



GHID METODOLOGIC PENTRU PREDAREA FIZICII

Clasa a XI-a

Octombrie 2011

Ghidul a fost realizat în cadrul proiectului *Reforma curriculară a științelor exacte*, derulat de Societatea Academică din România în parteneriat cu Societatea Română de Fizică și Romanian-American Foundation. La redactarea unităților de învățare au lucrat profesori fizică din 6 județe – Arad, Caraș-Severin, Constanța, Hunedoara, Iași și Timiș.

Proiectul a fost finanțat de Romanian-American Foundation

**Planificarea unităților de învățare/
repartizarea conținuturilor pe unități de învățare
Cf. programei de fizică pentru clasa a XI-a**

Nr. crt.	Titlul unității de învățare	Conținuturi	Nr. ore	Autori
1.	Mișcarea oscilatorie	1.1 Oscilatorul mecanic 1.1.1. Fenomene periodice. Procese oscilatorii în natură și în tehnică 1.1.2. Mărimi caracteristice mișcării oscilatorii 1.1.3. Oscilații mecanice amortizate. Amortizarea oscilațiilor. Energia în sistemele amortizate. <i>Mișcarea oscilatorie amortizată</i> Evaluare	3 1	Patricia Vlad – (Colegiul Național „Ion Vidu” Timișoara)
2.	Modelul „oscilator armonic”	1.1.4. Modelul „oscilator armonic” șcarea oscilatorie armonică simplă și mișcarea circulară. Ecuațiile mișcării oscilatorului liniar armonic. Reprezentarea grafică a mărimilor caracteristice oscilatorului liniar armonic. Energia oscilatorului liniar armonic. Pendulul elastic. Pendulul gravitațional Evaluare	7 1	Patricia Vlad – (Colegiul Național „Ion Vidu” Timișoara)
3.	Compunerea oscilațiilor	1.1.5. Compunerea oscilațiilor paralele. Compunerea oscilațiilor armonice paralele și de frecvențe egale. Compunerea oscilațiilor armonice paralele de frecvențe puțin diferite. (*) Compunerea oscilațiilor perpendiculare (*)Compunerea oscilațiilor armonice perpendiculare cu aceeași frecvență. (*) Compunerea oscilațiilor armonice perpendiculare cu frecvențe diferite Evaluare	4 1	Patricia Vlad – (Colegiul Național „Ion Vidu” Timișoara)
4.	Oscilatori mecanici cuplați	1.2. Oscilatori mecanici cuplați 1.1. Oscilații mecanice întreținute. 1.2.2. Rezonanța. 1.2.3. Consecințe și aplicații Evaluare	4 1	Cucu Dorina (Lic. „Gr. Moisil, Timișoara”)
5.	Unde mecanice	1.3. Unde mecanice. 1.3.1. Propagarea unei perturbații într-un mediu elastic. Transferul de energie. Conceptul de undă. Tipuri de unde. Caracteristicile undelor. <i>Principiul lui Huygens</i> 1.3.2. Modelul „undă plană”. Periodicitatea spațială și temporală. Ecuația undei plane Evaluare	5 1	Bratu Rodica (Colegiul Național „C.D.Loga”, Timișoara)
6.	Reflexia, refracția, difracția undelor mecanice. Unde seismice	1.3. Reflexia și refracția undelor mecanice. Legile reflexiei și refracției. Reflexia și refracția undelor superficiale. Reflexia și refracția undelor într-o coardă elastică. 1.3.7. (*) Difracția undelor mecanice – studiu calitativ. 1.3.4. Unde seismice. Producerea și propagarea undelor seismice. Protecție antiseismică Evaluare	6 1	Bratu Rodica (Colegiul Național „C.D.Loga”, Timișoara)
7.	Interferența undelor mecanice. Unde	1.3.5. Interferența undelor mecanice. Unde staționare. Principiul superpoziției undelor. Condiția de coerență. Analiza calitativă și	5	Cucu Dorina (Lic. „Gr. Moisil, Timișoara”)

	staționare	cantitativă a fenomenului de interferență. Unde staționare. Coarde și tuburi sonore		
		Evaluare	1	
8.	Acustica. Ultrasunete și infrasunete	1.3.6. Acustica. Clasificarea undelor după frecvență. Condiții de audibilitate a oscilațiilor elastice. Poluarea sonoră. Calitățile sunetului. <i>Efectul Doppler (studiu documentar)</i> . Aplicații ale fenomenelor acustice 1.8. Ultrasunete și infrasunete. Aplicații în medicină, industrie, tehnică medicală	5	Patricia Vlad – (Colegiul Național „Ion Vidu” Timișoara) Mihancea Katalin (Lic.Teoretic „J.L.Calderon”, Timișoara)
		Evaluare	1	
9.	Circuitul RLC în curent alternativ	2.1.Circuitul RLC în curent alternativ Caracteristicile mărimilor alternative sinusoidale. Compunerea mărimilor alternative sinusoidale. Elemente de circuit. Circuitul RLC serie. Circuitul RLC paralel. Funcționarea în regim de rezonanță a circuitului RLC. Energia și puterea în curent alternativ sinusoidal. Aplicații în tehnică ale circuitelor de curent alternativ. Măsuri de protecție în producerea și utilizarea curentului alternativ	10	Bratu Rodica (Colegiul Național „C.D.Loga”, Timișoara)
		Evaluare	2	
10.	Oscilații electromagnetice libere	2.2 Oscilații electromagnetice libere. Circuitul oscilant. (*) Descărcarea unui condensator pe R și L. Circuitului oscilant. Analogie dintre oscilatorul mecanic și cel electromagnetic. Aplicații ale circuitului oscilant	5	Mihancea Katalin (Lic.Teoretic „J.L.Calderon”, Timișoara)
		Evaluare	1	
11.	Unde electromagnetice	2.3. Câmpul electromagnetic. Unda electromagnetică. Câmpul electromagnetic. Producerea și propagarea undelor electromagnetice. Energia transportată de o undă electromagnetică 2.4. Clasificarea undelor electromagnetice. Surse de unde electromagnetice. Clasificarea undelor electromagnetice. <i>Proprietățile undelor electromagnetice</i> 2.5. Aplicații ale undelor electromagnetice. Aplicații științifice și tehnice ale undelor electromagnetice. <i>Interacțiunea radiațiilor electromagnetice cu sistemele biologice</i> . Poluarea electromagnetică. Măsuri de protecție	6	Mihancea Katalin (Lic.Teoretic „J.L.Calderon”, Timișoara)
		Evaluare	1	
12.	Dispersia luminii	3.1. Dispersia luminii. (*) Interpretare electromagnetică. Dispersia luminii. <i>Culoarea</i> . Dispersia luminii în natură și aplicații ale dispersiei luminii. (*) Interpretarea electromagnetică a dispersiei	4	Mihancea Katalin (Lic.Teoretic „J.L.Calderon”, Timișoara)
		Evaluare	1	
13.	Interferența luminii	3.2. Interferența. Noțiuni de bază. Coerența. Analiza calitativă și cantitativă a fenomenului de interferență. 3.2.1. Dispozitivul Young. Interferența nelocalizată. Dispozitivul lui Young. (*) Alte dispozitive interferențiale	8	Bratu Rodica (Colegiul Național „C.D.Loga”, Timișoara)

		echivalente cu dispozitivul Young. 3.2.2. Interferența localizată. Aplicații. Lama cu fețe plane și paralele. Pana optică. Aplicații în tehnică ale interferenței localizate		
		Evaluare	1	
14.	Difracția luminii	3.3. (*) Difracția luminii. Aplicații. Noțiuni de bază. Difracția Fresnel. Difracția Fraunhofer. Rețele de difracție. Aplicații ale difracției în știință și în tehnică.	5	Cucu Dorina (Lic. „Gr. Moisil, Timișora”)
		Evaluare	1	
15.	Polarizarea luminii	3.4. (*) Polarizarea luminii. Aplicații. Noțiuni de bază. Obținerea luminii polarizate liniar: polarizarea prin reflexie; polarizarea prin birefrință. Legea lui Malus. Aplicații ale fenomenului de polarizare a luminii în știință și în tehnică	4	Cucu Dorina (Lic. „Gr. Moisil, Timișora”)
		Evaluare	1	
16.	Elemente de teoria haosului	<i>4.1. (*) Determinism și predictibilitate. Condiții. Modele</i> <i>4.2. (*) Determinism și impredictibilitate. Comportamentul haotic. Condiții</i> <i>4.3. (*) Descrierea comportamentului haotic. Spațiul fazelor. Atracori clasici și stranii</i> <i>4.4. (*) Elemente de geometrie fractală</i>	7	Cucu Dorina (Lic. „Gr. Moisil, Timișora”)
		Evaluare	1	
Total			105	

Unitatea de învățare XI.1

Oscilatorul mecanic

sau

„De ce copilul aflat pe un leagăn își balansează picioarele pentru a întreține mișcarea leagănului?”

sau

„Ce asemănări și ce deosebiri găsiți între mișcarea pendulei unui ceasornic și cea a unui leagăn?”

Patricia Vlad

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 4

Conținuturi repartizate unității de învățare: Fenomene periodice. Procese oscilatorii în natură și în tehnică. Mărimi caracteristice mișcării oscilatorii. Oscilații mecanice amortizate: Amortizarea oscilațiilor. Energia în sistemele amortizate. *Mișcarea oscilatorie amortizată* (Programa de fizică pentru clasa a XI-a).

Modelul de învățare asociat: EXERCITIUL

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Prezentarea modelului (conceptual, procedural) de exersat;
II. Explorare - Experimentare	2. Identificarea/ analiza componentelor/ secvențelor modelului de exersat;
III. Reflecție - Explicare	3. Compararea cu modelul original;
IV. Aplicare - Transfer	4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele exercițiului** (definind competențe specifice), ca o succesiune de lecții determinate de „cerința formării unei deprinderi complexe” (Cerghit, I. ș.a., 2001), învățarea plecând de la predarea conceptului/ modelului de însușit și progresând odată cu etapele formării unui „model real” al deprinderii. Procesul cognitiv central este *deducția* sau *particularizarea* (dezvoltarea noilor cunoștințe, prin studiul consecințelor modelului de însușit).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei poate fi declanșat de o situație-problemă: „De ce atunci când vă aflați pe un leagăn, balansați picioarele pentru a întreține mișcarea leagănului?” sau „Ce asemănări și ce deosebiri găsiți între mișcarea unui leagăn și respectiv cea a pendulei unui ceasornic?” Pe parcurs, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea că „Două pendule care oscilează cu amplitudini diferite pot avea aceeași perioadă de oscilație”. Ei deosebesc între mișcarea pendulului ceasornicului- mișcare întreținută și cea a leagănului-oscilație mecanică amortizată și analizează transferul energetic între sistemul excitator și cel excitat în două situații posibile: frecare redusă și frecare foarte mare.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: Ce știu sau cred eu despre asta?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 1. Prezentarea modelului (conceptual, material, procedural) de exersat;

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); lecție de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: planificare sau anticipare. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):										
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u> . 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i> ; 4. Prelegerea continuă , sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.											
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): prezintă exemple de corpuri care execută mișcări periodice ce se realizează simetric stânga-dreapta față de o poziție de echilibru: mișcarea leagănelui, hamacului, balansoarului, a metronomului, a pendulei ceasului, booblehed dolls etc., precum și exemple de dispozitive din tehnică care execută oscilații mecanice: amortizoarele de la mașini etc. • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (mișcarea periodică-analogie cu mișcarea circulară uniformă și elementele caracteristice mișcării periodice, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Evocă observații proprii, comunică răspunsurile în clasă;										
• Comunică scopul prelegerii: identificarea și definirea elementelor caracteristice mișcării oscilatorii, unitățile lor de măsură și relațiile de dependență dintre ele și cere elevilor să identifice caracteristici ale mișcării oscilatorii..	• Evocă aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă); prezintă imagini sau clipuri cu corpuri ce execută o mișcare oscilatorie și indică caracteristici ale mișcării: <i>- mișcare periodică; se repetă identic la intervale de timp egale;</i> <i>- mișcarea are loc de-o parte și de alta a poziției de echilibru.</i>										
• Definește (operațional) noțiunile de elongație și de amplitudine a mișcării oscilatorului și cere elevilor : <i>- să observe oscilația completă;</i> <i>- să deosebească între elongație și amplitudinea mișcării (depărtarea maximă față de poziția de echilibru sau amplitudine unghiulară);</i> <i>- să identifice asemănări și deosebiri între mișcarea pendulei unui ceasornic și mișcarea unui leagăn ;</i> <i>- să identifice deosebiri între două pendule urmărind de exemplu următoarele aplicații:</i> http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap13/cd363a.htm http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/pendule/pesant/pendule.html	• Formulează (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă): <i>-amplitudinea este elongația maximă față de poziția de echilibru;</i> <i>-organizează răspunsurile și observațiile într-un tabel:</i> <table><tr><th>Asemănări</th><th colspan="2">Deosebiri</th></tr><tr><td><i>- ambele execută mișcări periodice stânga-dreapta în jurul poziției verticale (de echilibru);</i></td><td>Leagăn</td><td>Pendula ceasului</td></tr><tr><td><i>- forța de revenire este componenta tangențială a greutateii;</i></td><td><i>-amplitudinea mișcării scade de la o oscilație la alta;</i> <i>- mișcarea este amortizată din cauza acțiunii unor forțe de frecare.</i></td><td><i>- amplitudinea mișcării se menține constantă;</i> <i>- mișcarea este întreținută.</i></td></tr></table>	Asemănări	Deosebiri		<i>- ambele execută mișcări periodice stânga-dreapta în jurul poziției verticale (de echilibru);</i>	Leagăn	Pendula ceasului	<i>- forța de revenire este componenta tangențială a greutateii;</i>	<i>-amplitudinea mișcării scade de la o oscilație la alta;</i> <i>- mișcarea este amortizată din cauza acțiunii unor forțe de frecare.</i>	<i>- amplitudinea mișcării se menține constantă;</i> <i>- mișcarea este întreținută.</i>	
Asemănări	Deosebiri										
<i>- ambele execută mișcări periodice stânga-dreapta în jurul poziției verticale (de echilibru);</i>	Leagăn	Pendula ceasului									
<i>- forța de revenire este componenta tangențială a greutateii;</i>	<i>-amplitudinea mișcării scade de la o oscilație la alta;</i> <i>- mișcarea este amortizată din cauza acțiunii unor forțe de frecare.</i>	<i>- amplitudinea mișcării se menține constantă;</i> <i>- mișcarea este întreținută.</i>									
• Definește (operațional) noțiunea de perioadă și frecvența de oscilație și cere elevilor să stabilească o relație de dependență între cele două mărimi;	• Formulează aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă): <i>perioada de oscilație este inversul frecvenței.</i>										
• Cere elevilor 1. <i>să determine experimental perioada de oscilație a pendulei unui ceas și să compare rezultatele experimentale având în vedere că pendulul bate secunda.</i> 2. <i>să determine experimental perioada de oscilație</i>	• Înregistrează și prelucrează datele experimentale și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete/fișe) 1. <table><tr><th>Nr. măs.</th><th>n oscilații</th><th>t (s)</th><th>T= t/n (s)</th><th>T_{medie} (s)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Nr. măs.	n oscilații	t (s)	T= t/n (s)	T _{medie} (s)					
Nr. măs.	n oscilații	t (s)	T= t/n (s)	T _{medie} (s)							

a unui pendul, analizând cazul devierii la amplitudini unghiulare diferite. 3. să observe ce se întâmplă în cazul plasării pendulului pus să oscileze sub apă.	<table><tr><th>Nr. măs</th><th>Elongația Unghiulară</th><th>n</th><th>t (s)</th><th>T = t/n (s)</th><th>T_{medie} (s)</th></tr><tr><td>1</td><td rowspan="3">60°</td><td>10</td><td>t₁</td><td>T₁</td><td rowspan="3">T_{medie}</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>5</td><td>10</td><td>t₅</td><td>T₅</td></tr><tr><td>1</td><td rowspan="3">90°</td><td>10</td><td>t₁</td><td>T₁</td><td rowspan="3">T_{medie}</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>5</td><td>10</td><td>t₅</td><td>T₅</td></tr></table> Observă că: <i>Perioada de oscilație nu depinde de amplitudinea unghiulară.</i> 3. <i>Observă că amplitudinea oscilațiilor scade rapid de la din cauza acțiunii forței de rezistență (vâscozitate) la înaintarea prin apă, mișcarea nu mai este periodică.</i>	Nr. măs	Elongația Unghiulară	n	t (s)	T = t/n (s)	T _{medie} (s)	1	60°	10	t ₁	T ₁	T _{medie}	...	...	...	...	5	10	t ₅	T ₅	1	90°	10	t ₁	T ₁	T _{medie}	...	...	...	...	5	10	t ₅	T ₅
Nr. măs	Elongația Unghiulară	n	t (s)	T = t/n (s)	T _{medie} (s)																														
1	60°	10	t ₁	T ₁	T _{medie}																														
...		...	...	...																															
5		10	t ₅	T ₅																															
1	90°	10	t ₁	T ₁	T _{medie}																														
...		...	...	...																															
5		10	t ₅	T ₅																															
• Comunică elevilor ideea că pendulul pierde energie datorită acțiunii forțelor de frecare, motiv pentru care amplitudinea oscilațiilor scade de la o oscilație la alta și cere elevilor să identifice forțele care acționează asupra pendulului (leagănului) în cele două situații și apoi să experimenteze, modificând parametrii din cele două aplicații;	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - <i>forța de frecare este cauza pierderii de energie a leagănului;</i> - <i>forțele care consumă energie produc un lucru mecanic negativ care contribuie la variația (scăderea) energiei cinetice a oscilatorului;</i> - <i>amplitudinea oscilațiilor scade (exponențial) în timp.</i>																																		
• Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse;¹	• Identifică produse pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Negociază cu profesorul conținutul și structura portofoliului, convin modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.);																																		
• Consultă elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare)²;	• Evocă semnificațiile, accesibilitatea, relevanța criteriilor de evaluare a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele;																																		
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le, de exemplu: 1. să rezume ideile și constatările de până acum; 2. să calculeze perioada de oscilație a unui oscilator de exemplu: leagănul din grădină, metronom, booblehead dolls etc.	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).																																		

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Identificarea componentelor/ secvențelor modelului de exersat;

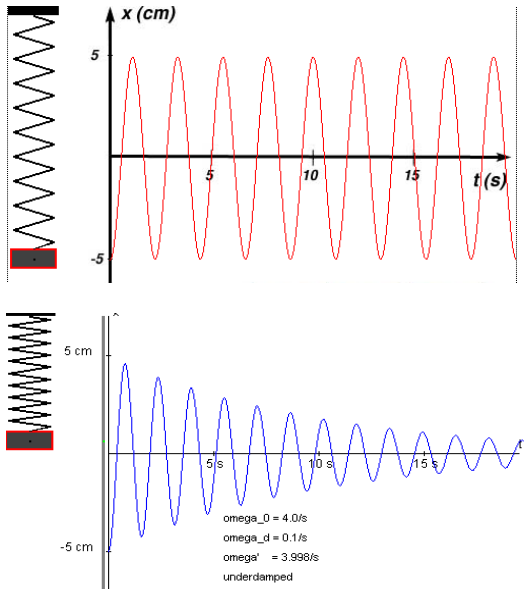
¹ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Eseu literar/ plastic pe temele studiate etc.

² **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: analogie cu anticiparea efectului. Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <i>prelegere intensificată</i>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): ipoteze privind cauze ale variației amplitudinii și energiei oscilatorului; norme de protecția muncii în laborator;	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete);
• Revine la cazul mișcării unui oscilator real și cere elevilor să anticipeze: cum se modifică amplitudinea de oscilație în cazul unui pendul elastic în două situații de studiat și să realizeze prelucrând datele experimentale câte un grafic al elongațiilor în funcție de timp. Prezintă de exemplu aplicațiile de pe internet pentru a indica elevilor un mod de lucru: http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap13/cd361a.htm http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/damped/d.htm • Pune la dispoziția elevilor materiale experimentale necesare: resort elastic, stativ, mase marcate, hârtie milimetrică și fișa de activitate.	• Formulează ipoteze și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): 
• Definește mișcarea oscilatorie amortizată și solicită elevilor să indice forțele care acționează în cazul mișcării oscilatorului real.	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - Amplitudinea oscilatorului real scade de la o oscilație la alta; oscilatorul pierde energie; - Forțele care acționează asupra oscilatorului elastic real sunt: greutatea, forța elastică și forța de frecare care este proporțională cu viteza.

• **Pune în evidență experimental**, indicând pe ecranul unui osciloscop o mișcare oscilatorie amortizată în două situații: forța de frecare mică și respectiv forța de frecare mare:

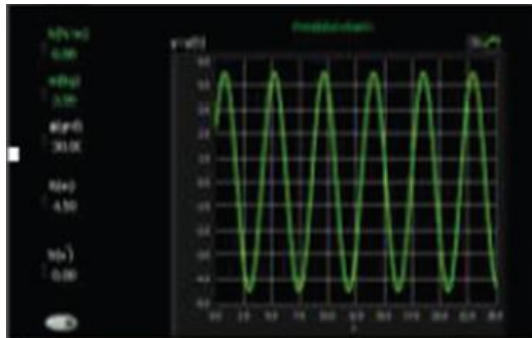


Fig. 1. Oscilație neamortizată



Fig. 2. Oscilație amortizată, frecare mică



Fig.3. Oscilație amortizată, frecare mare

• **Cere elevilor** să reprezinte pe același grafic dependența elongației în funcție de timp în următoarele cazuri:

1. Oscilator neamortizat-oscilator amortizat
2. Oscilator real, forță de frecare mică- oscilator real, forță de frecare mare.

• **Orientează gândirea elevilor** către ideea că *diminuarea în timp a amplitudinii oscilației (numită și atenuare) este strâns legată de scăderea energiei oscilatorului din cauza disipării energiei prin forțele de frecare.*

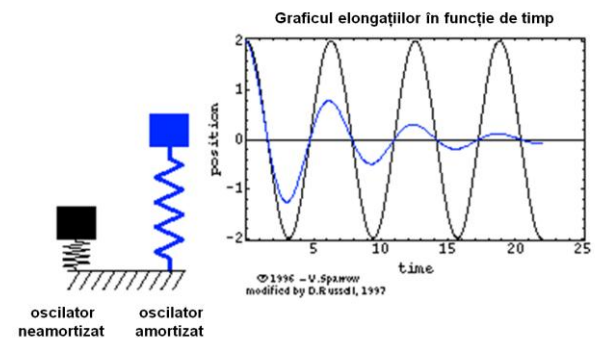
cere elevilor să indice care este diferența de energie dintre energia la momentul t , $E(t)$, și energia inițială a oscilatorului.

• **Definește mișcarea aperiodică** și prezintă elevilor pe ecranul osciloscopului cazul în care, sub acțiunea unei forțe de frecare foarte mare, oscilatorul, scos fiind din poziția de echilibru, nu mai poate efectua oscilații:

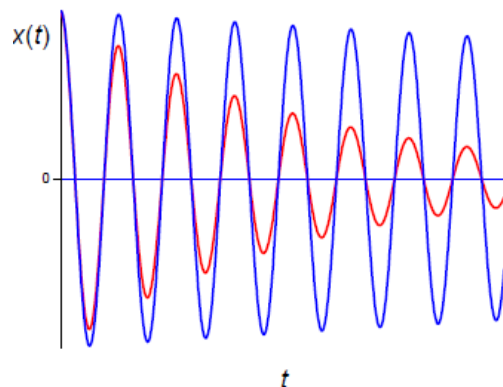
• **Formulează** constatările/ ipotezele lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete):

- *Observă că cu cât frecarea este mai mare cu atât scăderea amplitudinii oscilației este mai accentuată.*
- *Realizează pe aceeași diagramă graficele elongațiilor în funcție de timp, utilizând datele de pe ecranul osciloscopului (sau utilizând funcția Print Screen de pe tastatura calculatorului în cazul utilizării unui program pe calculator cu osciloscop).*

1. Oscilator neamortizat-oscilator amortizat



2. Oscilator real, forță de frecare mică- oscilator real, forță de frecare mare.

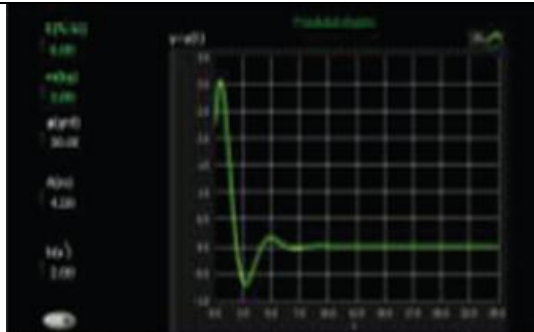


• **Formulează** ipoteze și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete):

- *Diferența de energie dintre energia oscilatorului la un moment dat $E(t)$ și energia inițială E_0 este egală cu lucrul mecanic al forțelor de frecare.*

• **Formulează** ipoteze și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete):

- *Întreaga energie primită în procesul de excitație inițială e disipată rapid mediului înconjurător, după care oscilatorul rămâne în repaus.*
- *Identifică ca exemplu de mișcare aperiodică cazul*

	unui pendul pus să oscileze în interiorul unui lichid.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să indice, de exemplu necesitatea amortizării oscilațiilor (vibrațiilor) la amortizoarele de la mașini, grinzi, planșeele construcțiilor, poduri; de asemenea cere elevilor să identifice exemple din practică de dispozitive care amortizează mișcarea (exemplu amortizorul de la ușă); vibrațiile podurilor, cazuri de prăbușire (<i>Angers</i>, Franța, 1750; <i>Tacoma</i>, Statele Unite ale Americii, 1940)	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: imagini, desene, demonstrații etc.).

Secvența a III-a. Reflecție-explicare

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Compararea cu modelul original;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor: comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexempluri (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <i>prelegere intensificată</i>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): studiul transferului de energie de la un sistem exterior la oscilator; norme de protecția muncii în laborator; • Prezintă materiale filmate, de exemplu: http://www.youtube.com/watch?v=8JhDbR7tDbg&feature=related http://www.youtube.com/watch?v=Z5rKTagEsro&NR=1	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete);

• Definește (operațional) noțiunile de: sistem excitat, sistem excitator și oscilații forțate - oscilațiile unui sistem sub acțiunea periodică a altui sistem și cere elevilor să indice modalitatea prin care sunt compensate pierderile de energie.	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): -pierderile de energie datorate amortizării sunt compensate prin acțiunea unei forțe externe. -forța externă este dependentă de timp.
• Cere elevilor să observe și să analizeze procesul transferului de energie între un oscilator masiv(sistem excitator) și un oscilator ușor (sistem excitat) – ambele pendule cuplate– <i>analiză în două situații:</i> a) Mișcarea pendulului excitat este mult amortizată; b) Mișcarea pendulului excitat este puțin amortizată. • Pune la dispoziția elevilor materiale experimentale necesare	• Realizează montajul experimental, stabilesc pașii de lucru, experimentează: -determină în prealabil perioada de oscilație a pendulului ușor; -realizează cuplajul celor două pendule, respectând condițiile impuse (cazul a) respectiv b)); - pun în oscilație pendulul greu. -modifică perioada de oscilație a pendulului greu (de exemplu prin modificarea lungimii sale) • Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - oscilația sistemului excitat are aceeași perioadă cu cea a pendulului excitator, dar are o amplitudine mult mai mică (cazul a) / mare (cazul b)); - amplitudinea pendulului excitat crește pentru valori ale perioadei sistemului excitator apropiate de perioada proprie a sistemului excitat.
• Definește (operațional) fenomenul de rezonanță, noțiunea de rezonator și excitator. • Prezintă elevilor câteva experimente simple referitoare la fenomenul de rezonanță și oferă explicații: <i>Exemplu de experiment: Se utilizează două diapazoane identice așezate față în față la o distanță de câțiva zeci de centimetri. Se lovește cu un ciocănel de cauciuc unul dintre diapazoane și astfel acesta începe să vibreze generând un sunet de frecvență înscrisă pe diapazon. Se constată că în scurt timp și cel de-al doilea diapazon începe să vibreze din ce în ce mai tare pe când primul diapazon își micșorează amplitudinea de vibrație până când încetează să mai vibreze. Apoi procesul continuă în sens invers.</i> (Ex. Sursă bibliografică: Schlett, Z., Hrianca, I., Vangheli Andru, D., Rașa, M., Experimente de Fizică și aplicații, II, Rezonanța, Editura Mirton, Timișoara 1999;)	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - rezonanța este fenomenul fizic de apariție a maximului amplitudinii oscilației întreținute; - transferul energiei de la excitator la sistemul excitat este maxim pentru perioade aflate în vecinătatea perioadei proprii a sistemului excitat.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să identifice situații din practică în care este necesară evitarea rezonanței .	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

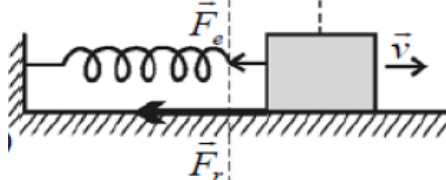
Secvența a IV-a. Aplicare

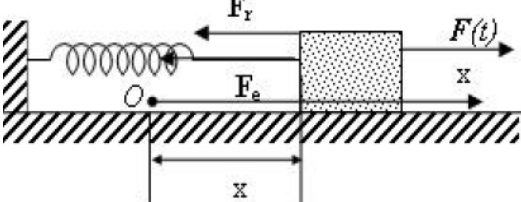
Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: deductiv. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile.

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
	• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate, să distingă reguli/ patern-uri în informațiile obținute prin efectuarea temei pentru acasă, să prezinte rezultatele; • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): definițiile elementelor caracteristice mișcării oscilatorii.	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.;
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete):
• *Propune elevilor să analizeze, în cadrul unei probleme, mișcarea unui oscilator real până la oprire și cere elevilor: - să reprezinte în cadrul unui desen forțele care acționează asupra pendulului elastic; - să scrie bilanțul energetic și să determine decrementul oscilației amortizate; - să scrie condiția de oprire a corpului.	• *Aplică cunoștințele dobândite în rezolvarea problemei și formulează concluzii: - asupra corpului, în timpul oscilațiilor acționează forța de greutate. reacțiunea normală a planului, forța elastică (forță variabilă) și forța de frecare (forță constantă).  - variația energiei potențiale elastice este egală cu lucrul mecanic al forței de frecare. Dacă notăm deformarea maximă inițială cu x_0, și cu x_1 comprimarea resortului față de poziția de echilibru la prima trecere prin poziția de echilibru, atunci bilanțul energetic se scrie: $\frac{k \cdot x_0^2}{2} = \mu mg(x_0 + x_1) + \frac{k \cdot x_1^2}{2} \Rightarrow x_1 = x_0 - \frac{2\mu mg}{k}$ unde $D = \frac{2\mu mg}{k}$ reprezintă decrementul oscilației și este constant de la o oscilație la alta. - Condiția de oprire a corpului: $F_{fr} \geq F_e \Rightarrow \mu mg \geq kx_n \Rightarrow x_n \leq \frac{\mu mg}{k} \Rightarrow x_n \leq \frac{D}{2}$
• *Implică elevii în calculul numărului de amplitudini până la oprire și a timpului până la	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete);

încetarea mișcării de oscilație.	
• Orientează gândirea elevilor către ideea inițială: - Mișcarea unui oscilator real este amortizată; - Mișcarea își păstrează amplitudinea dacă există o forță exterioară care să întrețină mișcarea.	• Revin la exclamația inițială: „Atunci când ne aflăm pe un leagăn, pentru a întreține mișcarea leagănului trebuie să balansez picioarele deci să-i transmit energie”, evocă observații, experiențe, întâmplări personale (în grădină, pe terenul de sport, în afara școlii)
• *Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor: să analizeze cazul mișcării de oscilație întreținută de către o forță exterioară periodică în timp: $F = F_0 \cos \omega t$ și să scrie bilanțul energetic în această situație.	• * Efectuează tema pentru acasă.(în cadrul cercurilor de Fizică) 

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: analogie cu anticiparea mijloacelor. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea <i>temelor efectuate acasă</i> și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, <i>norme de protecția muncii în laborator</i> etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): oscilații libere amortizate și oscilații forțate.	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă;
• Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea portofoliului, pentru evaluarea rezultatelor finale, vizând competențele cheie³;	• Prezintă portofoliile, expun produsele realizate, evaluează lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în protocolul de evaluare;

³ **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în *anexele* unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele însușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

1. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);
2. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);

• Anunță verificarea orală/ testul scris pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe competențele specifice înscrise în programele școlare, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;	
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), vizând acțiuni colective în afara clasei, legătura noțiunilor însușite în cadrul unității de învățare parcurse cu temele/ proiectele viitoare etc.	• <i>*Își propun să prezinte materialele/studiile realizate, în cadrul unor sesiuni de comunicări școlare/ locale, să stabilească măsuri privind reducerea vibrațiilor puternice, amortizarea lor, evitarea apariției în anumite situații din practică a fenomenului de rezonanță etc.</i>

Bibliografie:

1. Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
2. Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
3. Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
4. Schlett, Z., Hrianca, I., Vangheli Andru, D., Rașa, M., *Experimente de Fizică și aplicații*, Editura Mirton, Timișoara 1999;
5. <http://www.phys.ubbcluj.ro/~dandr/pdf/Mec-CURS/CURS-12.pdf>
6. http://www.didactic.ro/materiale-didactice/42680_oscilatia-neamortizata
7. www.olimpiade.ro/materiale.php?download&material=7495
8. <http://www.phys.utcluj.ro/PersonalFile/Cursuri/CuleaCurs/Curs%203.pdf>

3. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);
4. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

Unitatea de învățare: XI.2 Modelul „Oscilator armonic”

sau

„Cum putem descrie matematic și grafic oscilația unui corp aflat la capătul unui resort?”

Patricia Vlad

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 7

Conținuturi repartizate unității de învățare: Mișcarea oscilatorie armonică simplă și mișcarea circulară. Ecuațiile mișcării oscilatorului liniar armonic. Reprezentarea grafică a mărimilor caracteristice oscilatorului liniar armonic. Energia oscilatorului liniar armonic. Pendulul elastic. Pendulul gravitațional (Programa de fizică pentru clasa a XI-a/ 2006).

Modelul de învățare asociat: EXERCITIUL

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Prezentarea modelului (conceptual, procedural) de exersat;
II. Explorare - Experimentare	2. Identificarea/ analiza componentelor/ secvențelor modelului de exersat;
III. Reflecție - Explicare	3. Compararea cu modelul original;
IV. Aplicare - Transfer	4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele exercițiului** (definind competențe specifice), ca o succesiune de lecții determinate de „cerința formării unei deprinderi complexe” (Cerghit, I. ș.a., 2001), învățarea plecând de la predarea conceptului/ modelului de însușit și progresând odată cu etapele formării unui „model real” al deprinderii. Procesul cognitiv central este **deducția** sau **particularizarea** (dezvoltarea noilor cunoștințe, prin studiul consecințelor modelului de însușit).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei poate fi declanșat de o situație-problemă: „Ce fel de mișcare execută proiecția unui punct material ce descrie o mișcare circulară uniformă, pe unul dintre diametrele cercului? Pe parcurs, gândirea elevilor se dezvoltă către modalitățile de a descrie verbal, matematic și grafic oscilația unui punct material (de a deduce ecuațiile mișcării oscilatorului armonic, perioada de oscilație a pendulului elastic și a pendulului gravitațional în diferite situații problemă). Elevii devin capabili de a determina experimental accelerația gravitațională sau imaginează o metodă de determinare a lungimilor având la dispoziție un cronometru.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: Ce știu sau cred eu despre asta?

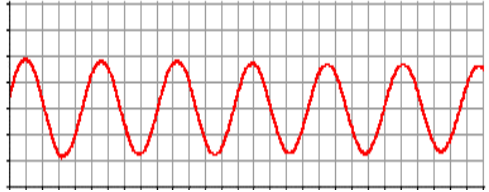
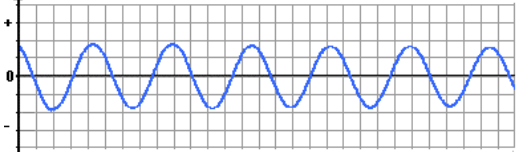
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 1. Prezentarea modelului (conceptual, material, procedural) de exersat;

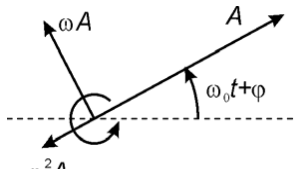
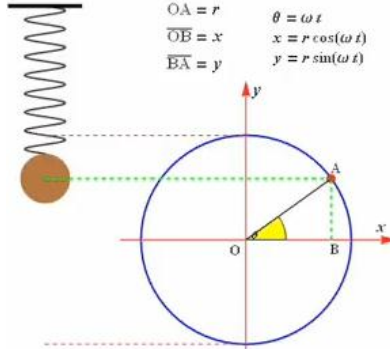
Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); lecție de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: planificare sau anticipare. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: prelegere intensificată. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	

• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): Prezintă exemple din viața cotidiană de corpuri ce execută o mișcare oscilatorie: http://www.pbs.org/opb/circus/classroom/circus-physics/activity-guide-pendulum-motion/ • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (definirea elementelor caracteristice mișcării oscilatorii, identificarea forțelor de revenire de exemplu în cazul numărului unui circusant la trapez sau la trambulină, etc., precum și norme de protecția muncii în laborator);	• Evocă observații proprii, comunică răspunsurile în clasă: -Recunosc mișcări oscilatorii în cazul evoluției circusantului la trapez (leagăn) și la trambulină; -Identifică și definesc elementele caracteristice mișcării oscilatorii; -Indică forțele de revenire în ambele situații: forța gravitațională ($\vec{G}_{tg}$) în cazul leagănului și forța elastică ($\vec{F}_e$) în cazul săriturilor la trambulină.
• Comunică scopul prelegerii: identificarea și definirea elementelor caracteristice mișcării oscilatorii și cere elevilor să realizeze o analogie cu elementele caracteristice mișcării circulare uniforme (mișcare periodică);	• Evocă (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, și pe tablă); Definesc și deosebesc între elongație și amplitudinea mișcării.
• Solicită elevilor să descrie și să reprezinte printr-un desen mișcarea unui punct material pe un cerc (mișcare circulară uniformă) și să identifice tipul de mișcare al proiecției punctului material pe diametrul vertical/orizontal al cercului. • Definește (operațional) mișcarea oscilatorie armonică și cere elevilor să reprezinte grafic legea dedusă, la diferite momente de timp: $0, \frac{T}{4}, \frac{T}{2}, \frac{3T}{4}, T$; • Extinde cerința reprezentării grafice pentru legea $y = A \sin(\omega t + \varphi_0)$. • Cere elevilor să determine viteza și accelerația momentană a oscilatorului și să reprezinte grafic aceste dependențe în funcție de timp.	• Formulează (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen: reprezintă mișcarea punctului material pe o traiectorie circulară și construiesc proiecția punctului material pe diametrul vertical/orizontal al cercului pentru diferite poziții (la momente diferite): <i>proiecția punctului material execută o mișcare oscilatorie (dus-întors) de-a lungul diametrului vertical față de planul diametrului orizontal și centrul cercului; repetă desenul pentru diferite poziții ale punctului material pe traiectoria circulară și localizează poziția proiecției pe diametrul vertical.</i> • Identifică raza cercului ca amplitudine a mișcării oscilatorii și deduc ecuația oscilatorului liniar armonic. a) <u>Metoda grafică:</u> • Determină formulele, modelează, utilizând cunoștințele matematice; • Reprezintă grafic legea de oscilație $y = A \sin \omega t$ și $v = \omega A \cos \omega t$ y = f(t):  v = f(t): 
• Definește (operațional) mișcarea oscilatorie armonică și cere elevilor să interpreteze graficele obținute.	• Formulează (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe grafic): <i>stabilesc punctele de elongație maximă, poziția corespunzătoare vitezei maxime, etc.</i>

• Cere elevilor să realizeze o diagramă fazorială, pornind de la observațiile rezultate din interpretarea graficelor.	Formulează (în perechi) și comunică concluzii (notate pe caiete): - la elongație maximă, viteza este nulă, iar la trecerea prin punctul (poziția) de echilibru, viteza este maximă; - între viteză și elongație există o diferență de fază egală cu $\frac{\pi}{2}$; - între accelerație și elongație există o diferență de fază egală cu π. - accelerația și elongația au sensuri diferite: $\vec{a} = -\omega^2 \vec{y}$ - între accelerație și viteză există o diferență de fază egală cu $\frac{\pi}{2}$; - determină formulele pentru elongația maximă, viteza maximă și modulul accelerației maxime. b) <u>Metoda fazorială:</u> 
• Propune elevilor să găsească o analogie între mișcarea proiecției punctului material pe diametrul vertical al cercului și mișcarea unei mase aflate la capătul unui resort; cere elevilor să identifice și alte exemple similare din practică; • Orientează gândirea elevilor spre a găsi exemple în care mișcarea unui corp să fie similară cu mișcarea proiecției punctului material pe diametrul orizontal al cercului.	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete):  $OA = r$ $OB = x$ $OC = y$ $\theta = \omega t$ $x = r \cos(\omega t)$ $y = r \sin(\omega t)$
• Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse;⁴	• Identifică produse pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Negociază cu profesorul conținutul și structura portofoliului, convin modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.);
• Consultă elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare)⁵;	• Evocă semnificațiile, accesibilitatea, relevanța criteriilor de evaluare a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3.

⁴ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Eseu literar/ plastic pe temele studiate etc.

⁵ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele

	proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele;
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le, de exemplu: să construiască practic un pendul elastic, să identifice și reprezinte forțele care acționează asupra sa.	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.): construiesc pendule elastice, identifică forța de greutate $\vec{G}$ și forța elastică $\vec{F}_e = -k\vec{y}$ (forță de revenire). Elevii scriu condiția de echilibru a pendulului elastic: $\vec{G} = m\vec{g} = k\vec{y}_0 = -\vec{F}_{e0}$

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Identificarea componentelor/ secvențelor modelului de exersat;

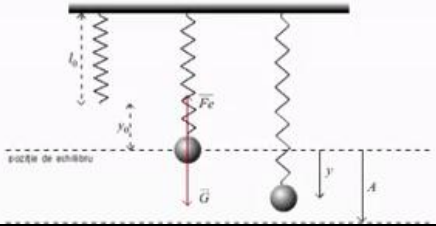
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: analogie cu anticiparea efectului. Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): ipoteze privind pendulul elastic ca oscilator armonic, factorii de care depinde perioada de oscilație a pendulului elastic, norme de protecția muncii în laborator;	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete);
• Revine la exemplul pendulului elastic și cere elevilor să anticipeze: a) efectul forței de greutate (forță deformatoare) b) efectul forței elastice: <i>Care este orientarea forței elastice (forța de revenire) și care sunt factorii care</i>	• Formulează ipoteze (în perechi) și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - Greutatea corpului este o forță constantă, forța care favorizează deformarea și a cărei modul este: $G=mg$; - Forța elastică este o forță variabilă, proporțională cu

specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

determină variația modului acestei forțe?	deformarea resortului și de sens opus acesteia; modulul ei depinde și de natura resortului elastic deformat. 																																																																																														
• Definește mișcarea oscilatorie armonică ca fiind mișcarea rectilinie a unui punct material față de un sistem de referință sub acțiunea unei forțe cvasielastice de forma $\vec{F} = -k\vec{y}$ sau $\vec{F} = -k\vec{x}$. • Cere elevilor să determine experimental perioada de oscilație a pendulului elastic: - Depinde perioada de oscilație de natura (lungimea inițială, aria secțiunii transversale sau natura materialului) resortului? - Depinde perioada de oscilație a resortului de deformarea produsă față de poziția de echilibru? - Depinde perioada de oscilație de masa corpului suspendat de cârligul resortului?	• Experimentează (pe grupe): pentru un resort dat cronometrează timpul necesar efectuării unui număr de oscilații complete. Repetă măsurătorile experimentale și trec datele în tabel. Identifică sursele de erori. <table><tr><th>Nr. det</th><th>Resort 1</th><th>m (kg)</th><th>Δl (cm)</th><th>nr. osc.</th><th>t(s)</th><th>T (s)</th><th>T_{med}(s)</th></tr><tr><td>1</td><td rowspan="6">k₁ (N/m)</td><td>m₁</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3"></td></tr><tr><td>2</td><td>m₁</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>m₁</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>m₂</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3"></td></tr><tr><td>2</td><td>m₂</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>m₂</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><th>Nr. det</th><th>Resort 2</th><th>m (kg)</th><th>Δl (cm)</th><th>nr. osc.</th><th>t(s)</th><th>T (s)</th><th>T_{med} (s)</th></tr><tr><td></td><td rowspan="6">k₂ (N/m)</td><td>m₁</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3"></td></tr><tr><td>2</td><td>m₁</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>m₁</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>m₂</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3"></td></tr><tr><td>2</td><td>m₂</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>m₂</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> • Formulează concluzii experimentale: Perioada pendulului elastic depinde de proprietățile sale inerțiale prin masa m dar și de cele elastice prin constanta elastică k dar nu depinde de condițiile în care se află oscilatorul.	Nr. det	Resort 1	m (kg)	Δl (cm)	nr. osc.	t(s)	T (s)	T _{med} (s)	1	k ₁ (N/m)	m ₁						2	m ₁					3	m ₁					1	m ₂						2	m ₂					3	m ₂					Nr. det	Resort 2	m (kg)	Δl (cm)	nr. osc.	t(s)	T (s)	T _{med} (s)		k ₂ (N/m)	m ₁						2	m ₁					3	m ₁					1	m ₂						2	m ₂					3	m ₂				
Nr. det	Resort 1	m (kg)	Δl (cm)	nr. osc.	t(s)	T (s)	T _{med} (s)																																																																																								
1	k ₁ (N/m)	m ₁																																																																																													
2		m ₁																																																																																													
3		m ₁																																																																																													
1		m ₂																																																																																													
2		m ₂																																																																																													
3		m ₂																																																																																													
Nr. det	Resort 2	m (kg)	Δl (cm)	nr. osc.	t(s)	T (s)	T _{med} (s)																																																																																								
	k ₂ (N/m)	m ₁																																																																																													
2		m ₁																																																																																													
3		m ₁																																																																																													
1		m ₂																																																																																													
2		m ₂																																																																																													
3		m ₂																																																																																													
• Cere elevilor să determine formula perioadei oscilatorului liniar armonic.	• Deduc formula perioadei oscilatorului liniar armonic: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}};$ • Compară rezultatele experimentale cu cele teoretice.																																																																																														
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să deducă perioada de oscilație pentru cele două resorturi cuplate în serie sau în paralel.	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: machete, materiale filmate, desene, demonstrații).																																																																																														

Secvența a III-a. Reflecție-explicare:

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

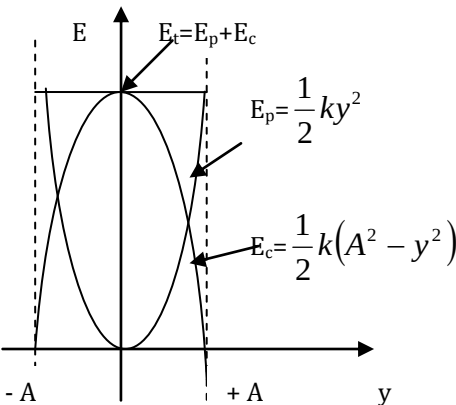
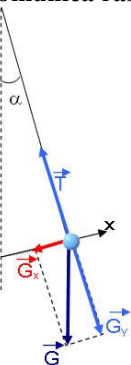
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Compararea cu modelul original;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor: comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: inductiv. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemplu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): definiții operaționale ale energiei cinetice, potențiale elastice și a energiei totale a pendulului elastic; norme de protecția muncii în laborator;	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete);
• Favorizează observarea procesului de transformare continuă a energiei mecanice din formă potențială în cinetică și invers în timpul desfășurării oscilațiilor unui oscilator armonic și cere elevilor: a) să observe un pendul elastic ținut în poziția de echilibru mecanic, în repaus: <i>Ce forțe se aplică oscilatorului în acest moment? Are energie cinetică? Are energie potențială?</i> b) să observe pendulul elastic deplasat din poziția de echilibru și ținut în repaus: <i>Are energie cinetică? Are energie potențială? Cum se poate dovedi?; Care este formula energiei potențiale elastice la momentul t când elongația este y?</i> c) să observe oscilatorul elastic în mișcare, în intervalul $y \in [-A; +A]$: <i>Cum variază energia cinetică? Dar energia potențială elastică? Dar energia totală (neglijând frecarea cu aerul/ rezistența aerului)?;</i> d) să deducă formula energiei cinetice la momentul t precum și a energiei totale a oscilatorului; e) să reprezinte grafic energia potențială elastică, cinetică și totală a oscilatorului.	• Formulează (în perechi) constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): a) <i>forțele care acționează asupra pendulului elastic sunt greutatea și forța elastică (forța de revenire); fiind ținut în poziția de echilibru, pendulul nu are energie cinetică, nu are nici energie potențială, deoarece, lăsat liber în poziția de echilibru, nu-și schimbă starea de mișcare;</i> b) <i>deplasat din poziția de echilibru și ținut în repaus pendulul nu are energie cinetică, dar are energie potențială elastică, deoarece, lăsat liber, își schimbă starea de mișcare;</i> $E_p = \frac{ky^2}{2} = \frac{kA^2 \sin^2 \omega t}{2}$ c) <i>energia cinetică și energia potențială variază în opoziție: energia cinetică maximă corespunde energiei potențiale nule și invers; evidențiază o caracteristică esențială a procesului de oscilație: transformarea periodică a energiei oscilatorului mecanic ideal din formă potențială în cinetică și invers.</i> $E_c = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2 \omega^2 \cos^2 \omega t}{2} = \frac{kA^2 (1 - \sin^2 \omega t)}{2}$ d) $E_c = \frac{1}{2} k(A^2 - y^2)$ $E_{totală} = E_c + E_p = \frac{1}{2} kA^2$ e) <i>energia mecanică totală a oscilatorului este constantă în timp; energia mecanică totală a oscilatorului este o caracteristică a stării oscilatorului.</i>

	
• Cere elevilor: -să construiască practic un pendul gravitațional, cu materialele experimentale puse la dispoziție; -să indice forțele care acționează asupra pendulului gravitațional și cine are rol de forță de revenire; -să analizeze situația în care mișcarea pendulului gravitațional este oscilatorie armonică;	• Formulează (în perechi) constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete):  Forțele care acționează sunt greutatea și forța de tensiune din fir; definesc elongația unghiulară α; și indică forța de restabilire care tinde să aducă sistemul spre poziția de echilibru; stabilesc că forța de restabilire este o forță de tip cvasielastic în aproximația unghiurilor α mici $\alpha \leq 5^\circ \div 6^\circ$ (iar mișcarea pendulului gravitațional poate fi considerată o mișcare oscilatorie armonică).
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să descrie, de exemplu cere elevilor: să analizeze <i>energetic</i> mișcarea pendulului gravitațional - să observe și să analizeze conservarea energiei mecanice totale în cazul pendulului gravitațional; - să identifice pozițiile de energie cinetică maximă și energie potențială maximă.	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	

• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): definiții operaționale ale energiei cinetice, potențiale gravitaționale și a energiei totale a pendulului gravitațional; norme de protecția muncii în laborator; Prezintă pendulul (lampa) lui Galilei: http://www.scientia.ro/biografii/41-biografii-fizica/1520-galileo-galilei-parintele-fizicii-astronomiei-i-stiintei-moderne.html	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete);
• Favorizează observarea procesului de transformare continuă a energiei mecanice din formă potențială în cinetică și invers în timpul desfășurării oscilațiilor unui pendul gravitațional și cere elevilor: să determine formula energiei cinetice și a energiei potențiale momentane pentru o anumită elongație unghiulară și să determine viteza maximă a oscilatorului;	• Formulează (în perechi) constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - <i>energia cinetică și energia potențială gravitațională variază în opoziție: energia cinetică maximă corespunde energiei potențiale nule și invers; forța de greutate și forța de tensiune din fir sunt forțe conservative</i> - <i>poziția de echilibru corespunde stării de energie cinetică maximă și energia potențială este nulă; când pendulul își atinge amplitudinea unghiulară, energia sa este exclusiv potențială.</i>
• Deduce formula perioadei pendulului gravitațional, ținând cont de aproximarea micilor oscilații. Prezintă un material filmat: http://www.youtube.com/watch?v=MpzaCCbX-z4&feature=related • Cere elevilor să stabilească concluzii răspunzând următoarelor întrebări: 1. Depinde perioada pendulului gravitațional de amplitudinea unghiulară? 2. Depinde perioada de oscilație a pendulului de masa corpului suspendat? 3. Depinde perioada pendulului gravitațional de lungimea firului pendulului?	• Formulează (în perechi) constatările lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): 1. Perioada pendulului gravitațional nu depinde de elongația unghiulară (pentru $\alpha \leq 5^\circ \div 6^\circ$) (legea izocronismului micilor oscilații). 2. Perioada pendulului gravitațional nu depinde de masa corpului suspendat. 3. Perioada pendulului gravitațional depinde de lungimea firului pendulului. 4. Perioada pendulului gravitațional depinde proporțional cu $\sqrt{l}$.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), studiu documentar (pe grupe): pendulul lui Galilei și pendulul lui Foucault, cu indicarea surselor bibliografice: http://www.scientia.ro/stiinta-la-minut/48-scurta-istorie-descoperiri-stiintifice/1403-pendulul-lui-foucault-si-demonstrarea-rotatiei-pamantului.html http://www.scientia.ro/biografii/41-biografii-fizica/1520-galileo-galilei-parintele-fizicii-astronomiei-i-stiintei-moderne.html	• Efectuează tema pentru acasă, rezolvă probleme aplicând cunoștințele dobândite la clasă; Se documentează și realizează o descriere în scris referitoare la unul dintre cele două pendule.

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: deductiv. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile.

Lecția 5

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate, să distingă reguli/ patern-uri în informațiile obținute prin efectuarea temei pentru acasă, să prezinte rezultatele; • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): determinarea experimentală a perioadei de oscilație a pendulului gravitațional și evidențierea experimentală a factorilor de care depinde.	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, eseuri, referate, machete și evocă aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.;
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor machete, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): <i>definiția perioadei pendulului gravitațional, scrierea /deducerea formulei etc.</i>;
• Implică elevii în găsirea: -Grupa I: Unei metode de a determina experimental lungimea unui fir, având la dispoziție un cronometru; -Grupa II: Unei metode de a determina accelerația gravitațională a locului (metoda prin calcul); - Grupa III: Unei metode de a determina accelerația gravitațională a locului (metoda grafică).	Grupa I: - Determină experimental perioada de oscilație a pendulului gravitațional, cronometrând timpul în care se efectuează un număr stabilit de oscilații complete. - Reiau experimentul cu același pendul, cronometrând numere diferite de oscilații complete; - Calculează de fiecare dată perioada de oscilație a pendulului: $T = \frac{t}{N}$ (s) și realizează o medie a perioadelor obținute; - Calculează din formula perioadei pendulului gravitațional: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, lungimea firului: $l = \frac{T^2 g}{4\pi^2}.$ Grupa II: - Determină experimental perioada de oscilație a pendulului gravitațional;

- **Repetă experimentul** cu același pendul, cronometrând numere diferite de oscilații complete;
- **Măsoară** cu ajutorul riglei lungimea firului;
- **Calculează** cu ajutorul formulei accelerația

$$\text{gravitațională: } g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2};$$

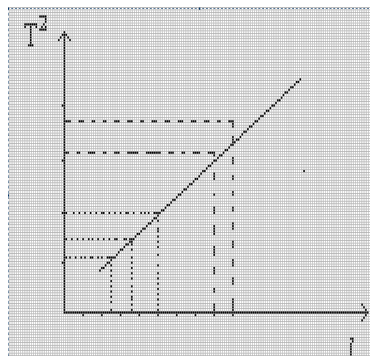
- **Calculează** o valoare medie a accelerațiilor obținute;
- Identifică surse de erori.

Nr. măsur	N	Δt (s)	T (s)	T^2 (s ²)	l (m)	g m/s ²	g_{med} m/s ²

Grupa III:

Nr. măsur	N	Δt	T (s)	T^2 (s ²)	l (m)	$T^2/l = \text{tg} \alpha$	$g = \frac{4\pi^2}{\text{tg} \alpha}$

- **Reprezintă grafic** $T^2 = f(l)$ și determină panta dreptei.
- **Calculează** cu ajutorul formulei accelerația gravitațională;
- **Calculează** o valoare medie a accelerațiilor experimentale obținute.



- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă) și cere elevilor:

Să stabilească legea de variație a perioadei pendulului matematic ce bate secunda și să reprezinte grafic pe hârtie milimetrică la o asemenea scară astfel încât să se poată citi pe grafic perioada pendulului pentru înălțimi ce cresc din sută în sută de kilometri. (Culegere probleme de Fizică pentru liceu, p 59, Societatea de Științe Fizice și Chimice, București).

- **Efectuează tema pentru acasă.**

Lecția 6

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate, să distingă reguli/ patern-uri în informațiile obținute prin efectuarea temei pentru acasă, să prezinte rezultatele; • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): determinarea perioadei de oscilație a pendulului gravitațional în diferite situații problemă.	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor machete, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): <i>modificarea perioadei de oscilație a pendulului gravitațional în diferite condiții experimentale/problemă, modalități de a menține constantă perioada de oscilație în condiții experimentale diferite.</i>
• Cere elevilor: 1. să determine perioada de oscilație a unui pendul matematic fixat pe tavanul unei cutii paralelipipedice dacă aceasta se deplasează accelerat vertical în sus/jos sau i se imprimă o accelerație pe orizontală (să realizeze o compunere vectorială a accelerațiilor); 2. să indice modalități de a menține aceeași perioadă unui pendul într-un anumit loc de pe suprafața Pământului și într-un satelit geostaționar, la o altitudine dată;; 3. să identifice și alte exemple de forțe cvasielastice: de exemplu în cazul mișcării oscilatorii a unei coloane de apă dintr-un tub în formă de U în urma dezechilibrării cu o forță exterioară. (Surse bibliografice: exemplu: Galbură, A., Iosupescu, M., Trăistaru, C., Fizică, Probleme rezolvate, îndrumător metodic, vol.I, Editura Corint, București, 1996)	• Formulează (în perechi/grupe) constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): 1. -scriu perioada de oscilație a pendulului când cutia se află în repaus; - aplică principiul forței de inerție și compun vectorial accelerațiile; -calculează perioada pendulului când cutia urcă/coboară și compară cele două perioade cu cazul inițial când cutia se află în repaus; -calculează perioada pendulului în cazul deplasării cutiei pe direcție orizontală și stabilesc că oscilația se produce perpendicular pe direcția accelerației rezultante. 2. -găsesc o relație de legătură între accelerațiile gravitaționale ale celor două locuri; -calculează și compară perioada pendulului într-un loc pe suprafața Pământului și respectiv într-un satelit la altitudine dată; -calculează ce lungime ar trebui să aibă firul pe satelit pentru a avea aceeași perioadă ca și pe Pământ. 3. - reprezintă printr-un desen situația problemă; -scriu ecuația de egalitate a presiunilor în cele două ramuri -exprimă forța exterioară ca fiind o forță cvasielastică de forma $F = kx$; -calculează perioada de oscilație a masei de lichid.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor de exemplu: Să determine o forță de tip cvasielastice în cazul în care se acționează cu o forță exterioară asupra unui corp parțial scufundat în lichid și acesta începe să oscileze.	• Efectuează tema pentru acasă.

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 7

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea <i>temelor efectuate acasă</i> și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, <i>norme de protecția muncii în laborator</i> etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): relația dintre echilibrul mecanic și energia potențială;	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă;
• Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea portofoliului, pentru evaluarea rezultatelor finale, vizând competențele cheie⁶;	• Prezintă portofoliile, expun produsele realizate, evaluează lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în protocolul de evaluare;
• Anunță verificarea orală/ testul scris pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe competențele specifice înscrise în programele școlare, vizând noțiunile înșușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;	
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), vizând acțiuni colective în afara clasei, legătura noțiunilor înșușite în cadrul unității de învățare parcurse cu temele/ proiectele viitoare etc.	• *Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, să prezinte rezultatele activităților experimentale în cadrul unor sesiuni de comunicare

Bibliografie:

⁶ **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în **anexele** unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele înșușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

5. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);
6. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);
7. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);
8. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

9. Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
10. Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
11. Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
12. www.physicsclassroom.com
13. <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
14. Hristev, A., *Mecanică și Acustică*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982;
15. Crețu, T., *Fizică Curs Universitar*, Editura Tehnică, București 1996.

Unitatea de învățare: XI.3 Compunerea oscilațiilor

sau

„Cum descriem mișcarea rezultantă a unui punct material supus acțiunii simultane a două sau mai multor forțe elastice?”

sau

„Ce mișcare rezultantă va avea un corp solicitat concomitent de mai multe mișcări oscilatorii?”

Patricia Vlad

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 5

Conținuturi repartizate unității de învățare: **Compunerea oscilațiilor paralele.** Compunerea oscilațiilor armonice paralele și de frecvențe egale. Compunerea oscilațiilor armonice paralele de frecvențe puțin diferite. (*) **Compunerea oscilațiilor perpendiculare** (*) Compunerea oscilațiilor armonice perpendiculare cu aceeași frecvență. (*) Compunerea oscilațiilor armonice perpendiculare cu frecvențe diferite (Programa de fizică pentru clasa a XI-a).

Modelul de învățare asociat: INVESTIGAȚIA

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației;
II. Explorare - Experimentare	2. Colectarea probelor, analiza și interpretarea informațiilor;
III. Reflecție - Explicare	3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;
IV. Aplicare - Transfer	4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele investigației științifice** (definind competențe specifice), ca un grup de lecții lansate de o întrebare deschisă, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor investigației. Procesul cognitiv central este *analogia cu anticiparea efectului* (dezvoltarea noilor cunoștințe prin descoperirea mijloacelor/ variabilelor a căror manevrare/ control conduce la efectul/ rezultatul dorit).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o observație neașteptată, și anume: „*Mișcarea unui punct material supus acțiunii simultane a două forțe elastice este o mișcare oscilatorie armonică.*” Pe parcursul unității de învățare, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea: „*Dacă doi sau mai mulți oscilatori interacționează, mișcarea fiecăruia este influențată de oscilațiile celorlalți, având loc o compunere a oscilațiilor.*” Elevii vor deduce ecuația de mișcare rezultantă pentru punctul material / ecuația traiectoriei după care se va deplasa punctul material.

Secvența I. Evocare-anticipare

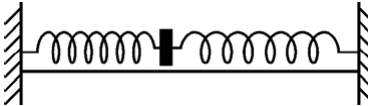
Generic: Ce știi sau cred eu despre asta?

Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației.

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare).

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *planificare sau anticipare.* Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): problema interacțiunii a doi sau mai multor oscilatori; evidențiază mai multe cazuri posibile. Limitează discuțiile la cazul acțiunii a două forțe elastice.	• Evocă observații proprii, comunică răspunsurile în clasă; 
• Evocă întrebarea de investigat din „Jurnalul de observații științifice” (la dispoziția elevilor în clasă): „Ce mișcare rezultantă va avea punctul material dacă este supus acțiunii simultane a două forțe elastice?” și cere elevilor să găsească explicații/ răspunsuri/ ipoteze alternative la întrebare, privind cauzele fenomenului observat;	• Formulează ipoteze (răspunsuri) la întrebare, întrebări, de exemplu: „mișcarea rezultantă este de asemenea o mișcare oscilatorie armonică” „mișcarea rezultantă are o amplitudine și o fază care depind de amplitudinile și fazele inițiale ale oscilațiilor componente”, „mișcarea rezultantă are loc într-un plan care depinde de direcția celor două mișcări oscilatorii” etc.
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor dispozitive experimentale, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Definesc mișcarea oscilatorie armonică, evocă/ exersează ecuațiile mișcării oscilatorii armonice, explicitarea mărimilor fizice care intervin, reprezentarea fazorială, prin asocierea oscilației de amplitudine a și pulsație ω a unui vector plan de lungime a care se rotește în sens antiorar cu viteza unghiulară ω; reactualizează formulele trigonometrice ale sumelor de unghiuri.
• Îndrumă elevii să proiecteze verificarea ipotezelor formulate de ei; orientează gândirea elevilor către identificarea direcțiilor posibile de producere a oscilațiilor.	• Disting situații care ar putea fi avute în vedere (variabilele de controlat) pentru a explica compunerea oscilațiilor: -oscilațiile produc elongații în lungul aceleiași direcții sau după două direcții perpendiculare; -oscilațiile pot avea aceeași frecvență sau frecvențe diferite; • Reformulează ipotezele: dacă oscilațiile sunt paralele atunci și mișcarea rezultantă va avea aceeași direcție ca și oscilațiile componente; dacă oscilațiile componente au loc în lungul a două direcții perpendiculare atunci mișcarea rezultantă va avea loc într-un plan, pe o anumită traiectorie. • Alcătuiesc grupuri de lucru în funcție de variantele de răspuns sau de preferințe;
• Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse.⁷	• Identifică produse pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Negociază cu profesorul conținutul și structura portofoliului, convin modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.);
• Consultă elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili un protocol de evaluare	• Evocă semnificațiile, accesibilitatea, relevanța criteriilor de evaluare a rezultatelor: 1. asumând sarcini

⁷ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Eseu literar/ plastic pe temele studiate etc.

a rezultatelor finale ale elevilor (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare); ⁸	personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să planifice verificarea ipotezelor și să reprezinte forțele care intervin, să scrie ecuațiile mișcărilor oscilatorii armonice.	• Efectuează tema pentru acasă - având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse (poster, demonstrații, animații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Colectarea probelor, analizarea și interpretarea informațiilor.

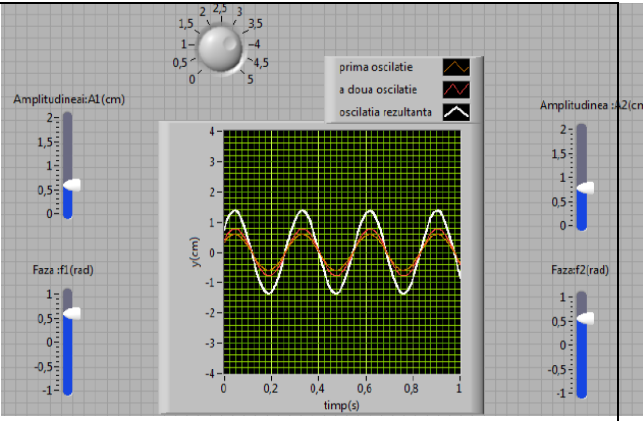
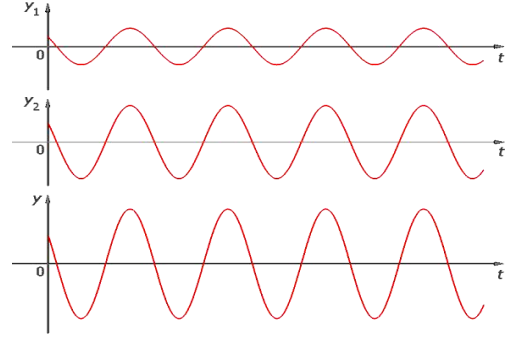
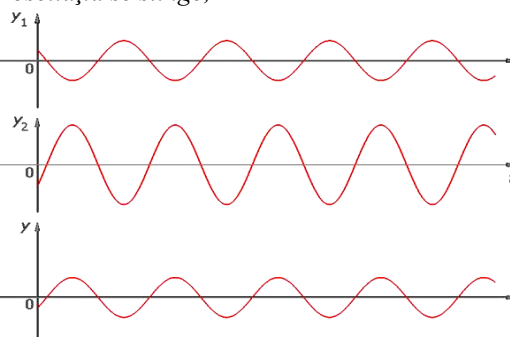
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; Lecție de formare a priceperilor și deprinderilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

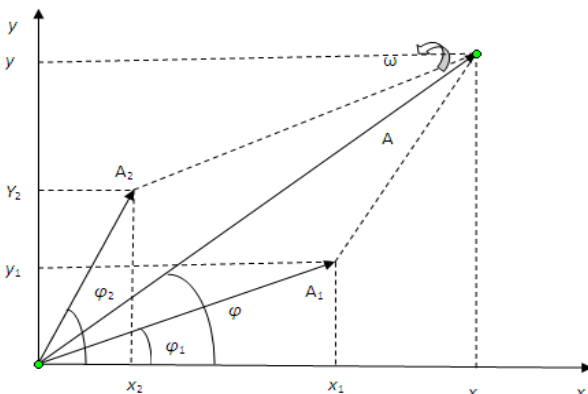
Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea efectului.* Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte metodele propuse; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor dispozitive experimentale, <i>norme de protecția muncii în laborator</i> etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă modul de rezolvare, rezultatele obținute, <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; • evaluatează ipotezele propuse, modalitățile de verificare, evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției);	
• Oferă elevilor materiale pentru experimentarea <i>compunerii oscilațiilor armonice paralele de aceeași frecvență</i> (osciloscop, sursă de tensiune /computer-exemplu: programul LabView-simulări interactive pe calculator, cu aplicații în Fizică) și cere elevilor să experimenteze pentru a verifica ideea: mișcarea rezultantă este o mișcare oscilatorie armonică.	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: - analizează compunerea oscilațiilor paralele de frecvențe egale dar de amplitudini și faze inițiale diferite; - modifică datele de intrare (amplitudinile /fazele inițiale) ale oscilațiilor care solicită punctul material; - realizează graficul pe hârtie milimetrică; - interpretează datele experimentale;

⁸ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

	
• Cere elevilor să comunice observațiile;	• Elevii comunică observațiile privind compunerea oscilațiilor armonice paralele de aceeași frecvență: - <i>amplitudinea oscilației rezultante depinde de diferența de fază $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ a oscilațiilor inițiale care se compun;</i> - <i>amplitudinea oscilației rezultante este egală cu suma amplitudinilor oscilațiilor componente (este maximă): $a = a_1 + a_2$ și oscilațiile sunt în fază;</i>  - <i>amplitudinea oscilației rezultante este egală cu valoarea absolută a diferenței amplitudinilor oscilațiilor componente (este minimă): $a = a_1 - a_2$ și oscilațiile sunt în opoziție de fază;</i> - <i>dacă $a_1 = a_2$ și oscilațiile inițiale sunt în opoziție de fază, atunci oscilația se stinge;</i>  • Dacă și-au încheiat activitatea, elevii se reorientează către grupurile ale căror investigații sunt în curs de desfășurare;
• Solicită elevilor să determine elongația oscilației rezultante în cazul compunerii a două oscilații armonice paralele de aceeași frecvență; propune rezolvarea sarcinii de lucru prin două metode: • <i>Grupa 1: metoda analitică (aplicând principiul suprapunerii micilor oscilații și formulele</i>	- <i>Grupa 1: metoda analitică:</i> • Deduc expresia elongației momentane a oscilației rezultante, amplitudinea și faza oscilației rezultante: Dacă ecuațiile care descriu cele două oscilații armonice paralele care solicită simultan punctul material sunt: $y_1 = a_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$ și $y_2 = a_2 \sin(\omega t + \varphi_2)$ atunci oscilația rezultantă are elongația pe aceeași direcție:

trigonometrice ale sumelor de unghiuri); • Grupa II: metoda grafică a fazorilor sau a vectorilor rotitori – reprezentarea fazorială a oscilațiilor (unei oscilații de amplitudine a și pulsație ω i se asociază un fazor-un vector plan, cu originea în originea sistemului de axe xOy, de lungime a și care se rotește în sens trigonometric cu viteza unghiulară ω – metoda compunerii vectorilor).	$y = y_1 + y_2 = a_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + a_2 \sin(\omega t + \varphi_2)$ Demonstrează expresia elongației oscilației rezultante: $y(t) = a \sin(\omega t + \varphi)$. • Grupa II metoda grafică – a fazorilor sau a vectorilor rotitori – reprezentarea fazorială a oscilațiilor: • Realizează diagrama fazorială: • Observă: - suma proiecțiilor a doi vectori pe o axă este egală cu proiecția pe aceea axă a vectorului rezultat - unghiul dintre fazorii $\vec{a}_1$ și $\vec{a}_2$ rămâne neschimbat: $\varphi_2 - \varphi_1$ 
• Cere elevilor să formuleze observații/concluzii referitoare la rezultatele obținute.	• Formulează concluzii: - prin compunerea a două mișcări oscilatorii armonice rezultă tot o mișcare oscilatorie armonică; - oscilația rezultantă are aceeași direcție și pulsație ca și oscilațiile inițiale; - amplitudinea și faza inițială a oscilației rezultante depinde de amplitudinile și fazele inițiale ale oscilațiilor care se compun: $a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$ $\tan \varphi = \frac{a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2}{a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2}$ • Determină amplitudinea oscilației rezultante în cazul: $\Delta \varphi = (2k + 1) \frac{\pi}{2}$ (oscilațiile sunt în cvadratură sau la sfert): $a^2 = a_1^2 + a_2^2$
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le: 1. să aplice cunoștințele dobândite pentru a determina ecuația oscilației rezultate prin compunerea a două oscilații armonice paralele, de frecvențe egale dacă se cunosc ecuațiile lor; 2. *să studieze cazul compunerii oscilațiilor paralele de frecvențe puțin diferite; indică pentru pulsațiile celor două mișcări oscilatorii armonice valorile: $\omega_1 = \omega + \Delta \omega$ și $\omega_2 = \omega - \Delta \omega$.	• Efectuează tema pentru acasă - având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse (demonstrații, animații etc.), lucrând pe grupe/ individual.



Secvența a III-a. Reflecție-explicare

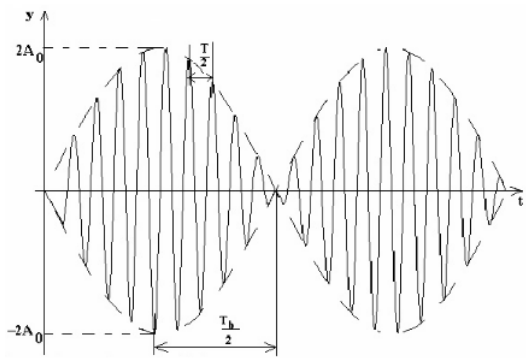
Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

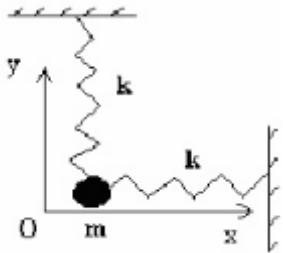
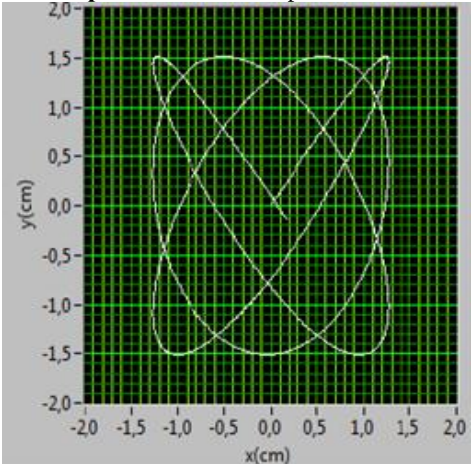
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexempluri (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte metodele propuse; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor dispozitive experimentale, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă modul de rezolvare, rezultatele obținute, <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează ipotezele propuse, modalitățile de verificare, evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.;
• Cere elevilor: -să formuleze concluzii referitoare amplitudinea oscilației rezultante în cazul compunerii a două oscilații armonice paralele de frecvențe puțin diferite; -să reprezinte graficul elongației funcție de timp; - să observe <i>fenomenul de bătăi</i> (se evidențiază în situația în care cele două oscilații armonice paralele au pulsații diferite dar cu valori foarte apropiate)	• Formulează concluzii: -<i>amplitudinea oscilației rezultante depinde de timp;</i> -<i>amplitudinea oscilației rezultante este o funcție periodică:</i> $a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos[2\Delta\omega t + \varphi_1 + \varphi_2]$ - unde: $\Delta\omega = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$ iar $\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$; -<i>faza inițială a oscilației rezultante depinde de timp;</i>  -evidențiază apariția fenomenului de bătăi în acustică, electronică
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției); • Prezintă un material filmat, de exemplu: http://www.youtube.com/watch?v=Y9DzI4lnrbA	

• *Oferă elevilor materiale pentru experimentarea <i>compunerii oscilațiilor perpendiculare de aceeași frecvență</i> (osciloscop, sursă de tensiune /computer-exemplu: programul LabView-simulări interactive pe calculator, cu aplicații în Fizică) și cere elevilor să experimenteze pentru a observa traiectoria punctului material.	• *Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: - analizează compunerea oscilațiilor perpendiculare de frecvențe egale dar de amplitudini și faze inițiale diferite;  - modifică datele de intrare (amplitudinile /fazele inițiale) ale oscilațiilor care solicită punctul material; - interpretează datele experimentale; 
• *Cere elevilor să comunice observațiile experimentale;	• *Formulează concluzii: - rezultanta a două mișcări oscilatorii armonice perpendiculare de frecvențe egale este în general o oscilație eliptică; - axele elipsei fac un unghi în general nenul cu axele de coordonate; - elipsa descrisă de punctul material se înscrie în „dreptunghiul amplitudinilor” de laturi: $2a_1$ și $2a_2$; - dacă diferența de fază este $\Delta\varphi = 2k\pi$, $k=0,1,2,\dots$, adică oscilațiile sunt în fază, rezultă o mișcare oscilatorie armonică de-a lungul primei diagonale din dreptunghiul amplitudinilor; - dacă diferența de fază este $\Delta\varphi = (2k+1)\pi$, $k=0,1,2,\dots$, adică oscilațiile sunt în opoziție de fază, rezultă o mișcare oscilatorie armonică de-a lungul celei de-a doua diagonale a dreptunghiului amplitudinilor. - dacă diferența de fază este $\Delta\varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2}$, $k=0,1,2,\dots$ atunci traiectoria punctului material este o elipsă ale cărei axe coincid cu axele perpendiculare ale direcțiilor oscilațiilor care se compun; în acest caz, dacă și $a_1=a_2$, elipsa degenerază într-un cerc.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă): solicită elevilor să rezume constatările experimentale referitoare la compunerea oscilațiilor armonice studiate și să organizeze concluziile în cadrul unui tabel.	• Efectuează tema pentru acasă - având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse (demonstrații, animații etc.), lucrând pe grupe/individual.

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *deductiv*. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, <i>norme de protecția muncii în laborator</i> etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): stabilirea relațiilor căutate, notarea lucrărilor efectuate de elevi;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Solicită elevilor să determine ecuația traiectoriei după care se va deplasa punctul material supus simultan acțiunii a două oscilații armonice perpendiculare de frecvențe egale și de ecuații date.	• Organizați în grupuri de lucru, elevii: - deduc ecuația traiectoriei punctului material ; - analizează prin calcul câteva cazuri particulare pentru $\Delta\varphi$ și studiază traiectoria punctului material în fiecare caz; - verifică concordanța rezultatelor obținute prin calcul cu cele observate experimental; - desenează traiectoria punctului material: - particularizează rezultatul pentru situația problemă dată; - interpretează rezultatele obținute și formulează concluzii.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă): - implică elevii în conceperea raportului final, solicitându-le să întocmească un scurt raport scris privind rezultatele investigațiilor proprii și să sintetizeze în cadrul unor tabele concluziile experimentale referitoare la compunerea oscilațiilor analizate; - *cere elevilor să analizeze cazul compunerii	• Asumă roluri în grupul de lucru, tipul de produs care va fi prezentat (construcții de dispozitive, lucrări de laborator, demonstrații/ determinări experimentale, rezolvare de probleme din culegeri, eseu, lucrări plastice și literare etc.), convin modul de prezentare (planșe, postere, portofolii, prezentări PowerPoint, filme și filmări proprii montate pe calculator etc.); avansează idei privind structura și conținutul raportului;

oscilațiilor perpendiculare de frecvențe diferite.	• Negociază în grup conținutul și structura raportului final, convin modalitatea de prezentare (construcții, referat, eseu, poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.); • Întocmesc un scurt raport (oral, scris) privind rezultatele investigațiilor proprii, consecințe ale explicațiilor găsite.
--	--

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 5

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea <i>temelor efectuate acasă</i> și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, <i>norme de protecția muncii în laborator</i> etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției); prezentarea și evaluarea raportului final; • *Implică elevii în analiza cazului de compunere a două oscilații perpendiculare de frecvențe diferite; Indică vizualizarea unor materiale informative, de exemplu: http://bioprotect.de/thegreenpage/liss3d.htm • Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea <i>raportului final (portofoliului)</i> pentru <i>evaluarea rezultatelor finale</i>, vizând competențele cheie⁹;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.; • *Formulează concluzii: -traectoria punctului material este o curbă închisă dacă raportul pulsațiilor celor două oscilații este un număr rațional; -curbele care se obțin se numesc <i>figuri Lissajous</i>. • Prezintă portofoliile/ produsele realizate/ rapoartele de lucru, expun produsele realizate, valuează lucrările prezentate, pe

⁹ **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în **anexele** unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele însușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

9. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);
10. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);
11. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);

	baza criteriilor stabilite în <i>protocolul de evaluare</i> ;
• Anunță verificarea orală/ testul scris pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe <i>competențele specifice înscrise în programele școlare</i>, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;	
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă): acțiuni colective în afara clasei, legături cu teme viitoare etc.	• <i>*Își propun să prezinte studiile realizate în cadrul unor sesiuni de comunicări, la cercul de excelență etc.</i>

Bibliografie

Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
Bunget, I., Burlacu, L., Ciobotaru, D., Costescu, A., Florescu, V., Munteanu, I., Rusu, M., Spânulescu, S., *Compendiu de Fizică*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1988;
<http://www.fizica.ro/textbooks/fizica11/html/1a10.html>
http://tvsimpozioane.wikispaces.com/file/view/S3_32_Onea_Cristina_TV2010.pdf
http://www.physics.pub.ro/Referate/BN122B/Compunerea_oscilatiilor_armonice_perpendiculare.pdf
http://www.mathematik.ch/anwendungenmath/lissajou/weitere_beispiele_von_lissajou.php
<http://www.scribd.com/doc/50029972/12/Compunerea-oscila%C5%A3iilor-armonice-paralele-de-aceea%C5%9Fi-pulsa%C5%A3ie>

12. competențe metacognitive (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

Unitatea de învățare: XI.4 Oscilatori mecanici cuplați

sau

Un corp aflat în oscilație poate determina oscilațiile corpurilor aflate în apropierea lui

sau

Avem două diapazoane identice așezate unul lângă altul pe o masă. Punând unul din diapazoane în vibrație, este posibil să producem vibrația celuilalt.”

Dorina Cucu

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 4

Conținuturi repartizate unității de învățare: Oscilații mecanice întreținute. Oscilații mecanice forțate. Rezonanța. Consecințe și aplicații. (Programa de fizică pentru clasa a XI-a).

Modelul de învățare asociat: **Proiectul**

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare – Anticipare	1. Planul operațional (motivarea proiectului și analiza de nevoi, stabilirea criteriilor de evaluare a produsului și a criteriilor de realizare - etapele de parcurs);
II. Explorare – Experimentare	2. Colectarea materialelor, analizarea și interpretarea informațiilor, realizarea preliminară a produsului;
III. Reflecție – Explicare	3. Testarea criteriilor de realizare, formularea unor concluzii, revizuirea etapelor de parcurs;
IV. Aplicare – Transfer	4. Verificarea produsului (criteriile de evaluare) și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea produsului (de învățare).

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele proiectului** (reprezentând competențe specifice), ca o succesiune lecții „cu finalitate reală” (Cerghit, I. ș.a., 2001), focalizate pe conceperea și realizarea unor produse finite, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor proiectului. Procesul cognitiv central este **planificarea sau anticiparea**.

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o observație surprinzătoare, și anume: „*Un corp aflat în oscilație poate determina oscilațiile corpurilor aflate în apropierea lui.*”. Pe parcursul unității de învățare, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea: „*Corpurile aflate în oscilație influențează oscilațiile corpurilor înconjurătoare. Această influență depinde de frecvențele proprii de vibrație ale corpurilor care interacționează, de caracteristicile mediului care intermediază transferul energetic între sistemele oscilante cuplate*”.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: Ce știu sau cred eu despre asta?

Lecția 1

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 1. Planul operațional (motivarea proiectului și analiza de nevoi, stabilirea criteriilor de evaluare a produsului și a criteriilor de realizare - etapele de parcurs);

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor și expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un <i>organizator cognitiv</i> (prelegere introductivă, încadrând oscilatorii mecanici cuplați în conceptul de transfer energetic între oscilator și mediul exterior lui); folosește ca exemple: ☞ oscilațiile unei clădiri determinate de trecerea unui camion de mare tonaj pe strada clădirii respective; ☞ leagănul pe care se află un copil ce execută mișcări pentru a mări/reduce amplitudinea oscilațiilor; ☞ un diapazon pus în oscilație determină vibrațiile unui diapazon identic așezat lângă primul diapazon, așa cum se poate constata din filmul: http://www.youtube.com/watch?v=hiHOqMOJTH4&feature=related • Oferă elevilor un <i>portofoliu de teme</i> propuse spre realizare, urmând să fie evaluate în finalul unității de învățare, sub forme ca: (1) demonstrații/ modelări experimentale: <i>Ceasornicul cu pendulă; membrana difuzorului; amortizoarele autovehiculelor; și altele;</i> (2) construcții: <i>sistem de pendule cuplate, pendul dublu, seismograf, etc. ;</i> (3) referate științifice: <i>funcționarea timpanului urechii; cauzele și condițiile producerii mareelor; pendulul lui Foucault; prăbușirea podului Takoma Bridge; în explicarea cărora se pune accentul pe transferul de energie între sistemele oscilante, pe relația dintre frecvențele proprii ale acestora, etc.;</i> (4) postere, desene, eseuri literare etc., conținând referiri la: <i>corpul uman ca sistem oscilator și frecvențele proprii de oscilație ale părților sale constitutive, motoarele electrice sau mașinile conținând piese ce execută mișcări periodice, cutiile de rezonanță ale instrumentelor muzicale, etc.;</i> • Cere elevilor să evoce cunoștințele proprii legate de proiectele propuse (ceea ce elevii știu), să distingă <i>noțiunile relevante</i> (frecvența proprie de oscilație a unui sistem mecanic, transferul de energie între doi oscilatori cuplați, amortizarea oscilațiilor, relația dintre energia oscilatorului și amplitudinea oscilațiilor, etc.); cu acest prilej, identifică explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere (utilizarea unor aparate sau programe/software care pot pune în evidență dependența de timp a elongației/vitezei/accelerației oscilatorului: seismograf, oscilograf, osciloscop, etc.); • Comunică elevilor <i>criteriile evaluării finale (sumative)</i>, particularizând competențele programei școlare în raport cu tema de studiat; • Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să detalieze proiectele, să evalueze resursele, să extragă informații de tipul „Ce este?” (oscilația forțată, oscilația întreținută, cuplajul dintre două sisteme mecanice, sistem excitator, sistem rezonator, transferul selectiv de energie între două sisteme oscilatorii cuplate, rezonanța).	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale privind oscilatorii mecanici cuplați, necesitatea cunoașterii condițiilor în care se realizează transferul de energie între ei, a consecințelor pe care le are acest transfer de energie asupra fiecărui oscilator în parte etc.; • Se orientează asupra realizării unor proiecte, alcătuiesc grupuri de lucru, evaluează tema pentru care au optat (interesantă, accesibilă, relevantă, productivă, complexă etc.); • Asumă roluri în grupul de lucru, negociază tipul de produs care va fi prezentat (construcții, demonstrații/ determinări experimentale, rezolvare de probleme din culegeri, eseu științific, eseu plastic sau literar etc.); • Evocă aspecte interesante, curiozități, dificultăți legate de proiectul ales, experiențe personale, observații în mediul înconjurător, deosebind fenomenele în termeni de amplitudinea oscilațiilor, frecvența oscilațiilor, corpul care cedează energia și corpul care o primește, forțele care determină ca oscilațiile să dureze în timp, etc.; • Evocă/ exersează determinarea perioadei de oscilație a unui pendul (utilizând pendule de diverse lungimi, cronometre, rigle); • Evocă semnificația, accesibilitatea, relevanța pentru ei a criteriilor de evaluare a rezultatelor propuse de profesor; • Efectuează tema pentru acasă.

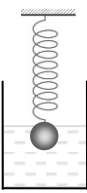
Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Lecția 2

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Colectarea materialelor, analizarea și interpretarea informațiilor, realizarea preliminară a produsului (de proiect);

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea rezultatelor; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Evocă proiectele pentru care elevii au optat și stimulează elevii să prezinte informațiile colectate/ produsele realizate; • Oferă elevilor materiale pentru experimentare (vase cu apă, resorturi, corpuri cu mase marcate, stative, diapazoane, ciocănele, etc.) și cere elevilor (eventual, prin fișe de lucru) să experimenteze (eventual, orientând gândirea elevilor către verificarea următoarei idei: un corp aflat în oscilație transferă o parte din energia sa mediului înconjurător; transferul de energie depinde de frecvențele proprii de oscilație ale sistemelor mecanice între care se realizează transferul de energie); Grupele I și II (construcții): analizează oscilațiile unui pendul elastic introdus în apă comparativ cu oscilațiile lui în aer; Grupele III și IV (demonstrații/ modelări experimentale): analizează oscilațiile unui diapazon sub acțiunea vibrațiilor unui alt diapazon când cele două diapazoane sunt identice și când pe o ramură a celui de-al doilea diapazon este așezat un corp mic;   Grupele V și VI (referate științifice, postere, desene, eseuri literare etc.): analizează transferul de energie între un motor și un corp suspendat de un resort cuplat la motor printr-un sistem bielă-manivelă, urmărind filmul: http://www.youtube.com/watch?v=aZNnwQ8HJHU • Cere elevilor să comunice rezultatele obținute; • Implică elevii în conceperea raportului final și cere elevilor să întocmească un scurt raport scris privind rezultatele investigațiilor proprii; avansează idei privind structura și conținutul raportului prezentat de elevi.	• Evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii din: Grupele I și II: - compară perioadele oscilațiilor pendulului elastic în cele două situații (măsoară perioadele de oscilație); - fac presupuneri privind diferența dintre cele două situații; - notează observațiile lor privind cauzele amortizării oscilațiilor pendulului introdus în apă; Grupele III și IV: - notează observațiile lor privind diferențele care apar în oscilațiile celui de-al doilea diapazon în situațiile analizate (compară intensitățile sonore, duratele înregistrării sunetelor, etc.); - fac presupuneri privind rolul cutiei de rezonanță a diapazonului; - încearcă să explice diferențele observate în comportamentul celui de-al doilea diapazon, referindu-se la frecvențele oscilațiilor celor două diapazoane; Grupele V și VI: - fac presupuneri privind modul de funcționare a celor două sisteme cuplate și a modului de realizare a cuplajului; - observă că amplitudinea oscilațiilor pendulului depinde de tensiunea aplicată motorului, făcând presupuneri referitoare la schimbul de energie dintre oscilatorii cuplați, la frecvențele lor de oscilație, etc. • Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii comunică rezultatele privind caracteristicile transferului de energie între două sisteme oscilante cuplate; • Dacă și-au încheiat activitatea, grupele de elevi se rotesc, astfel încât fiecare elev să efectueze experimentele propuse/să urmărească filmul. • Negociază în grup conținutul și structura produsului final, convin modalitatea de prezentare (poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.); • Întocmesc un scurt raport (oral, scris) privind

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă) și cere elevilor, să răspundă la un set de întrebări, sau să conceapă experimente prin care pot ilustra transferul de energie între două sisteme oscilante cuplate; le sugerează să urmărească filmele:

<http://www.youtube.com/watch?v=hmyvIC3g198&NR=1>

<http://www.youtube.com/watch?v=Nz-XTyeQDhU>

rezultatele investigațiilor proprii, consecințe ale explicațiilor găsite.

- **Efectuează tema pentru acasă**, ca răspunsuri la întrebări:

Considerând mișcarea unui leagăn în care se află un elev, răspundeți la următoarele întrebări:

1. Dacă leagănul este împins din exterior și apoi lăsat liber, care sunt sistemele mecanice cuplate între care se realizează transferul de energie?
2. Ce mișcări trebuie să execute elevul pentru a întreține oscilațiile leagănului? Care sunt sistemele mecanice cuplate între care se realizează transferul de energie?
3. Este posibil ca oscilațiile leagănului, acționat din exterior (de un alt elev) să aibă amplitudinea constantă în timp? Cum trebuie să procedeze al doilea elev?

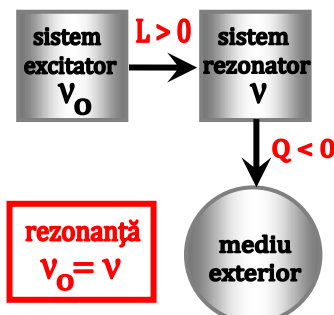
Secvența a III-a. Reflecție-explicare:

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Lecția 3

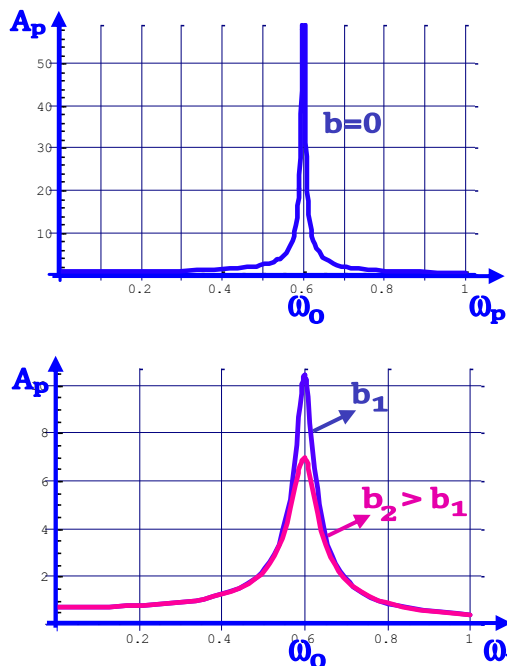
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Testarea criteriilor de realizare, formularea unor concluzii, evaluarea și revizuirea etapelor parcurse;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor: comunicare, cognitive, sociale etc.;

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Invită elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate în lecția anterioară și prin tema efectuată acasă și să distingă un patern care să explice cum se realizează transferul de energie între două sisteme oscilante cuplate, natura energiilor furnizate de sistemul excitator și sistemul rezonator;  • Solicită elevilor să analizeze cazul unui pendul elastic (având constanta elastică k și pulsația proprie de oscilație ω_0) asupra căruia acționează, pe direcția resortului, o forță exterioară periodică ($\vec{F}_p$) ce variază armonic în timp, conform relației: $F_p = F_0 \cdot \sin \omega_p \cdot t$, și: - să deducă relația ce exprimă dependența amplitudinii oscilațiilor forțate în funcție de pulsația ω_p forței exterioare în absența forțelor de frecare	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii analizează datele credibile (ce date păstrăm, ce date eliminăm?) și raportează concluziile/explicațiile pe care le înregistrează întreaga clasă: - fac diferență între <i>oscilațiile forțate</i> și cele <i>întreținute</i> - precizează că transferul de energie între sistemele excitator și rezonator se produce pentru orice frecvență a sistemului rezonator; - sesizează faptul că transferul de energie este selectiv; - trage concluzia că transferul maxim de energie între cele două sisteme se realizează atunci când frecvențele lor proprii de oscilație au valori apropiate sau sunt egale, adică la <i>rezonanță</i>; - constată că la rezonanță amplitudinea oscilațiilor sistemului rezonator este maximă și prezintă exemple legate de <i>catastrofa de rezonanță</i>; • scrie ecuația mișcării oscilatorului în absența forțelor de frecare: $m\ddot{a} = F_p - ky$ • face constatarea că mișcarea oscilatorului este armonică, cu pulsația forței exterioare; • scrie dependența de timp a elongației oscilatorului: $y = A_p \cdot \sin \omega_p \cdot t$ • deduce expresia dependenței amplitudinii oscilațiilor de pulsația forței exterioare :

(fără amortizare – cazul ideal);

- să facă presupuneri referitoare la forma graficului $A_p = A_p(\omega_p)$ în cazul oscilațiilor



neamortizate;

- să compare curbele prezentate de profesor (trasate folosind sistemul de software *Mathematica* 4.0 pentru cazul $F_0 = 0,25 \text{ N}$,

$b = 0$; $b_1 = 0,02 \text{ kg/s}$; $b_2 = 0,03 \text{ kg/s}$,

$\omega_0 = 0,6 \text{ rad/s}$) pentru situațiile neglijării forțelor de frecare și respectiv ale luării în considerare a acțiunii acestor forțe.

• **Cere elevilor să distingă un patern (model, regulă)** cu ajutorul graficului, care să explice:

- forma curbei de rezonanță în cazul neglijării frecărilor;
- rolul forțelor de frecare/rezistență la înaintare în desfășurarea oscilațiilor forțate;
- comportarea sistemului rezonator la frecvențe ale forței exterioare apropiate ca valoare de frecvența proprie de oscilație a sistemului rezonator;

• **Precizează** elevilor că transferul de energie între două sisteme oscilante cuplate se realizează prin:

- *oscilații forțate*, oscilații ale unui sistem mecanic (rezonator) care au loc sub acțiunea unei forțe periodice (provenită de la sistemul excitator), având modulul mai mare decât cel al rezultantei forțelor de frecare;
- *oscilații întreținute*, oscilații cu amplitudine constantă, în desfășurarea cărora, forța exterioară anulează efectul forțelor de frecare (amortizării oscilațiilor);
- Precizează elevilor originea și semnificația termenului de „rezonanță”; *resonantia* = răspuns;

$$A_p = \frac{F_0}{|\omega_0^2 - \omega_p^2|}$$

• deduce că amplitudinea oscilațiilor tinde la infinit atunci când $\omega_p \rightarrow \omega_0$ și scade când

$\omega_p < \omega_0$ și când $\omega_p > \omega_0$;

• scrie ecuația mișcării oscilatorului în prezența forțelor de frecare: $m\ddot{a} = F_p - ky - bv$, b fiind coeficientul forței de frecare

• compară curbele prezentate de profesor, sau curbele de rezonanță pe care le găsește pe Internet:

http://universitytutoringservice.heyclick.net/content/sid/2/page/forced_oscillations.html

• **Constată** că:

a) amplitudinea oscilațiilor forțate tinde la infinit, în cazul neglijării forțelor de frecare, dacă

$$\omega_p = \omega_0$$

b) amplitudinea oscilațiilor forțate scade în cazul în care oscilațiile sistemului rezonator sunt amortizate, ceea ce determină ca, la rezonanță

($\omega_p = \omega_0$) amplitudinea să nu mai tindă la infinit.

c) transferul de energie între cele două sisteme oscilante cuplate se realizează selectiv, în funcție de frecvența proprie de oscilație a sistemului rezonator;

• **Reformulează constatările**, în termeni de densitate: *substanțele care au densitatea mai mare decât a apei se distribuie deasupra liniei pentru apă, iar cele cu densitatea mai mică, sub linie;*

• **Constată** că un corp cu masă mare poate avea totuși o densitate mică;

• **Reformulează observațiile** din etapa de explorare-experimentare și **propun explicații** sub forma unor *generalizări (inducții)*: corpurile (masive) din substanțe cu densitate mai mică decât a apei plutesc pe apă; cele cu densitate mai mare se scufundă; cele cu aceeași densitate plutesc în interiorul apei din vas;

răspunsul sistemului rezonator la acțiunea sistemului excitator este selectiv, depinzând de frecvența excitatorului;

• **Cere elevilor** să revină la constatarea inițială: „*Avem două diapazoane identice așezate unul lângă altul pe o masă. Punând unul din diapazoane în vibrație, este posibil să producem vibrația celuilalt.*” și cere elevilor să **formuleze un argument** la problema pusă în discuție;

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să **răspundă la întrebări**, cum sunt →

• **Formulează definiția** fenomenului de *rezonanță* subliniind că dacă frecvența oscilațiilor forței exterioare devine egală sau apropiată ca valoare de cea a oscilatorului asupra căruia se exercită, transferul de energie între excitator și rezonator este maxim, determinând creșterea amplitudinii oscilațiilor rezonatorului;

• **Formulează un argument** la mirarea inițială argumentând că un sistem mecanic aflat în oscilație determină oscilații forțate ale unui alt sistem mecanic cu care este cuplat;

• **Efectuează tema pentru acasă:**

1. Timpanul urechii oscilează forțat sub acțiunea unor factori externi (sunete, zgomote, etc.). În cazul în care ne aflăm pe un aeroport și auzim sunetul intens produs de un avion care decolează, simțim senzația de durere. De ce se recomandă să deschidem gura în această situație?
2. O întâmplare petrecută în secolul al XIX-lea a avut consecințe dezaastroase: o grupă de soldați trebuia să treacă, bătând pas de defilare, un pod. Podul s-a dărâmat. Puteți explica această întâmplare? Precizați în acest caz care sunt sistemul excitator și sistemul rezonator.

Secvența a IV-a. Aplicare-transfer

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Lecția 4

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Verificarea produsului (criteriile de evaluare) și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea produsului (de învățare).

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză, de transfer, de percepție a valorilor etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor (de comunicare, cognitive, sociale etc.); de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Oferă elevilor materiale pentru discuții (problema podurilor suspendate cu cabluri: http://www.youtube.com/watch?v=-yLZYETyImM&feature=related, implicându-i în evaluarea produselor realizate, a procedurilor/ soluțiilor adoptate, stabilirea limitelor de aplicabilitate a conceptelor definite: Ce concluzii păstrăm, ce concluzii eliminăm? Este acest model potrivit pentru tema aleasă? Este această explicație/ soluție mai bună decât alta? Ce explicații/ soluții nu sunt încă susținute de probe? Ce soluție mai bună am putea adopta? Etc.	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: a) optimizează problematica transferului de energie între sisteme oscilatorii cuplate, propunând măsuri pentru limitarea efectelor nocive ale rezonanței; b) extind problema oscilatorilor mecanici cuplați, modelând/ explicând necesitatea utilizării cunoștințelor legate oscilatorii mecanici cuplați la coșurile industriale, cablurile de înaltă tensiune (prevăzute cu amortizoare pentru a reduce influența forței vântului), la alte situații cunoscute de elevi în urma efectuării proiectului;
• Implică elevii în prezentarea și evaluarea raportului final, vizând competențe: cognitive (operarea cu noțiunile însușite); estetice (tehnică,	• Expun produsele realizate și prezintă în fața clasei rapoartele de lucru; • Își propun să expună produsele realizate în

design, editare); antreprenoriale (inovația, execuția și realizarea); sociale (cooperarea cu alți elevi, profesori, experți); de comunicare (folosirea judicioasă a informațiilor); metacognitive (distanțare critică față de propria lucrare, urmărirea obiectivelor propuse, autoevaluarea progresului, rectificarea necesară) etc.;	expoziții școlare, întâlniri cu responsabili ai administrației locale și altele.
Evaluare sumativă finală , precizând instrumentele (testare scrisă sau verificare orală, proiecte, portofoliul - teme efectuate acasă/ în clasă etc.) și criteriile de evaluare formulate pe baza competențelor specifice selectate din programa școlară;	
Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă, acțiuni colective în afara clasei, legături cu teme/ proiectele viitoare etc.).	Elevii vor răspunde la întrebarea: Ce este și cum funcționează o cameră rezonantă Helmholtz?

Bibliografie

- (1) Ionescu R., ș.a., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. Art, București, 2007
- (2) Cone G., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. Books Unlimited, București, 2007
- (3) Cerghit, I. ș.a., *Prelegeri pedagogice*, Ed. Polirom, Iași 2001;
- (4) Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
- (5) Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
- (6) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
- (7) <http://mypages.iit.edu/~smile/physinde.html>;
- (8) <http://teachers.net/lessons/posts/1.html>;
- (9) <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
- (10) http://www.teach-nology.com/teachers/lesson_plans/science/physics/



Unitatea de învățare: XI.5

„Cum se poate transfera energie și impuls într-un mediu, fără a implica și transportul unei cantități de substanță?” sau
 „De ce un cutremur, care se produce într-un anumit loc, se simte pe întinderi mari din suprafața Pământului, fără a antrena și transferul de substanță?”

Bratu Rodica

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 5

Conținuturi repartizate unității de învățare: Propagarea unei perturbații într-un mediu elastic. Transferul de energie (Conceptul de undă. Tipuri de unde. Caracteristicile undelor). Principiul lui Huygens. Modelul „undă plană”. Periodicitatea spațială și temporală (Ecuația unei unde plane) (Programa de fizică pentru clasa a XI-a, F₁).

Modelul de învățare asociat: **Investigația științifică**

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației.
II. Explorare - Experimentare	2. Colectarea probelor, analiza și interpretarea informațiilor.
III. Reflecție - Explicare	3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații.
IV. Aplicare - Transfer	4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor. 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele investigației științifice** (reprezentând competențe specifice), ca un grup de lecții focalizate pe o **întrebare deschisă**, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor investigației științifice. Procesul cognitiv central este **analogia cu anticiparea efectului**: prin „încercare și eroare” elevii descoperă mijloacele (variabilele) a căror manevrare (controlul variabilelor) îi conduce la rezultatul dorit.

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o discrepanță, și anume: „*Transmiterea energiei în cazul mișcării unui proiectil se face împreună cu proiectilul, iar transportul de energie realizat de către o undă se face fără ca particulele mediului elastic să se deplaseze prin întreg mediul!*”. Pe parcursul unității de învățare, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea: „*Se poate transfera energie și impuls într-un mediu – prin mișcare oscilatorie, iar unda, care nu este o particulă materială, reprezintă deplasarea dintr-un loc în altul a unei perturbații (unda, pentru a exista, se extinde în spațiu și timp)!*”.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știu sau cred eu despre asta?*

Lecția 1

Competențe specifice (derivate din modelul investigației științifice): 1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației.

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare).

Procesul cognitiv: planificare sau anticipare. **Scenariul lecției: tehnologic**. Elevul face încercări diferite de identificare/definire a unui concept, caută mijloace de explicare (evocă fenomenul) și face încercări de explicare

(prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat)(Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): încadrează unele mecanice într-un concept mai cuprinzător (fenomene ondulatorii în natură și în tehnică - unde sonore, unde seismice, ultrasunete, unde radio, unde luminoase, etc.), conceptul de undă reprezintă, de fapt, unul dintre cele mai importante elemente unificatoare din fizică. • Evocă întrebările din „Jurnalul de observații științifice” (la dispoziția elevilor în clasă): „<i>De ce pe timp de furtună prima dată se vede fulgerul și pe urmă se aude tunetul?</i> ” „<i>Cum se va deplasa o bărcuță ușoară, așezată pe suprafața apei unui lac pe care trece o barcă cu motor?</i>” „<i>De ce un cutremur care se produce într-un anumit loc se simte pe întinderi mari din suprafața Pământului, fără a antrena și transferul de substanță?</i> ” – în concluzie „<i>Cum se poate transfera energie și impuls într-un mediu, fără a implica și transportul unei cantități de substanță?</i>” aceasta va fi întrebarea de investigat și cere elevilor să găsească explicații/ răspunsuri/ ipoteze alternative la întrebări privind cauzele fenomenelor menționate. • Stabilește nivelul de cunoaștere de către elevi și preconcepțiile acestora legate de conceptul ce urmează a fi predat (conceptul de undă) - cu referire la undele sonore. • Invită elevii să analizeze și să compare: O garnitură de vagoane aflată în repaus în gară primește un șoc de la locomotivă. Comparați transferul de energie și impuls în cazul mișcării vagoanelor cu transferul de energie și impuls în cazul mișcării unui proiectil. • Înlesnește demersul de căutare al elevilor propunând observarea propagării unei perturbații într-o coardă elastică, într-un resort slab, cu multe spire, așa cum sunt cele folosite ca jucării/ și într-un resort din metal cu bune proprietăți elastice. • Sprijină elevii să descrie mecanismul transmiterii din aproape în aproape a unei perturbații într-un mediu elastic. • Orientează gândirea elevilor către identificarea proprietăților mediilor elastice, condițiilor de existență ale unei mecanice, conceptului de undă (propagarea perturbației într-un mediu sugerează conceptul de undă); identifică explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere. • Îndrumă elevii să planifice pentru ora următoare observarea unor fenomene ondulatorii	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale, schimbă idei privind diferite exemple de unde observate în mediul înconjurător (valurile, sunetele, cutremurele, ultrasunetele, transmisiile radio, lumina, etc.), necesitatea înțelegerii unui fenomen ondulatoriu în natură și în tehnică etc. • Formulează ipoteze (răspunsuri) la întrebări, de exemplu: - viteza luminii este mai mare decât viteza sunetului; - bărcuța va fi antrenată în mișcare de barcă și se va deplasa în aceeași direcție cu barca; - în cazul unui cutremur apar mișcări bruște și violente în scoarța terestră care se transmit la suprafața Pământului; - transportul de energie poate fi realizat fără ca particulele mediului să se deplasează prin întreg mediul probabil de către undă. • Explică cu cuvinte proprii modul de propagare a sunetului(cunoștințe din gimnaziu). Schimb și selecție de idei, discuții frontale. • Descriu cele două mișcări: 1. șocul/impulsul primit de la locomotivă se deplasează de-a lungul șirului de vagoane, în timp ce fiecare vagon se mișcă doar cu câțiva centimetri; 2. energia și impulsul se transmite împreună cu proiectilul în timpul mișcării proiectilului. • Evocă/ exersează realizarea propagării unei perturbații în diferite medii (utilizând o coardă elastică, un resort slab, cu multe spire și un resort din metal). • Descriu cu cuvinte proprii propagarea perturbației în coarda elastică și în resorturile elastice utilizate în activitățile experimentale precedente, completând sau ajustând aceste descrieri cu desene, scheme. • Menționează condițiile de existență ale unei unde mecanice, realizează că toate particulele care pot interacționa sunt susceptibile de a transmite perturbații și conștientizează un lucru esențial - în mediul elastic particulele interacționează prin forțe elastice. • Disting care dintre cele două resorturi reprezintă cu o aproximație mai bună un mediu elastic. • Trag concluzia că <i>unda, nu este o particulă materială</i>, ea reprezintă deplasarea dintr-un loc în altul a unei perturbații. • Alcătuiesc grupuri de lucru așa încât fiecare grup să efectueze alt experiment, asociindu-se în funcție de

provocate în laborator pentru a putea investiga propagarea perturbațiilor în diferite medii elastice: **1.** propagarea unei perturbații într-o coardă elastică; **2.** propagarea unei perturbații în lungul unui resort lung cu multe spire; **3.** propagarea undelor la suprafața apei folosind dispozitivul din laborator.

• **Comunică elevilor criteriile evaluării finale (sumative)**, particularizând competențele programei școlare în raport cu tema de studiat.

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă, eventual, cu accent pe rolurile asumate de elevi, individual sau în grup: documentare, observare în mediul înconjurător, experimentare etc.), cerându-le să planifice verificarea ipotezelor, să extragă informații de tipul „Ce este?”..)

Elaborați un eseu pornind de la următoarele versuri:

„Petale par scoicile
Cum cad pe aproapele
țârm, ca într-un joc,
aduse cu apele.
Unda îngroapă-le,
Valul dezgroapă-le.” (Lucian Blaga)

preferințe; denumesc grupurile de lucru, etc..

• **Proiectează investigațiile** proprii: detaliile desfășurării experimentului, conexiuni/ analogii cu experiențele proprii, distribuie/ asumă sarcini personale pe care le discută cu profesorul (documentare, procurarea materialelor, stabilirea etapelor de lucru etc.), **prezintă clasei** punctele de vedere.

• **Evocă** semnificațiile, accesibilitatea și relevanța criteriilor de evaluare a rezultatelor, în raport cu sarcinile de lucru.

• **Efectuează tema pentru acasă** (aprofundează variantele de răspuns, conexiuni cu experiențele proprii, asumă sarcini de documentare, procurarea materialelor, planificarea etapelor).

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Lecția 2

Competențe specifice (derivate din modelul investigației științifice): 2. Colectarea probelor, analizarea și interpretarea informațiilor.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; de formare a priceperilor și deprinderilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv: analogie cu anticiparea efectului. **Scenariul lecției: experimental.** Elevul reperează o explicație posibilă la întrebare (pe care decide s-o verifice), caută mijloace (cognitive și materiale) care vor permite verificarea, experimentează mijloace (conceptuale sau materiale) și verifică dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Motivează elevii să se angajeze la realizarea sarcinilor de lucru – crează conflicte cognitive stimulând elevii să evalueze informațiilor colectate prin observare: 1. să prezică cum ar putea fi pusă în mișcare, de pe marginea unei piscine, atingând doar suprafața apei, o minge care plutește pe apa liniștită a piscinei, aproape de centrul acesteia. 2. să evidențieze experimental transferul de energie de către o undă utilizând un șir de pendule gravitaționale identice, echidistante, cuplate - șir de bile de oțel identice care se ating, suspendate prin fire de aceeași lungime.	• Reperează o anumită dificultate pe care decid să o corecteze prin realizarea a două experimente demonstrative: 1. Folosesc cuva cu apă din laborator și o bărcuță de hârtie sau dop de plută. Lasă o picătură de apă să cadă în cuvă – se formează valuri care pun în mișcare bărcuța/dopul de plută. Apare întrebarea: De ce bărcuța/mingea nu este antrenată de valuri în sensul propagării? 2. Deplasează din poziția de echilibru prima bilă (pe direcția bilelor) și o lăasă să se miște liber. Formulează observații în legătură cu mișcarea bilelor și sesizează că ciocnirile succesive transmit perturbația de la un capăt la altul al șirului de bile. Apare întrebarea: De ce ultima bilă deviază cu aproximativ același unghi ca și prima bilă, iar bilele intermediare rămân imobile?

- **Propune desfășurarea activităților de explorare-experimentare** pe baza planului (stabilit în ora anterioară) de observare și investigare a unor fenomene ondulatorii provocate în laborator: 1. propagarea unei perturbații într-o coardă elastică; 2. propagarea unei perturbații în lungul unui resort lung cu multe spire; 3. propagarea undelor la suprafața apei folosind dispozitivul din laborator.

- **Oferă elevilor materiale și fișe de activitate experimentală** pentru experimente: fire de oțel de densități liniare diferite, coardă elastică, tub/furtun subțire de cauciuc; resort slab/metal cu multe spire; vibrator electromagnetic, cronometru electronic cu doi senzori C_1 și C_2 , sursă de tensiune alternativă, corpuri M de mase diferite, cuva cu apă, perete despărțitor cu fantă, perete despărțitor cu orificii.

- **Sprijină** reperarea și asumarea sarcinilor de lucru individuale de către elevi, **încurajează** elevii să interacționeze direct unii cu alții, să coopereze în cadrul grupului.

- **Invită elevii să efectueze trei experimente:**

- 1. Investigarea propagării** unei perturbații într-o **coardă elastică** lungă (tub/furtun subțire de cauciuc de 4-5m, **fir de oțel**), tensionată – sarcinile de lucru sunt prezentate în fișa de activitate experimentală.

- 2. Investighează propagarea** unei perturbații într-un **resort lung din metal** (4-5m), cu multe spire, având vopsite cu o culoare (alb) un grup de 2-3 spire alăturate - sarcinile de lucru sunt prezentate în fișa de activitate experimentală.

- 3. Investighează propagarea** perturbațiilor la **suprafața unui lichid** folosind dispozitivul experimental din laborator - sarcinile de lucru sunt prezentate în fișa de activitate experimentală.

- **Evaluează resursele** (ceea ce au aflat, prin tema pentru acasă): filtrează, distilează, compară informațiile obținute, extrag informațiile utile.

- **Organizați în grupurile de lucru** stabilite, elevii:
 - identifică ordinea în care vor efectua experimentele, își asumă rolul în cadrul grupului,
 - discută sarcinile de lucru cu profesorul în vederea înțelegerii acesteia;
 - selectează și organizează corespunzător materialele necesare desfășurării experimentelor;
 - citesc cu atenție instrucțiunile din fișa de activitate experimentală și pun întrebări pertinente profesorului;
 - stabilesc etapele de lucru și efectuează determinări experimentale;
 - se implică activ în rezolvarea sarcinilor de lucru prezentate în fișele de activitate experimentală.

- 1. Investighează** propagarea unei perturbații într-o **coardă elastică** lungă (tub/furtun subțire de cauciuc de 4-5m) tensionată și într-un **fir de oțel** de câțiva metri:

- **observă** propagarea pulsului/perturbației în coardă și în fir;
- **măsoară** pentru diferite tensiuni din fir intervalul de timp în care perturbația străbate o anumită distanță și calculează viteza de propagare a perturbației pe fir;
- **înregistrează** datele rezultate din măsurători în tabelele din fișă;
- **observă** că deschiderea dreptunghiulară nu împiedică perturbația să se propage.

Înregistrează de fiecare dată **observațiile** în fișa de activitate experimentală și **reprezintă printr-un desen** propagarea perturbației.

- 2. Investighează propagarea** unei perturbații într-un **resort din metal**, cu multe spire:

- **observă** o perturbație transversală față de direcția de propagare și pe urmă o perturbație a cărei direcție este aceeași cu direcția de propagare, care se propagă din aproape în aproape în lungul resortului (urmăresc mișcarea grupului de spire vopsit);
- **măsoară distanța** dintre două zone vecine cu densitate maximă de spire, respectiv, două zone vecine cu densitate minimă de spire. Fac mai multe încercări experimentale, modificând frecvența vibratorului;
- **modifică** numărul de spire ale resortului (conform instrucțiunilor din fișa de activitate experimentală) și păstrează frecvența vibratorului constantă. **Înregistrează** de fiecare dată **observațiile**, datele rezultate din măsurători în tabelele din fișă de activitate experimentală și **reprezintă printr-un desen** propagarea perturbației.

- 3. Investighează propagarea** perturbațiilor la **suprafața unui lichid** folosind dispozitivul din laborator:

- **observă** formarea unor valuri circulare concentrice, respectiv, formarea unor valuri liniare paralele, în funcție de forma vibratorului (vârf vibrator sau respectiv riglă vibratoare);
- **observă** că în compartimentul în care se creează

- **Cere elevilor** organizarea, selectarea și prelucrarea datelor observate, comunicarea observațiilor.

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să **construiască** un aparat pentru modelarea propagării perturbațiilor transversale, **să prezinte** sub forma unui *referat științific* fenomene naturale, de exemplu: valurile și tsunami-ul.

perturbațiile se formează valuri circulare concentrice, respectiv, valuri liniare paralele în funcție de forma vibratorului (vârf vibrator sau respectiv riglă vibratoare), dar în celălalt compartiment se formează valuri circulare care pleacă din dreptul orificiului/orificiilor practicate în peretele despărțitor.

Înregistrează aceste observații în fișa de activitate experimentală și reprezintă prin desene undele circulare/liniare obținute pe suprafața apei în situațiile observate.

- **Organizați în grupurile de lucru stabilite**, elevii constată, organizează și interpretează datele, comunică observațiile:

1. Pe coarda elastică sau pe **firul de oțel** direcția de oscilație este perpendiculară pe direcția de propagare. Viteza de propagare a perturbației pentru un fir dat este constantă și depinde de tensiunea din fir și de densitatea liniară a firului.

Toate punctele unei corzi elastice oscilează în același plan.

2. În lungul unui resort direcția de oscilație poate fi perpendiculară pe direcția de propagare sau poate coincide cu direcția de propagare.

Grupul de spire vopsit nu se deplasează de la un capăt la altul al resortului – nu există transport de materie – fiecare spiră vibrează slab în jurul poziției inițiale fără a fi transportată de la un capăt la altul al resortului.

Distanța dintre două zone vecine cu densitate maximă de spire și respectiv două zone vecine cu densitate minimă de spire depinde de frecvența vibratorului și de proprietățile mediului de propagare a undei.

3. Forma undelor obținute pe **suprafața apei** depinde de forma vibratorului: un vârf vibrator - unde circulare, iar riglă vibratoare - unde liniare.

Oricare ar fi forma undelor create de vibrator în primul compartiment, aspectul undelor în cel de-al doilea compartiment este același - unde circulare.

- **Efectuează tema pentru acasă :**

- **proiectează cercetările proprii:** imaginează detalii ale aparatului de realizat, se documentează, procură materiale, stabilesc etapele de lucru etc.; prezintă clasei punctele de vedere;
- se documentează și realizează un referat științific.

Secvența a III-a. Reflecție-explicare

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Lecția 3

Competențe specifice (derivate din modelul investigației științifice): 3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor de comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv: inducție. **Scenariul lecției: inductiv.** Elevul sintetizează probele colectate, distinge exemple ale conceptului de învățat, elaborează explicații, definiții/ reguli de producere a fenomenului pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemplu ale conceptului (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare
	Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Invită elevii să sintetizeze observațiile etapei de explorare, să generalizeze, să formuleze	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: - analizează rezultatele activității de explorare;

concluzii pe baza observațiilor, constatărilor făcute.

- **Esențializează observațiile** făcute de elevi cu privire la propagarea perturbațiilor:

- propagarea perturbațiilor, indiferent de mediu nu este însoțită de transport de substanță, ea presupune întotdeauna transport de energie;
- mișcarea particulelor mediului în care se propagă o undă mecanică, ca efect al unei perturbații, poate fi pe direcția de propagare a undei – *undă longitudinală*, perpendicular pe aceasta – *undă transversală*, sau complexă rezultată din suprapunerea primelor două;
- undele transversale sunt liniar polarizate;
- viteza de propagare a undelor nu depinde decât de proprietățile fizice ale mediului de propagare;
- o perturbație oscilatorie se poate propaga într-un mediu elastic, omogen și izotrop, sub formă de: unde unidirecționale pe o direcție dată (coardă, resort), unde superficiale (pe suprafața apei, la suprafața unei foi metalice subțiri), unde spațiale (în aer, apă, solide);
- prin suprapunerea mai multor unde circulare apar unde liniare;
- unda liniară poate fi descompusă în unde circulare.

- **Cere elevilor** să simplifice, să abstractizeze/idealizeze, **să distingă reguli, modele** în datele colectate care să descrie propagarea perturbațiilor.

- **Sprijină și încurajează** elevii să definească noțiunile noi, să clasifice, să-și dezvolte gândirea inductivă, cauzală:

- **Cere elevilor** să reactualizeze mărimile fizice specifice oricărui proces oscilatoriu (T , v , ω , A , y).

- **Sprijină elevii să definească** mărimile fizice specifice propagării undelor: lungimea de undă, λ , viteza de fază, v , **să stabilească** formula și să identifice factorii de care depinde lungimea de undă.

- **Cere elevilor să analizeze rezultatele activității** de explorare prezentate în fișele de

analizează datele credibile (ce date păstrăm, ce date eliminăm?), argumentează alegerile; raportează observațiile pe care le înregistrează și **formulează concluzii** pe baza observațiilor:

1. Deoarece dopul de plută nu se deplasează odată cu propagarea undei ci doar oscilează vertical când este atins de undă, rezultă că trecerea undei nu produce nici un transport de materie de la un punct la altul al apei.

2. Deoarece șirul de bile nu este deplasat în timpul propagării perturbației, aceasta presupune doar transfer energetic de la o bilă la alta și nu transport de substanță, iar deoarece ultima bilă deviază mai târziu decât prima bilă aceasta presupune că propagarea perturbației nu s-a produs instantaneu.

3. În coarda elastică tensionată/firul elastic tensionat s-au propagat unde transversale. Viteza de propagare a acestor unde depinde de proprietățile firului. Toate punctele firului oscilează într-un plan perpendicular pe direcția de propagare a undei.

4. În lungul unui resort elastic s-au propagat atât unde transversale cât și unde longitudinale.

5. Forma undelor obținute pe suprafața apei depinde de forma sursei de oscilații.

Sursele de oscilații pentru undele obținute în al doilea compartiment *par* să fie orificiile practice în peretele despărțitor.

- **Disting reguli, modele** în datele colectate:

- propagarea perturbațiilor, indiferent de mediu – solid, lichid, gaz – nu este însoțită de transport de substanță dar este întotdeauna transport de energie;
- viteza de propagare a undelor nu depinde decât de proprietățile fizice ale mediului de propagare;
- coarda elastică/firul elastic sau un sistem de pendule gravitaționale cuplate poate fi un model de mediu elastic pentru propagarea undelor transversale;
- resortul elastic poate fi un model de mediu elastic atât pentru propagarea undelor transversale cât și pentru propagarea undelor longitudinale;
- șirul de bile de oțel identice cuplate poate fi un model de mediu elastic care pune în evidență transferul de energie prin undă.

- **Definesc și reprezintă** prin desene, scheme, ajutați de profesor: sursa de oscilație, raza de undă, vectorul de oscilație, punctele de fază egală, suprafețele de undă, frontul de undă.

- **Intuiesc** o observație importantă: numărul suprafețelor de undă este infinit, dar există un singur front de undă.

- **Stabilesc** factorii de care depinde forma suprafețelor/fronturilor de undă.

- **Formulează** criteriile de clasificare a undelor și identifică tipurile de unde conform acestor criterii.

- **Prezintă** corect definițiile, unitățile de măsură, relațiile dintre mărimile fizice cerute.

- **Analizează** cu atenție definițiile date pentru lungimea de undă și viteza de fază și selectează acea definiție care permite stabilirea unei relații între cele două mărimi.

- **Stabilesc** relația și arată că lungimea de undă este determinată de doi factori: perioada T și viteza de fază v .

- **Analizează rezultatele activității de explorare** prezentate în fișele de activitate experimentală (prin

activitate experimentală și să identifice lungimea de undă în fiecare caz.

- **Stimulează elevii să reformulează observațiile** din etapa de explorare-experimentare și să propună explicații sub forma unor generalizări(inducții):

- caracterizarea undelor unidimensionale transversale respectiv unde longitudinale;
- compararea modificărilor mediului când în acesta se propagă unde transversale respectiv unde longitudinale.

- **Prezintă** elevilor formulele pentru viteza de propagare a undelor transversale într-un mediu solid(exemplu-coardă) și respectiv viteza de propagare a undelor longitudinale într-un mediu elastic.

- **Cere elevilor** să analizeze aceste formule, informațiile rezultate din activitățile de explorare-experimentare și să formuleze concluzii.

- **Invită elevii** să simplifice și să exprime ceea ce au observat în activitatea de explorare-experimentare - **propune** reluarea activității prin care se pune în evidență experimental adevărul conținut în principiul lui Huygens pentru undele circulare și undele liniare.

- **Ajută elevii** să formuleze un enunț posibil pentru principiul lui Huygens.

- **Propune analizarea cu ajutorul unui soft educațional** a mecanismului propagării undelor din aproape în aproape – indicând modalitățile de construire a suprafețelor de undă la un moment ulterior.

- **Încurajează** elevii să formuleze un enunț final pentru principiul lui Huygens.

- **Revine la întrebarea de investigat:** *Cum se poate transfera energie și impuls într-un mediu, fără a implica și transportul unei cantități de substanță?* și cere elevilor să **formuleze o explicație** a fenomenului observat în urma activității în clasă și în afara orelor de clasă.

desene) și identifică lungimea de undă în fiecare caz.

- **Reformulează observațiile** din etapa de explorare-experimentare și propun explicații sub forma unor *generalizări (inducții)*:

1. **Unda transversală** - punctele materiale ale mediului elastic oscilează pe direcții perpendiculare pe direcția de propagare; o modelare a unei mecanice transversale poate fi un lanț de oscilatori cuplați – prezintă desene; undele transversale se pot propaga numai în medii solide– explică pe desene; unda transversală este polarizată în planul în care oscilează sursa.

2. **Unda longitudinală** - punctele materiale ale mediului elastic oscilează pe aceeași direcție cu direcția de propagare; o modelare a unei mecanice longitudinale poate fi un resort lung spiralat – prezintă desene; undele longitudinale nu sunt polarizate; undele longitudinale se pot propaga în medii solide, lichide, gazoase.

- **Analizează formula** pentru viteza de propagare a unei transversale într-o coardă, informațiile rezultate din activitățile de explorare-experimentare și formulează concluzia: această viteză depinde de tensiunea (forța elastică) T din coardă/fir, și de masa unității de lungime a acesteia $\mu=m/l$.

- **Analizează formula** pentru viteza de propagare a unei longitudinale într-un mediu elastic, informațiile rezultate din activitățile de explorare-experimentare și ținând cont de expresia lungimii de undă formulează concluzia: viteza de propagare a unei longitudinale depinde de proprietățile elastice ale mediului prin modulul lui Young, E și de densitatea mediului de propagare, ρ .

- **Reiau** experimentul pentru punerea în evidență a fronturilor de undă folosind peretele despărțitor prevăzut cu orificii și **reformulează explicațiile** pentru obținerea undelor circulare în spatele peretelui despărțitor: deoarece dincolo de perete se obțin unde circulare *se poate presupune* că toate punctele de pe frontul de undă care ajunge la perete devin surse de unde secundare circulare.

- **Elaborează un prim enunț** general în legătură cu principiul lui Huygens: orice punct de pe frontul de undă poate fi considerat ca sursa unor unde sferice secundare(elementare).

- **Utilizează** softul educațional care simulează construirea frontului de undă la un moment dat, pornind de la frontul de undă la un moment anterior, atât pentru undele sferice cât și pentru undele plane.

- **Observă** că noul front de undă este înfășurătoarea undelor secundare – suprafața comună tangentă acestor unde.

- **Reformulează** enunțul principiului lui Huygens: orice punct de pe frontul de undă poate fi considerat ca sursa unor unde sferice secundare(elementare). Înfășurătoarea tuturor undelor elementare constituie noul front de undă.

- „**Acum știi cum se poate transfera energie și impuls într-un mediu** – prin mișcare oscilatorie!”

- **Reformulează concluzii** referitoare la transferul de energie de către o undă: se poate transmite energie la distanță prin mișcare oscilatorie, transmitere ce se face prin trecerea ei prin toate punctele mediului elastic, din

- **Explică** transferul energiei prin unde analizând energetic acest proces.
- **Definește** **puterea emisă** de sursă sau **fluxul de energie emis**.

Din punct de vedere energetic unda este caracterizată printr-o mărime fizică numită **intensitate**.

- **Definește** *intensitatea undei* sau *densitatea de flux de energie* și cere elevilor să indice semnificația mărimilor fizice care intervin în formula de definiție a intensității.

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să răspundă la întrebări, să se documenteze în legătură cu *Unda de șoc* și să identifice principalele etape ale dezvoltării fizicii prin intermediul contribuției lui Huygens. Reamintește elevilor că au primit ca temă elaborarea unei fișe document – *Documentar Huygens* – care trebuie să cuprindă printre altele și importanța acestui principiu.

aproape în aproape; transferul energiei nu este însoțit însă și de transfer de substanță(exceptând mișcarea oscilatorie) nu se produce o deplasare a punctelor mediului pe direcția de propagare a undei.

- **Urmăresc** cu atenție explicațiile profesorului, pun întrebări pertinente și indică semnificația mărimilor fizice care intervin în formula de definiție a intensității.

- **Efectuează tema pentru acasă:**

1. De ce credeți că lipind urechea de șina de cale ferată se poate afla cu câteva minute mai devreme, decât anunță propria sirenă, când sosește trenul?
2. De ce sunetele unei sonerii în funcțiune nu se aud dacă soneria este plasată sub clopotul unei pompe de vid?
3. De ce undele transversale se pot propaga numai în solide, iar undele longitudinale se pot propaga în toate corpurile, solide, lichide sau gazoase?
4. Analizează textul următor, documentează-te suplimentar și comentează ideile noi cu colegii sau cu profesorul de fizică!

Unda de șoc

Dacă o sursă de unde se deplasează cu o viteză mai mare decât viteza de fază a undelor de presiune formate în aer (de exemplu un avion supersonic), apar în fiecare punct unde sferice care au frontul de undă pe un con în al cărui vârf se află avionul, cu generatoarea tangentă la undele formate.

5. Documentar Huygens –identificarea principalelor etape ale dezvoltării fizicii prin intermediul contribuției lui Huygens.

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Lecția 4

Competențe specifice (derivate din modelul investigației științifice): 4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv: deducție sau particularizare. **Scenariul lecției: deductiv.** Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit, o regulă/o explicație a conceptului, creează exemple particulare care convin acestei definiții/ reguli și explicitează caracteristici ale exemplurilor care sunt sau nu sunt conforme cu definiția/ regula. (G, Meyer, 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Stimulează o nouă direcție de abordare pentru explicarea transferului de energie prin unde și înlesnește sesizarea diferenței dintre transferul energetic prin unda plană și transferul energetic prin unda sferică. • Cere elevilor să arate că intensitatea undei printr-o porțiune a unei suprafețe de undă este direct proporțională cu pătratul amplitudinii oscilatorilor de pe această porțiune.	• Îndrumați de profesor și folosind noțiunile indicate de acesta, elevii stabilesc dependența intensității undei de pătratul amplitudinii oscilațiilor, reformulează și completează explicațiile despre modul în care energia poate fi transferată în procesul de propagare: - sesizează că energia transportată de frontul de undă se distribuie uniform între oscilatorii săi, iar energia unui oscilator este proporțională cu pătratul amplitudinii oscilațiilor;

- **Propune elevilor** să folosească pentru a explica modul în care energia poate fi transferată în procesul de propagare noțiunile deja cunoscute: unda plană, unda sferică, frontul de undă, intensitatea undei și energia unui oscilator liniar armonic.

- **Invită elevii să explice** rolul modelului în fizică, să dea exemple de modele și să **caracterizeze modelul undei plane**.

- **Oferă elevilor** ocazia să-și dezvolte independent ideile, propunându-le stabilirea ecuației undei plane necesară descrierii propagării stării de mișcare într-un mediu cu proprietăți elastice:

- identificați condițiile în care poate lua naștere o undă plană;

- scrieți legea de oscilație pentru oscilatorii din sursa undelor plane și legea de oscilație pentru alte puncte situate la distanța x față de sursă, care vor începe să oscileze mai târziu;

- țineți cont de faptul că perturbația s-a propagat din aproape în aproape, cu viteza finită v în timpul $\Delta t = x/v$;

- folosiți relațiile dintre ω , v , T , λ și găsiți ecuația care descrie mișcarea de oscilație a tuturor punctelor din mediu până la care a ajuns frontul de undă.

- **Sprijină elevii** să-și dezvolte gândirea deductivă și să analizeze unda plană ca un fenomen cu dublă periodicitate identificând perioada temporală și „perioada” spațială și stabilind legătura dintre cele două perioade.

- **Evidențiază importanța undei plane** – este cheia înțelegerii tuturor undelor, **modelul undei plane** permite identificarea esenței proceselor ondulatorii (propagare, periodicitate spațială și temporală), evitând, pentru moment, complicațiile proceselor ondulatorii reale (amortizare, răspândire etc.), oferă posibilitatea studierii oricărei situații reale.

- **Cere elevilor** să explice transferul energetic în acest model:

- energia emisă de sursă într-o perioadă este cuprinsă între două suprafețe de undă consecutive distanțate cu o lungime de undă λ .

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă) și cere elevilor:

1. să demonstreze relația dintre diferența de fază și diferența de drum dintre doi oscilatori ai

- **demonstrează** dependența intensității undei de pătratul amplitudinii oscilațiilor;

- **în cazul undei plane** numărul de oscilatori de pe o regiune oarecare a frontului de undă rămâne același în timpul propagării undei, energia transmisă fiecărui oscilator este aceeași, deci și amplitudinea de oscilație este aceeași pentru toate punctele la care ajunge frontul de undă;

- **în cazul undei sferice** frontul de undă este o sferă a cărei suprafață crește în timpul propagării – corespunzător numărul de oscilatori de pe frontul de undă crește în timp, energia care revine fiecărui oscilator scade pe măsură ce unda se propagă, efectul fiind micșorarea amplitudinii undei pe măsura îndepărtării de sursă.

- **Explică rolul unui model în studierea fenomenelor fizice** (modelul punctului material, modelul oscilatorului liniar armonic, etc.).

- **Caracterizează unda plană** ca fiind o undă care se propagă pe o singură direcție, cu amplitudine constantă și **sesizează limitele acestui model**.

- **Se concentrează** asupra sarcinii de rezolvat și **se implică activ** în rezolvarea acestei sarcini:

- identifică în condiții se poate considera că o undă este plană: într-un mediu omogen și nedisipativ se află o sursă plană de oscilații armonice, amplitudinea de oscilație a tuturor punctelor din mediul elastic respectiv este aceeași cu a sursei de oscilații;

- scriu legea de oscilație pentru un punct O aparținând sursei plane, alegând momentul de referință în acest punct;

- scriu legea de oscilație pentru un punct P situat la distanța x față de sursă, care va începe să oscileze mai târziu;

- utilizează relațiile indicate de profesor și găsesc ecuația mișcării oscilatorii armonice a unui punct oarecare P din mediu până la care a ajuns frontul de undă la momentul t .

- **Completează** observațiile referitoare la ecuația undei plane - ea exprimă elongația unui punct, aflat pe direcția de propagare în funcție de două variabile (x, t).

- **Deduc** semnificația dependenței elongației de fiecare dintre variabile considerând cealaltă variabilă ca fiind parametru:

- pentru parametrul t dat, variind pe x se obține aspectul spațial al elongațiilor punctelor aflate pe direcția de propagare la un moment dat;

- pentru parametrul x fixat, se obține legea de oscilație a oricărui punct aflat la distanța x .

- **Constată** că funcția $y(x, t)$ este periodică în timp cu perioada de oscilații T și în spațiu, cu o „perioadă” egală cu lungimea de undă λ .

- **Sesizează** că amplitudinea și frecvența se conservă în decursul propagării perturbației, prin suprafețele de undă plane, intensitatea undei (densitatea de energie) rămâne constantă dacă mediul este ideal (nedisipativ și omogen).

- **Efectuează tema pentru acasă:**

1. Exprimă defazajului dintre doi oscilatori aflați pe aceeași rază de undă, la același moment t dar la distanțe diferite de sursa de oscilație, în funcție de diferența de

mediului la un moment dat;

2. să stabilească condițiile ca punctele de pe direcția de propagare să oscileze în fază, respectiv, în opoziție de fază.

- **Implică elevii** în conceperea raportului final, și **extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă): cere elevilor să întocmească un scurt raport scris privind rezultatele investigațiilor proprii; avansează idei privind structura și conținutul raportului prezentat de elevi.

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă și invită elevii** să prezinte **portofoliul** realizat de aceștia pe parcursul unității de învățare pentru a fi evaluat în secvența a V-a a unității de învățare.

drum.

2. Găsesc condițiile cerute și formulează concluzii.

- **Negociază** în grup **conținutul și structura** raportului final, convin **modalitatea de prezentare** (construcții, referat, eseu, poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.);

- **Întocmesc un scurt raport** (oral, scris) privind rezultatele investigațiilor proprii, consecințe ale explicațiilor găsite.

- **Asumă roluri** în grupul de lucru, **tipul de produs** care va fi prezentat (construcții de dispozitive, lucrări de laborator, demonstrații/ determinări experimentale, rezolvare de probleme din culegeri, eseu, lucrări plastice și literare etc.), convin **modul de prezentare** (planșe, postere, portofolii, prezentări PowerPoint, filme și filmări proprii montate pe calculator etc.).

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Lecția 5

Competențe specifice (derivate din modelul investigației științifice): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc.; de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor; de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv: analogie cu anticiparea mijloacelor. **Scenariul lecției: empiric.** Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Cere elevilor să determine experimental lungimea de undă și viteza de propagare a unei transversale în fire de oțel de lungimi și densități liniare diferite, respectând condițiile cerute în fișa de activitate experimentală (1. se menține constantă tensiunea la care este supus firul și modifică frecvența sursei emițătoare de unde; 2. se menține constantă frecvența sursei emițătoare de unde și modifică tensiunea la care este supus firul) - lucrare de laborator. • Implică elevii în prezentarea și evaluarea raportului final, vizând competențe: cognitive (operarea cu noțiunile înșușite); estetice (tehnică, design, editare); antreprenoriale (inovația, execuția și realizarea); sociale (cooperarea cu alți elevi, profesori, experți); de comunicare	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: - efectuează(reiau cu completări) experimentul în condițiile cerute în fișa de activitate experimentală; - măsoară în fiecare caz <i>intervalul de timp</i> în care perturbația străbate o anumită <i>distanță d</i>; - calculează viteza de propagare a perturbației folosind valorile experimentale; - înregistrează de fiecare dată frecvența sursei emițătoare de unde și calculează tensiunea din fir; - calculează viteza de propagare a perturbației folosind formula pentru viteza de propagare a unei transversale; - calculează în fiecare caz lungimea de undă; - compară valorile obținute pentru viteza de propagare a perturbației determinate în cele două moduri; - înregistrează datele în tabele; - interpretează rezultatele, identifică sursele de erori și calculează erorile; - realizează și prezintă referatul lucrării de laborator. • Expun produsele realizate și prezintă în fața clasei rapoartele de lucru. • Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, întâlniri cu responsabili ai administrației locale și altele.

(folosirea judicioasă a informațiilor);
metacognitive (distanțare critică față de propria
lucrare, urmărirea obiectivelor propuse,
autoevaluarea progresului, rectificarea necesară)
etc.;

• **Evaluare sumativă finală**, precizând
instrumentele (testare scrisă sau verificare orală,
proiecte, portofoliul - teme efectuate acasă/ în
clasă etc.) și criteriile de evaluare formulate pe
baza competențelor specifice selectate din
programa școlară;

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de
clasă** (ca temă pentru acasă, acțiuni colective în
afara clasei, legături cu teme/proiectele viitoare
etc.).

Bibliografie

- (1) ** *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*, Center for Science, Mathematics, and Engineering Education, The National Academies Press, Washington 2000;
- (2) Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
- (3) Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
- (4) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
- (5) Anthony Cody, <http://tlc.ousd.k12.ca.us/~acody/density1.html>;
- (6) David S. Jakes, Mark E. Pennington, H. A. Knodle, www.biopoint.com;
- (7) Marilyn Martello, <http://mypages.iit.edu/~smile/ph9613.html>;
- (8) <http://teachers.net/lessons/posts/1.html>;
- (9) <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
- (10) http://www.teach-nology.com/teachers/lesson_plans/science/physics/
- (11) Manuale alternative:
 - Rodica Ionescu-Andrei, Cristina Onea, Ion Toma, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Grup Editorial ART, București, 2007
 - George Enescu, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura BIC ALL, București, 2002
 - Dorel Haralamb, Seryl Talpalaru, Gabriel Negrea, Constantin Rus, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Polirom, București, 2001
 - Constantin Mantea, Mihaela Garabet, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura BIC ALL, București, 2006
 - Mircea Rusu, Mircea Nistor, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Corint, București, 2006
 - Mihai Popescu, Valerian Tomescu, Smaranda Strazzaboschi, Mihai Sandu, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura LVS crepuscul, București, 2006

Unitatea de învățare: XI.6

Reflexia, refracția și difracția undelor mecanice. Unde seismice

sau

„Reflexie, refracție, difracție, unde seismice”

sau

„Ceea ce vedem nu este ceea ce pare -

Suprafețele de discontinuitate pot schimba direcția de deplasare a undelor.

Pământul se cutremură tot timpul!”

sau

„Propagarea undelor în locuri de discontinuitate, în locuri în care proprietățile mediului se schimbă brusc”

Bratu Rodica

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 6

Conținuturi repartizate unității de învățare: 1.3.3. Reflexia și refracția undelor mecanice.

1.3.7. (*) Difracția undelor mecanice. 1.3.4. Unde seismice. 1. Reflexia și refracția undelor mecanice. Legile reflexiei și refracției 2. Reflexia și refracția undelor superficiale 3. Reflexia și refracția undelor într-o coardă elastică 4. Difracția undelor mecanice – studiu calitativ 6. Producerea și propagarea undelor seismice 7. Protecție antiseismică (Programa de fizică pentru clasa a XI-a).

Modelul de învățare asociat: EXERCITIUL

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Prezentarea modelului (conceptual, procedural) de exersat.
II. Explorare - Experimentare	2. Identificarea/ analiza componentelor/ secvențelor modelului de exersat.
III. Reflecție - Explicare	3. Compararea cu modelul original.
IV. Aplicare - Transfer	4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor. 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele exercițiului** (reprezentând competențe specifice), ca o succesiune de lecții determinate de „cerința formării unei deprinderi complexe” (Cerghit, I. ș.a., 2001), învățarea plecând de la prezentarea modelului de însușit (*sinteza inductivă a principiilor unei teorii*) și progresând odată cu etapele formării unui „model real” al deprinderii (*dezvoltarea deductivă a consecințelor sistemului de principii*). Procesul cognitiv central este *deducția* sau *particularizarea*. Interesul elevilor pentru noțiunile temei poate fi declanșat de mai multe situații-problemă: „În pădure este greu să definim direcția de unde vine sunetul. Un înotător sub apă nu va auzi aproape niciodată ce i se strigă de pe mal. În zilele călduroase de vară la amiază, audibilitatea este mai scăzută, iar seara audibilitatea este mai bună. La o explozie, într-o casă se sparg nu numai geamurile ferestrelor din partea îndreptată spre explozie, ci și cele din partea opusă. Traiectoriile urmate de undele seismice sunt curbe cu concavitatea spre suprafața terestră.”

Pe parcurs, gândirea elevilor se dezvoltă către distincția dintre reflexie, refracție și difracție, către faptul că *suprafețele de discontinuitate pot schimba direcția de propagare a undelor*. În cazul unui cutremur de pământ, energia acumulată se eliberează brusc și radiază în exterior sub forma unor unde seismice, uriașa perturbare rezultată se propagă în toate direcțiile *cutremurând întregul Pământ!* Undele produse de cutremure în propagarea lor, pe diverse trasee prin interiorul Pământului, în urma reflexiilor și refracțiilor suferite la suprafețele de discontinuitate care separă diferitele diviziuni ale interiorului globului pământesc, permit descifrarea structurii interne a Pământului.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știu sau cred eu despre asta?*

Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 1. Prezentarea modelului (conceptual, material, procedural) de exersat;

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); lecție de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *planificare sau anticipare*. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat până la rezultatul dorit (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului

Sarcini de învățare

Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):

- **Metoda de organizare a activității de învățare:** *prelegere intensificată*. 1. **Activitatea pregătitoare:** comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. **Partea I a prelegerii;** 3. **Confruntarea cu răspunsurile elevilor:** *La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?*; 4. *Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.*
- **Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă):** *conceptul ce urmează a fi predat: propagarea undelor la limita de separație dintre două medii omogene cu proprietăți diferite, la întâlnirea obstacolelor de diferite forme și dimensiuni.*
 - Pentru a trezi curiozitatea și interesul elevilor propune rezolvarea unor *situații problemă* edificatoare: *Un înotător sub apă nu va auzi aproape niciodată ce i se strigă de pe mal. În timpul furtunilor cu descărcări electrice, tunetele produse în apropierea suprafeței terestre sunt percepute ca fiind mai ascuțite decât cele venite de la distanță mai mare. Bufnițele pot comunica la distanțe mai mari decât celelalte păsări. Undele seismice sosind la suprafață, dezvăluie secretele din adâncul inimii Pământului”, etc.*
- **Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere** cu privire la sarcinile de efectuat (reflexie, refracție, **norme de protecția muncii în laborator** etc.);
- **Comunică scopul prelegerii:** explicarea *propagării* undelor la suprafața de separație dintre două medii omogene – termenilor de reflexie și refracție a undelor; explicarea *propagării* undelor la întâlnirea obstacolelor de diferite forme și dimensiuni – termenului de difracție a undelor (desene/soft educațional).
- **Cere elevilor să argumenteze:** cum se modifică în cazul unei plane, direcția de propagare la întâlnirea unei suprafețe plane de separație dintre două medii omogene în care viteza de propagare a undei este diferită și la întâlnirea unui paravan plan în care este practică o fantă.
- **Definește (operațional)** fenomenul de *reflexie* a undelor și **cere elevilor** să descrie și să reprezinte printr-un desen *elementele reflexiei*.
- **Evocă** observații proprii referitoare la diferența dintre propagarea undelor într-un mediu omogen și fenomenele care se petrec când undele întâlnesc suprafața de separație dintre medii omogene diferite sau când undele întâlnesc obstacole de diferite forme și dimensiuni și **comunică răspunsurile** în clasă (explicații neștiințifice).
- **Formulează ipoteze (răspunsuri)** la *situațiile problemă* prezentate de profesor (explicații neștiințifice).
- **Prezintă corect** fenomenele de reflexie și refracție a luminii, clasa a IX-a: definiții, legi, desene (explicații științifice).
- **Descriu** diferite exemple de fenomene de reflexie și refracție a luminii întâlnite în natură și tehnică.
- **Evocă** (în perechi) aprecierile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe desene reprezentând schematic fenomenele de reflexie, refracție, difracție – modele):
 - când unda plană *întâlnește suprafața plană de separație* dintre două medii omogene în care viteza de propagare a undei este diferită, unda suferă un *dublu fenomen*: o parte din ea *se întoarce* în mediul în care se află sursa de oscilații, iar cealaltă parte *traversează* suprafața de separație și trece în celălalt mediu – *explică* pe desene;
 - când unda plană *întâlnește un paravan* plan în care este practică o fantă, unda *se poate abate* de la direcția inițială de propagare și *se propagă în spatele* paravanului – *explică* pe desene.
- **Formulează** (în perechi) aprecierile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând schematic fenomenul de reflexie): **identifică suprafața plană de separație** dintre două

- **Definește (operațional)** fenomenul de *refracție* a undelor și **cere elevilor** să descrie și să reprezinte printr-un desen *elementele refracției*.

- **Definește (operațional)** fenomenul de *difracție* a undelor și **cere elevilor** să descrie și să reprezinte printr-un desen, pentru o undă plană, *forma frontului de undă* din spatele unui paravan în care este practică o fantă în funcție de lărgimea fantei.

- **Cere elevilor** să realizeze un bilanț al felului:
 - cum se modifică direcția și sensul de propagare al unei plane prin reflexie, refracție și difracție;
 - cum variază frecvența și lungimea de undă prin reflexie, refracție și difracție.

- **Comunică elevilor** ideea că: direcția de deplasare a undelor poate fi modificată prin fenomenele de reflexie și de refracție, iar difracția determină undele să ocolească obstacolele și le împrăștie diferit în spatele unor orificii; **cere elevilor să construiască**, utilizând ceea ce știu deja despre reflexia și refracția luminii, despre dependența vitezei de propagare a undelor elastice de proprietățile mediului și folosind principiul lui Huygens:
 - *reflexia undelor plane pe suprafețe plane/curbe* (convexe/concave);
 - *refracția undelor plane pe suprafețe plane/curbe* (convexe/concave), care separă două medii omogene diferite;
 - *difracția undelor superficiale pe obstacole liniare* de diferite dimensiuni – forma fronturilor de undă după obstacol.

- **Îndrumă** elevii *să stabilească* dacă fenomenul de reflexie totală este posibil și în cazul undelor mecanice.

medii omogene și izotrope în care unda are viteze de propagare diferite, direcția de propagare a unei incidente și a unei reflectate, normala în punctul de incidență, planul de incidență, unghiul de incidență, unghiul de reflexie.

- **Formulează** (în perechi) aprecierile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând schematic fenomenul de refracție): **identifică** *suprafața plană de separație dintre două medii omogene și izotrope în care unda are viteze de propagare diferite, direcția de propagare a unei incidente și a unei refractate, normala în punctul de incidență, planul de incidență, unghiul de incidență, unghiul de refracție.*

- **Formulează** (în perechi) aprecierile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând schematic fenomenul de difracție): dacă fanta este mare frontul de undă plan se propagă fără modificări în spatele paravanului, iar dacă fanta este mică frontul de undă în spatele paravanului devine sferic, **sesizează** că *reducerea dimensiunilor fantei evidențiază mai bine fenomenul.*

- **Formulează** (în perechi) aprecierile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe desene reprezentând schematic fenomenele de reflexie, refracție, difracție):

- *reflexia* se face cu schimbarea direcției și sensului de propagare, iar *refracția și difracția* se face cu schimbarea direcției de propagare;

- prin *reflexie* nu se modifică frecvența, lungimea de undă și viteza de propagare a unei;

- prin *refracție* nu se modifică frecvența dar se modifică lungimea de undă și viteza de propagare a unei;

- prin *difracție* nu se modifică frecvența, iar dacă cele două medii de propagare sunt identice unda difractată are aceeași viteză de propagare și lungime de undă cu unda incidentă.

- **Formulează** (în perechi) ideile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe desene reprezentând schemele geometrice ale fenomenelor de reflexie, refracție, difracție): prin analogie cu *reflexia și refracția luminii*, știind că viteza de propagare a undelor elastice depinde de densitatea mediului și aplicând principiul lui Huygens:

- **construiesc** direcțiile de propagare ale undelor plane reflectate pe suprafețe plane/convexe/concave folosind reflexia luminii pe oglinzi plane/convexe/concave;

- **construiesc** direcțiile de propagare ale undelor plane refractate pe suprafețele plane/convexe/concave care separă două medii omogene diferite folosind refracția luminii pe dioptrul plan/sferic (reperează o dificultate);

- **construiesc** fronturile de undă în cazul difracției pe obstacole liniare, folosind principiul lui Huygens (reperează o dificultate).

- **Formulează** (în perechi) aprecierile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, pe desene): fenomenul de reflexie totală *pare să fie posibil* și în cazul undelor mecanice dacă undele trec dintr-un mediu în care viteza de propagare este mai mică/mare într-un mediu în care viteza de propagare este mai mare/mică (reperează o

• **Cere elevilor** să rezume ideile și constatările de până acum, având în vedere că:

- reflexia și refracția undelor mecanice are loc după aceleași legi ca și reflexia și refracția luminii;

- viteza de propagare a undelor elastice depinde de proprietățile mediului prin care se propagă undele;

• **Identifică preconcepțiile** elevilor cu privire la temă (explicații neștiințifice).

• **Implică** elevii în conceperea **portofoliului propriu, util evaluării finale**, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse;¹⁰

• **Consultă** elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili **un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor** (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare)¹¹;

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă), cerându-le să se documenteze și să descrie, de exemplu: producerea ecoului/ reverberației, funcționarea sonarului, faptul că undele sonore nu se propagă în linie dreaptă prin atmosferă, faptul că există unele situații în care se poate auzi vorbindu-se fără a fi văzuți.

dificultate).

• **Formulează** (în perechi) ideile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă):

- suprafețele plane/convexe/concave reflectă undele plane la fel ca și oglinzile plane/convexe/concave;

- refracția undelor plane pe suprafețe plane/convexe/concave are loc la fel ca și refracția luminii pe dioptrul plan/sferic (în cazul în care $v_1 > v_2$ unda refractată se depărtează/apropie de normală, iar dacă $v_1 < v_2$ unda refractată se apropie/depărtează de normală - răspuns nesigur).

• **Identifică** produse pe care ar dori să le realizeze și **evaluează** resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.

• **Negociază** cu profesorul conținutul și structura portofoliului, **convin** modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.).

• **Evocă** semnificațiile, accesibilitatea, relevanța criteriilor de evaluare a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele.

• **Efectuează tema pentru acasă** - având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.), lucrând în grupe/ individual și consultând diferite surse bibliografice indicate pentru realizarea temei.

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 2. Identificarea/analiza componentelor/ secvențelor modelului de exersat;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea mijloacelor; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea efectului*. Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

¹⁰ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Esau literar/ plastic pe temele studiate etc.

¹¹ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

Lecția 2

Rolul profesorului

Sarcini de învățare

Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):

- **Metoda de organizare a activității de învățare:** prelegere intensificată. **1. Activitatea pregătitoare:** comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; **2. Partea I a prelegerii;** **3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor:** *La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?*; **4. Prelegerea continuă**, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.
- **Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute;** **stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze** informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă.
- **Vizează cunoștințele anterioare** ale elevilor, *preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere* cu privire la sarcinile de efectuat (reflexia, refracția, difracția undelor sonore, etc.).
- **Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției):** studierea experimentală a *propagării undelor* la limita de separație dintre două medii omogene cu proprietăți diferite, la întâlnirea obstacolelor de diferite forme și dimensiuni; **norme de protecția muncii în laborator**.
- **Revine** la activitatea experimentală cunoscută de elevi - propagarea undelor superficiale folosind dispozitivul de studiere a undelor superficiale (cunoscut de elevi) și **cere elevilor** să lucreze pe grupe și să studieze cu *atenție* reflexia, refracția și difracția undelor superficiale.
- **Oferă elevilor materiale și fișe de activitate experimentală** pentru experimente: cuvă cu apă pentru studiul undelor, bare drepte/curbe, generator de unde, placă groasă de plexiglas/sticlă, sursă de tensiune alternativă, perete despărțitor cu fantă de lărgime reglabilă, obstacole liniare de diferite mărimi.
- **Invită elevii să studieze experimental reflexia undelor superficiale și cere elevilor:**
 - **să producă** unde liniare pe suprafața apei;
 - **să obțină** reflexia undelor pe bare drepte /curbe sau combinații în două sau mai multe bare drepte;
 - **să realizeze** schema geometrică a reflexiei;
 - **să modifice** unghiul de incidență în cazul reflexiei undelor liniare pe bara dreaptă și **să măsoare** unghiul de incidență și unghiul de reflexie corespunzător;
 - **să producă** unde circulare și **să observe** reflexia acestora pe bara dreaptă/curbă;
 - **să formuleze concluzii** cu privire la formarea imaginilor în *oglinzile* din cuvă.
- **Comunică elevilor** ideea că în cazul undelor de pe suprafața apei, viteza depinde de adâncimea apei, deci apa aflată în două locuri cu adâncimi diferite poate fi considerată ca echivalentă cu
- Organizați în grupe, **prezintă** în clasă *rapoarte de autoevaluare*, **evocă** informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.:
 - producerea ecoului/ reverberației, funcționarea sonarului se bazează pe *fenomenul de reflexie* a undelor sonore (utilizarea sonarului, imagini, aspecte interesante);
 - undele sonore *nu se propagă în linie dreaptă* în atmosferă datorită *fenomenului de refracție* prin straturile de aer care au temperaturi diferite (reprezentare schematică-reperează o dificultate);
 - în astfel de situații are loc *difracția undelor sonore*, dar nu și difracția luminii (explicații neștiințifice).
- **Formulează** ideile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete).
- **Evaluează resursele** (ceea ce au aflat din experimentele și informațiile anterioare): filtrează, distilează, compară informațiile obținute, extrag informațiile utile.
- **Organizați în grupuri de lucru**, elevii: identifică ordinea în care vor efectua experimentele; citesc cu atenție instrucțiunile din fișa de activitate experimentală și pun întrebări pertinente profesorului; selectează și organizează corespunzător materialele necesare desfășurării experimentelor; efectuează determinări experimentale.
- **Organizați în grupuri de lucru** elevii studiază experimental reflexia undelor superficiale:
 - **observă** reflexia undelor liniare/circulare pe bara dreaptă/curbă și **realizează** schema geometrică a reflexiei;
 - **observă și constată** că prin reflexie, undele mecanice își modifică direcția, iar unghiul de incidență *pare* să fie egal cu cel de reflexie ca în cazul reflexiei luminii;
 - **sesizează** că folosind bare drepte/curbe sau combinații între două sau mai multe bare drepte, se obțin toate fenomenele de reflexie pe care le-au studiat în legătură cu lumina;
 - **formulează** concluzia - formarea imaginilor în *oglinzile* din cuvă urmează legile reflexiei din optică, ca și în cazul formării imaginilor în *oglinzile optice*.
- **Evocă** observații proprii referitoare la dependența vitezei de propagare a undelor de proprietățile mediului și **comunică** părerile în clasă (explicații neștiințifice).

două medii diferite pentru propagarea undelor și **cere elevilor** ca prin schimbarea adâncimii apei din cuvă, să cerceteze comportarea undelor la trecerea dintr-un mediu în celălalt.

- **Invită elevii să studieze** experimental **refracția undelor** superficiale și **cere elevilor**:
 - **să explice**, de ce folosind placă groasă de plexiglas/sticlă în cuva cu apă, s-au creat două medii diferite și să identifice suprafața de separație dintre ele;
 - **să producă** unde liniare pe suprafața apei în compartimentul mai adânc;
 - **să explice** refracția undelor și **să observe** direcția frontului de undă incident și a celui transmis, distanța dintre crestele paralele ale valurilor din cele două compartimente pe linia de separare;
 - **să realizeze** schema geometrică a refracției;
 - **să modifice** unghiul de incidență și **să măsoare** unghiul de incidență și unghiul de refracție corespunzător;
 - **să reprezinte** grafic $\sin r = f(\sin i)$ și **să interpreteze** graficul;
 - **să repete** experimentul și **să producă** unde liniare pe suprafața apei în compartimentul mai puțin adânc;
 - **să găsească** situația în care refracția ar putea să dispară;
 - **să producă** unde circulare și **să observe** refracția acestora la linia de separare dintre cele două compartimente;
 - **să formuleze concluzii** cu privire la valabilitatea legii a doua a refracției în cazul refracției undelor produse în cuvă.
- Precizare:* problema principală este de a menține frecvența constantă (să nu apară dispersia). Se poate produce experimental *reflexia totală* a valurilor de apă în laborator (nu este ușor - este dificil de găsit acea regiune foarte puțin adâncă pentru care să fie observată experimental reflexia totală - să dispară refracția, frecvența trebuie să fie joasă).
- **Invită elevii să studieze** experimental **difracția undelor** superficiale și **cere elevilor**:
 - **să împartă** cuva în două compartimente cu ajutorul peretelui despărțitor prevăzut cu fanta de lărgime reglabilă, d ;
 - **să producă** unde liniare într-un compartiment și **să observe** zona în care se propagă undele în celălalt compartiment;
 - **să regleze** frecvența sursei astfel încât undele liniare produse să aibă lungimea de undă, λ , mai mică și **să modifice** treptat lărgimea fantei, d ;
 - **să compare** undele din spatele peretelui pentru diferite valori ale raportului λ/d ;
 - **să realizeze** un desen aproximativ al difracției observate experimental;
 - **să obțină** difracția pe un obstacol liniar fix de diferite mărimi;
 - **să confrunte** observațiile cu cele referitoare la difracția pe o fantă;

- **Organizați în grupuri de lucru** elevii studiază experimental refracția undelor superficiale:
 - **constată** că prin așezarea pe fundul cuvei a plăcii groase de plexiglas/sticlă, în cuvă s-au creat două compartimente cu adâncimi diferite ale apei, una dintre laturile plăcii constituie linia de separare;
 - **pot sesiza** că în acest fel viteza de propagare a undei este mai mică în apa puțin adâncă decât în apa adâncă și aceeași relație se menține și între lungimile de undă;
 - **observă** refracția undelor liniare/circulare la linia de separare dintre cele două compartimente când sursa este în compartimentul mai adânc/puțin adânc;
 - **observă** că fronturile de undă incidentă și transmisă au direcții diferite, distanța dintre crestele paralele ale valurilor din cele două medii se modifică;
 - **realizează** schema geometrică a refracției;
 - **modifică** unghiul de incidență și **măsoară** unghiul de refracție corespunzător, iar din aceste măsurători **observă** că raportul $\sin i / \sin r$ este aproximativ constant;
 - **reprezintă** grafic $\sin r = f(\sin i)$ și obțin aproximativ o linie dreaptă care trece prin origine;
 - prin mai multe încercări *este posibil să observe* că refracția poate să dispară dacă sursa este în compartimentul puțin adânc;
 - **constată** că prin refracție undele mecanice își modifică direcția și lungimea de undă; *dacă $v_1 > v_2$ (sursa este în compartimentul mai adânc) atunci $r < i$ și raza refractată se apropie de normală, iar dacă $v_1 < v_2$ (sursa este în compartimentul mai puțin adânc) atunci $r > i$ și raza refractată se îndepărtează de normală; reflexia totală poate să apară dacă $v_1 < v_2$;*
 - măsurând mai multe unghiuri de incidență și de refracție, elevii **afă** experimental că *legea a doua a refracției este valabilă și în cazul refracției undelor produse în cuvă* (stabilesc din măsurări pentru mai multe perechi de unghiuri i și r , că raportul $\sin i / \sin r = \text{constant}$, apoi măsoară vitezele de propagare în cele două medii, și găsesc că $\sin i / \sin r = v_1 / v_2$, este dificil, dar nu imposibil!).
- **Organizați în grupuri de lucru** elevii studiază experimental refracția undelor superficiale:
 - **observă** difracția undelor pe o fantă de dimensiune reglabilă/ obstacol liniar fix de diferite mărimi;
 - **observă** că dacă fanta are o deschidere mare, fronturile de undă care ajung în contact cu deschiderea se propagă fără modificări în al doilea compartiment, iar dacă fanta are o deschidere mică, în al doilea compartiment fronturile de undă sunt circulare;
 - **observă** că dacă obstacolul are dimensiuni mici atunci frontul de undă se reface (aproape) ca și când obstacolul nu ar exista, iar dacă obstacolul are dimensiuni foarte mari atunci frontul de undă nu se mai reface;
 - **realizează** un desen aproximativ al difracției pe o fantă/obstacol liniar observate experimental;
 - **pot sesiza** că *fenomenul de difracție depinde de raportul λ/d , dacă $\lambda \ll d$ fenomenul de difracție este mai puțin evident, iar dacă lungimea de undă λ este apropiată ca*

- **să formuleze concluzii** cu privire la rolul pe care îl are dimensiunea fantei, respectiv, dimensiunea obstacolului liniar.

Precizare: nu este recomandabil să se modifice frecvența în timpul experimentului în cuvă, calitatea imaginilor se modifică cu frecvența.

• **Comunică elevilor** ideea că o situație deosebită o reprezintă *inversarea fazei unde la reflexie*.

• **Ghidează elevii să prezică** cum s-ar produce reflexia undelor transversale pe o coardă elastică al cărui capăt este fixat de un suport perfect rigid, respectiv, este prins de un inel ușor care poate aluneca fără frecare pe o tijă netedă, fixă, perpendiculară pe coardă.

• **Oferă elevilor** materialele necesare: corzi elastice din diferite materiale, bară/tijă de fixare, inel de masă neglijabilă care poate aluneca fără frecare pe bara/tijă de fixare, dispozitiv de fixare a corzii de bară și **cere elevilor:**

- **să producă** o perturbație transversală pe coarda elastică al cărui capăt este fixat de un suport perfect rigid, respectiv, este prins de un inel ușor care poate aluneca fără frecare pe o tijă netedă, fixă, perpendiculară pe coardă;

- **să urmărească** cum înaintează perturbația, cu o *buclă în sus* sau cu o *buclă în jos* și cum se întoarce și **să realizeze** un desen aproximativ al reflexiei observate experimental în aceste cazuri;

- **să explice** ce se întâmplă cu perturbația când ajunge la suportul perfect rigid/inel;

- **să prezinte constatările lor** cu privire la reflexia pe un suport perfect rigid (mediu mai dens) și reflexia pe un capăt ce se poate mișca liber (inel, mediu mai puțin dens) în situațiile studiate experimental.

• **Cere elevilor să esențializeze și să generalizeze** concluziile cu privire la reflexia pe un mediu mai dens și reflexia pe un mediu mai puțin dens, în orice situație când are loc propagarea undelor la suprafața de separație dintre două medii elastice; **denumește inversarea fazei unde la reflexie** (reflexie cu schimbare de fază).

• **Invită elevii să analizeze reflexia și refracția undelor transversale** în cazul în care cele două medii elastice sunt două corzi de grosime diferită (densități liniare diferite) legate între ele, iar una este fixată de un suport. **Cere elevilor:**

- **să provoace** o perturbație transversală la capătul liber, **să-și concentreze** atenția în regiunea de frontieră și **să urmărească aspectul perturbației** incidente, reflectate și transmise (*deplasare cu elongația/bucla în sus/jos*);

- **să compare** amplitudinile perturbațiilor incidente, reflectată și refractată;

- **să formuleze** concluzii referitoare la fenomenele care au loc la frontiera care unește corzile în funcție de relația dintre densitățile liniare ale celor două corzi, adică:

1. coarda a două are densitatea liniară mult mai mare decât prima coardă;

valoarea de lărgimea fantei d fenomenul de difracție este mai accentuat;

- **constată** că și în cazul difracției pe obstacol, fenomenul de difracție este mai accentuat dacă lungimea de undă λ este apropiată ca valoarea de dimensiunea obstacolului.

• **Reperează** o anumită dificultate pe care decid să o corecteze prin realizarea unui experiment:

- **observă** de-a lungul corzii, propagarea perturbației spre capătul ei fixat de suportul perfect rigid, respectiv, prins de inelul ușor care poate aluneca fără frecare pe tijă fixă;

- **constată** că dacă perturbația înaintează cu o „*buclă*” în sus, ea se întoarce cu „*buclă*” în jos când capătul ei este fixat de suportul perfect rigid și cu „*buclă*” în sus când capătul ei este prins de inelul ușor;

- **realizează** un desen aproximativ al reflexiei observate experimental în aceste cazuri;

- **pot sesiza și explica:** în ambele cazuri, perturbația este reflectată la capătul corzii opus sursei de perturbații, dar reflexia are loc diferit: când perturbația ajunge la suportul rigid, acesta nu se deplasează, dar provoacă o perturbație (principiul III al mecanicii) care se propagă înapoi de-a lungul corzii și care are elongația de sens opus sensului elongației perturbației incidente; când perturbația ajunge la inel, acesta va oscila și va produce o perturbație care se propagă ca undă reflectată și are elongația de același sens cu sensul elongației perturbației incidente;

- **prezintă constatările lor:** reflexia pe un suport perfect rigid (mediu mai dens) are loc cu schimbarea sensului elongației, unda reflectată având faza opusă față de cea a unde incidente, iar reflexia pe un capăt ce se poate mișca liber (inel, mediu mai puțin dens) nu produce schimbarea sensului elongației, unda reflectată este în fază cu undă incidentă.

• **Formulează** (în perechi) constatările/ concluziile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete):

- *la orice reflexie pe un mediu mai, unda reflectată este întotdeauna în opoziție de fază față de unda incidentă;*

- *la orice reflexie pe un mediu mai puțin dens, unda reflectată este întotdeauna în fază cu unda incidentă.*

• **Efectuează experimentul, își concentrează** atenția în regiunea frontieră, **observă și constată că:**

- *la frontiera* care unește corzile perturbația *incidentă* se desparte în două perturbații, una care se *reflectă* și una este *transmisă*;

- aspectul perturbației care *se reflectă* depinde de densitățile liniare ale celor două corzi, iar aspectul perturbației care este *transmisă* nu depinde de densitățile liniare ale celor două corzi;

- *indiferent de densitățile liniare* ale celor două corzi, *cele două perturbații au amplitudinile mai mici decât perturbația incidentă*;

- *reflexia în regiunea de frontieră* se poate face cu *schimbare de fază* (a doua coardă este mai grea decât prima) sau *fără schimbare de fază* (a doua coardă este mai ușoară decât prima), iar *refracția* se face *fără schimbare de fază*;

1. când a doua coardă este mult mai grea decât prima

2. coarda a doua este înlocuită cu corzi din ce în ce mai ușoare, dar mai grele decât prima coardă;
3. coarda a doua coardă este identică cu prima;
4. coarda a doua este mai ușoară decât prima;
5. coarda a doua are greutate neglijabilă.

• **Cere elevilor :**

- **să argumenteze** modul în care se împarte energia unei incidente în energia unei reflectate și energia unei refractate;
- **să explice** diferențele dintre amplitudinile undelor incidentă, reflectată și refractată.

- **Cere elevilor** să găsească criterii pentru a identifica sau distinge reflexia, refracția, difracția, ce au în comun și prin ce diferă aceste fenomene.

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)**, cerându-le elevilor

1. **Să analizeze și descrie**, următoarele situații:
 - a. În figura alăturată, o perturbație este trimisă spre dreapta în lungul unei corzi cu porțiuni de diferite densități liniare/grosimi. În cazul (a) este redată perturbația incidentă, iar cazurile (b) și (c) redau aspectul corzii la intervale egale de timp ulterioare. Ce puteți afirma despre grosimile corzii și unde se află frontierele dintre diferitele grosimi? (Fizica PSSC)
 - b. În ce condiții un obstacol liniar permite refacerea undelor pe suprafața apei. Realizați un desen aproximativ.

- întreaga perturbație este reflectată cu schimbare de fază;
2. când a doua coardă este înlocuită cu corzi din ce în ce mai ușoare, perturbația reflectată descrește și se observă o perturbație transmisă, din ce în ce mai mare, dincolo de frontieră;
 3. când a doua coardă este identică cu prima nu există o perturbație reflectată și perturbația inițială este transmisă în întregime;
 4. când a doua coardă este mai ușoară apare din nou reflexia, perturbația fiind de data aceasta reflectată fără schimbare de fază; cu cât a doua coardă este mai ușoară, cu atât perturbația reflectată este mai mare;
 5. când greutatea celei de-a doua corzi este neglijabilă, perturbația reflectată are aproape aceeași mărime cu cea incidentă.

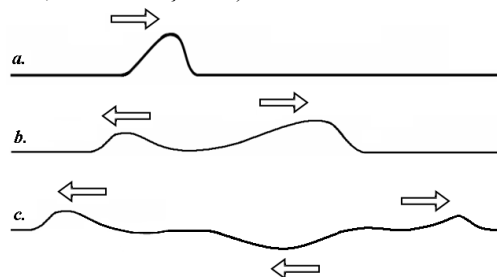
• **Formulează** (în perechi) constatările/ concluziile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete):

- dacă, *vitezele de propagare ale undelor în cele două medii sunt apropiate ca valoare, energia undei reflectate va fi mai mică decât energia undei refractate*, deci și amplitudinea undei reflectate va fi mai mică decât amplitudinea undei refractate;
- dacă, *vitezele de propagare ale undelor în cele două medii diferă foarte mult ca valoare, energia undei reflectate va fi mai mare decât energia undei refractate*, deci și amplitudinea undei reflectate va fi mai mare decât amplitudinea undei refractate;
- deoarece doar o parte din energia unei incidente se regăsește în energia undei reflectate/refractate, *amplitudinea undei reflectate/refractate este mai mică decât amplitudinea undei incidente*.

• **Formulează** (în perechi) constatările/ concluziile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete):

- *reflexia și refracția se produc simultan și permit modificarea direcției de deplasare a undelor;*
- *reflexia pe un mediu mai dens se face cu schimbare de fază, iar refracția se face fără schimbare de fază;*
- *unda reflectată și unda refractată sunt în opoziție de fază dacă mediul al doilea este mai dens și sunt în fază dacă mediul al doilea este mai puțin dens;*
- *difracția în afară de faptul că determină undele să ocolească obstacolele le și împrășteie diferit în spatele unor orificii;*
- *față de refracție, care implică o schimbare a direcției de propagare, în cazul difracției abaterea de la direcția inițială de propagare se produce în același mediu și nu ca urmare a trecerii undei dintr-un mediu în altul.*

- **Efectuează tema pentru acasă** (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).



Secvența a III-a. Reflecție-explicare:

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 3. Compararea cu modelul original;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor: comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemplu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <i>prelegere intensificată</i>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc. • Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă, stimulează elevii să sintetizeze, să evalueze și să prezinte informațiile colectate referitoare la situațiile problemă. • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (reflexia, refracția, difracția undelor mecanice); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): explicarea <i>propagării undelor</i> la limita de separație dintre două medii omogene cu proprietăți diferite, la întâlnirea obstacolelor de diferite forme și dimensiuni cu ajutorul principiului lui Huygens; norme de protecția muncii în laborator; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, (reflexia și refracția luminii) și cere elevilor să prezinte schemele geometrice ale fenomenelor de reflexie și refracție, să enunțe legile reflexiei și refracției. • Revine la fenomenul de difracție și cere elevilor să descrie și să prezinte schema geometrică de aplicare a principiului lui Huygens pentru difracția undelor liniare/plane pe obstacole și fante de diferite dimensiuni, să o compare cu rezultatele obținute experimental și să formuleze concluzii.	• Formulează (în perechi) ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, prin reprezentări schematice, postere, imagini, etc.), evocă aspecte interesante, dificultăți întâlnite: 1.a. Perturbația reflectată din (b) este dreaptă, deci coarda din dreapta punctului de frontieră trebuie să fie mai subțire decât cea din stânga. În cazul (c) observă că perturbația, care se propagă spre dreapta în cazul (b), a fost parțial reflectată și parțial transmisă, rezultă existența unei noi frontiere între cele două perturbații. În cazul (c) a doua perturbație este reflectată inversat, deci coarda din dreapta acestei frontiere trebuie să fie mai groasă decât cea din stânga. b. Unda este difractată de obstacolul liniar. Dacă dimensiunile obstacolului sunt mici, comparabile cu lungimea de undă, atunci frontul de undă se reface (aproape) ca și când obstacolul nu ar exista. Dacă dimensiunile obstacolului sunt foarte mari, mult mai mari decât lungimea de undă, frontul de undă nu se mai reface. Un obstacol de mari dimensiuni nu mai permite refacerea undei. • Formulează (în perechi) ideile lor, comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, prin reprezentări schematice, imagini, etc.) • Organizați în grupe, prezintă corect ceea ce știu deja: schemele geometrice ale reflexiei și refracției luminii, enunță legile reflexiei și refracției luminii (notate pe caiete, pe tablă, prin reprezentări schematice, etc.). • Organizați în grupe: - descriu și prezintă în clasă schema geometrică de aplicare a principiului lui Huygens în cazul difracției undelor liniare/plane pe obstacole liniare și fante de diferite dimensiuni; - compară fronturile de undă obținute experimental cu cele construite prin aplicarea principiului lui Huygens și

- **Propune** o nouă direcție de abordare pentru studierea fenomenelor de reflexie și refracție a undelor - explicarea legilor reflexiei și refracției cu ajutorul principiului lui Huygens.
- **Oferă elevilor** ocazia să-și dezvolte independent ideile, propunându-le găsirea legilor reflexiei și refracției:
 - **considerați** o undă plană incidentă pe suprafața de separație dintre două medii cu proprietăți diferite în care vitezele de propagare ale undelor sunt v_1 și respectiv v_2 , $v_1 > v_2$;
 - **reprezentați** schematic reflexia și refracția unei incidente la suprafața de separație dintre cele două medii;
 - **aplicați** principiul lui Huygens pentru a **construi** frontul unei plane reflectate și respectiv frontul unei plane refractate;
 - în diagrama obținută (de aplicare a principiului lui Huygens), prin raționamente geometrice, **stabiliți** pe rând legea a doua a reflexiei și respectiv legea a doua a refracției.
- **Definește** indicele de refracție relativ al mediului 2 față de mediul 1 și **cere elevilor** să găsească forme ale legii a doua a refracției.
- **Cere elevilor să formuleze concluzii** în legătură cu legea reflexiei și refracției.

• **Cere elevilor:**

- **să esențializeze** concluziile privind refracția undelor la suprafața de separație dintre două medii cu proprietăți diferite în care vitezele de propagare ale undelor sunt v_1 și respectiv v_2 , în cazurile $v_1 > v_2$ și $v_1 < v_2$;
- **să stabilească** condițiile în care se obține reflexia totală și să determine unghiul limită.
- **să compare** aceste rezultate cu cele obținute experimental.

- **Comunică elevilor** ideea că fenomenele de reflexie și refracție se întâlnesc în cazul **propagării undelor seismice** și **prezintă** câteva aspecte legate de undele seismice: undele seismice au mai multe modalități de propagare, ele pot fi reflectate, refractate, dispersate la întâlnirea suprafețelor de discontinuitate dintre diferite straturi, cu proprietăți diferite, unde viteza de propagare a undelor este și ea diferită.

observă o foarte bună concordanță;

- **formulează** concluzia că *principiul lui Huygens explică corect difracția undelor mecanice*.

- **Evocă** observații, experiențe și **comunică răspunsurile** în clasă;

- **Se concentrează** asupra sarcinii de rezolvat și **se implică activ** în rezolvarea acestei sarcini:

- **identifică** unda incidentă și suprafața de separație dintre două medii cu proprietăți diferite în care vitezele de propagare ale undelor sunt v_1 și respectiv v_2 ;
- **reprezintă** schematic reflexia și refracția undelor la suprafața de separație dintre cele două medii (cu toate elementele lor);
- **aplică** principiul lui Huygens și **construiesc progresiv** frontul unei plane reflectate, respectiv, frontul unei plane refractate, **obținând** astfel diagrama de aplicare a principiului lui Huygens;
- **fac raționamente** geometrice, **utilizează** funcții trigonometrice, țin cont că fronturile de undă înaintează cu vitezele constante v_1 , respectiv, v_2 prin cele două medii și **stabilesc** pe rând legea a doua a reflexiei, respectiv, legea a doua a refracției.

- **Stabilesc** forme ale legii a doua a refracției, folosind relația dintre lungimea de undă și viteza de propagare a unei și ținând cont de indicii de refracție relativ.

- **Formulează** (în perechi) constatările/ ipotezele lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete):

- cele două *legi ale reflexiei și refracției determină direcțiile de propagare ale undelor reflectate și ale undelor refractate*;

- pentru orice pereche de medii elastice date *indicele de refracție relativ este o constantă specifică*.

- **Formulează** (în perechi) constatările/ concluziile lor și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete):

- dacă prin refracție unda trece într-un mediu în care viteza de propagare a unei scade, adică $v_1 > v_2$, atunci unda refractată se *apropie* de normală;

- dacă prin refracție unda trece într-un mediu în care viteza de propagare a unei crește, adică $v_1 < v_2$, unda refractată se *depărtează* de normală;

- apariția fenomenului de *reflexie totală este posibilă în cazul* $v_1 < v_2$;

- calculează unghiul limită, punând condiția ca $r = 90^\circ$;

- rezultatele obținute din aplicarea legii a doua a refracției sunt confirmate de experimente.

- **Evocă** observații proprii referitoare la producerea cutremurelor, undelor seismice și **comunică** părerile în clasă (explicații neștiințifice).

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)**, cerându-le:

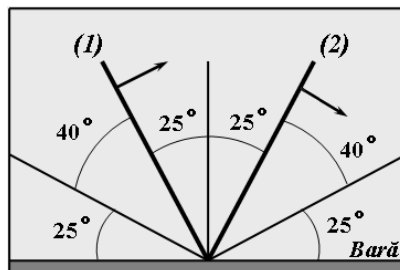
1. **Să rezolve** următoarea problemă: O undă liniară se deplasează spre o bară reflectătoare. În figura alăturată, liniile groase reprezintă fronturile de undă și săgețile direcțiile de propagare ale undelor. Stabiliți care este unda incidentă și care este unda reflectată. Ce valoare are unghiul de incidență? (Fizica PSSC)

2. **Să argumenteze:**

a. În zilele călduroase de vară la amiază, audibilitatea este mai scăzută, iar seara audibilitatea este mai bună; b. La o explozie, într-o casă se sparg nu numai geamurile ferestrelor din partea îndreptată spre explozie, ci și cele din partea opusă

3. **Să pregătească și să prezinte** referatul științific privind *Difracția în natură și tehnică*.

• **Efectuează tema pentru acasă** (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).



Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *deductiv*. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile.

Lecția 4

Rolul profesorului

Sarcini de învățare

Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):

• **Metoda de organizare a activității de învățare:** *prelegere intensificată*. 1. **Activitatea pregătitoare:** comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. **Partea I a prelegerii;** 3. **Confruntarea cu răspunsurile elevilor:** *La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?*; 4. **Prelegerea continuă**, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.

• **Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă**, stimulează elevii să sintetizeze, să evalueze și să prezinte informațiile colectate referitoare la rezolvarea problemelor.

• **Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere** cu privire la sarcinile de efectuat (reflexie, refracție, difracție, **norme de protecția muncii în laborator** etc.).

• **Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției):** aplicarea legilor reflexiei și refracției undelor mecanice în situații concrete;

• **Oferă elevilor** ocazia să exerseze independent aplicarea legilor reflexiei și refracției în cazul *propagării undelor* la

• Organizați în grupe, **prezintă** în clasă *rapoarte de autoevaluare* și **evocă** dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.;

1. Folosind schema de aplicare a principiului lui Huygens stabilesc: unda incidentă este unda (2) și unda reflectată este unda (1). Din legea a doua a reflexiei și din considerente geometrice găsesc unghiul de incidență $i=65^\circ$.

2. a. Aplică legea a doua a refracției și țin cont de dependența vitezei sunetului în gaze de temperatură (reprezintă corect printr-un desen parcursul sunetului);
b. În urma difracției, unda ocolește casa și creează o presiune suplimentară în partea opusă exploziei.

• **Evocă** observații, experiențe și **comunică răspunsurile** în clasă;

• **Exersează** aplicarea legilor reflexiei și refracției în situații noi, cu exemple cât mai diferite, explicitează caracteristicile acestor exemple care sunt sau nu conforme cu modelul

limita de separare dintre două medii omogene cu proprietăți diferite, de exemplu:

1. În cuva cu apă pentru studiul undelor se așează un obstacol de forma unei elipse (un inel de formă elipsoidală), ca în figura alăturată. Dacă s-a produs o perturbație punctiformă în punctul A, fronturile de undă reflectate de obstacol converg în punctul B. *Ce se întâmplă dacă perturbația se produce în punctul B? Realizați un desen aproximativ - desenați razele de undă înainte și după reflexia pe pereții obstacolului în cele două cazuri. Pornind de la această experiență, și folosind geometria elipsei, stabiliți poziția focarelor elipsei. (problemă experimentală) (prelucrare Fizica PSSC)*

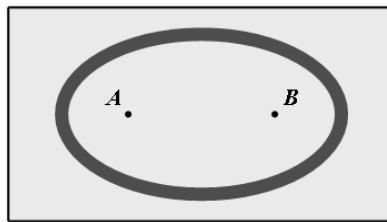
2. O piesă, având forma unei lentile biconvexe, se așează pe fundul unei cuve ca în figura alăturată, astfel încât să fie acoperită cu apă. Regiunea ovală conține apă mai puțin adâncă, în timp ce în restul cuvei apa este adâncă. Generatorul emite undele liniare. *Explicați ce fenomen are loc? Cărui aranjament optic îi corespunde acest model? Presupuneți acum că în regiunea ovală apa este adâncă și în regiunea ce o înconjoară apa este mai puțin adâncă. Ce se întâmplă cu undele liniare în acest caz? Cărui aranjament optic îi corespunde acest model? (problemă experimentală).*

Precizări: lentila poate fi tăiată dintr-o bucată de lăptos, ar trebui să fie destul de lungă așa încât să acopere aproximativ jumătate din lărgimea vasului, dar destul de îngustă; apa în partea adâncă a vasului ar trebui să aibă adâncimea de cel puțin 1,5 cm și cu aproximativ 2 mm peste lentilă. Elevii au posibilitatea de a recapitula lentilele și refracția din punctul de vedere ondulatoriu. (prelucrare Fizica PSSC)

3. Lichidul dintr-o cuvă este separat în două zone de adâncimi diferite. O undă liniară care se propagă pe suprafața lichidului din cuvă întâlnește linia de separare dintre cele două zone sub un unghi de incidență de $i = 60^\circ$. Viteza de propagare a undei în zona mai adâncă este 34 cm/s. Dacă *frecvența crește ușor*, undele liniare se deplasează în zona adâncă cu viteza de 32 cm/s. În zona mai puțin adâncă toate undele se deplasează cu o viteză de 24 cm/s. *Realizați o reprezentare schematică a refracției la linia de separație dintre cele două regiuni. Calculați pentru fiecare caz în parte, unghiul de refracție și indicele de refracție al zonei mai puțin adâncă față de zona mai adâncă. Ce concluzie trageți? Cunoșcând condițiile din*

studiat. Se lucrează pe grupe.

1. Elevii pot **efectua** experiența în cuva de produs unde.



Constată că dacă perturbația se produce în punctul B, fronturile de undă reflectate de obstacol converg în punctul A. **Desenează** drumurile parcurse de razele de undă în cele

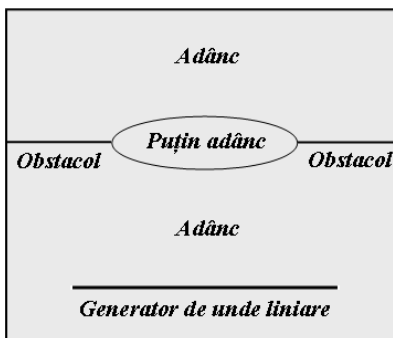
două cazuri, astfel încât să respecte legile reflexiei.

Stabilesc că fiecare element al unei perturbații care pleacă din A și ajunge în B străbate în același timp aceeași distanță, indiferent de punctul de pe elipsă în care a fost reflectat.

Constată că se respectă geometria elipsei (o elipsă este locul geometric al punctelor pentru care suma distanțelor la două puncte fixe este constantă).

Formulează concluzia că punctele A și B reprezintă focarele elipsei.

2. Elevii pot **efectua** experiența în cuva de produs unde.



Constată că are loc fenomenul de refracție a undelor liniare la frontiera dintre cele două regiuni.

Explică fenomenele observate având în vedere că undele se propagă mai repede în apa adâncă decât în apa mai puțin adâncă:

- în primul caz fronturile de undă liniare sunt curbate în așa fel încât ele converg spre un *focar* aflat în zona adâncă din spatele obstacolului. Prin analogie, cu refracția luminii în lentilele biconvexe, **sesizează** că acest model poate fi considerat o *lentilă mecanică biconvexă* pentru undele liniare (modelul unei *lentile convergente*);

- în al doilea caz, unda, după trecerea peste regiunea adâncă, va fi curbată în afară, ca și când ar veni de la o sursă punctiformă. Aranjamentul este un *model al unei lentile convergente de aer cufundată în apă*.

3. Exersează aplicarea legii a doua a refracției în cazul undelor liniare care se propagă pe suprafața lichidului dintr-o cuvă într-o situație nouă – *frecvența undelor se modifică ușor*.

Realizează o reprezentare schematică a refracției în cele două cazuri respectând faptul că unda refractată se apropie de normală.

Aplică legea a doua a refracției în fiecare caz:

$\sin i / \sin r = v_1 / v_2$, rezultă: $\sin r = (v_2 / v_1) \cdot \sin i$ și **găsesc**, pentru cazul 1, $\sin r = 0,612$ și $r = 38^\circ$, iar pentru cazul 2, $\sin r = 0,649$ și $r = 41^\circ$.

Calculează valoarea indicelui de refracție $n_{21} = v_2 / v_1$ și **obțin**: pentru cazul 1, $n_{21} = 1,41$, iar pentru cazul 2, $n_{21} = 1,33$:

- **constată** că indicele de refracție are valori diferite cu toate că adâncimea apei nu s-a modificat în cele două regiuni;

- **sesizează** că prin modificarea frecvenței s-a modificat viteza undei în primul mediu și ca urmare s-a modificat și indicele de refracție, creșterea frecvenței este însoțită de o

cuva de studiat unde, în situația în care se modifică ușor frecvența, *precizați* cum s-ar putea detecta diferențele mici ale vitezelor undelor liniare din cuvă.

Precizări: are loc fenomenul de *dispersie a undelor*. Dacă măsurătorile sunt destul de precise, se observă că viteza se modifică cu frecvența. Un mediu în care viteza undelor depinde de frecvență se numește *mediu dispersiv*. Afirmatia făcută adesea că *viteza undelor depinde numai de mediu*, este deci o *idealizare*. (prelucrare Fizica PSSC)

• **Cere elevilor să analizeze** următoarea situație: În cuva de produs unde, *adâncimea apei descrește treptat* de la un capăt la celălalt. Undele liniare produse în cuvă devin curbe. Explicați acest fenomen. Se întâmplă un fenomen similar și în cazul luminii? Argumentați.

Elevii au posibilitatea de a recapitula refracția luminii *pe suprafețe plan- paralele* din punctul de vedere *ondulatoriu*. (Fizica PSSC)

• **Comunică elevilor** ideea că fenomenele de reflexie și refracție se întâlnesc în cazul **propagării undelor seismice** și **prezintă** câteva aspecte legate de undele seismice: undele seismice au mai multe modalități de propagare, ele pot fi reflectate, refractate, dispersate la întâlnirea suprafețelor de discontinuitate dintre diferite straturi, cu proprietăți diferite, unde viteza de propagare a undelor este și ea diferită.

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)** și cere elevilor:

1. **Să aplice** legile reflexiei și refracției undelor mecanice în rezolvarea de probleme.
2. **Să elaboreze un eseu** pornind de la întrebarea: „Ce te scuturi tu, Pământule, fără pricină știută?” (Tudor Arghezi);
3. **Să pregătească și să prezinte** referatul științific privind *Cutremurele de Pământ*;
4. **Să construiască și să prezinte** un instrument pentru înregistrarea activității seismice – seismograf simplu și un *dispozitiv* pentru modelarea declanșării cutremurelor (M. Rusu, M. Nistor, Manual de fizică pentru clasa a XI-a, Ed. Corint, 2006).

Lecția 5

Rolul profesorului

• **Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte** rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor.

scădere a vitezei și a indicelui de refracție;

-**trag** concluzia că viteza unei *depinde nu numai de proprietățile mediului ci depinde și de frecvență*;

• **Elevii ghidați** de profesor **propun** două metode de a detecta diferențele mici ale vitezelor undelor liniare din cuvă, în condițiile în care se modifică frecvența:

- *se măsoară direct* cele două viteze, măsurând distanțele dintre crestele de undă și folosind $\lambda=v/v$, după care calculează diferența dintre ele;

- *se măsoară indirect* cu ajutorul diferenței unghiurilor de refracție (se determină experimental unghiurile de refracție și din legea a doua a refracției se determină diferența vitezelor).

• **Se concentrează** asupra sarcinii de rezolvat și **se implică activ** în rezolvarea acestei sarcini:

- **realizează** că acest fenomen se petrece într-un mediu în care *indicele de refracție se schimbă treptat*;

- deoarece adâncimea apei se modifică treptat, viteza de propagare a unei liniare se modifică și ea treptat, ea este diferită într-un capăt față de celălalt;

- undele liniare se refractă la frontiera dintre două regiuni în care au viteze diferite, iar în urma *mai multor refracții razele de undă se apropie de normală, traiectoria undelor se curbează* - undele liniare se curbează;

- un fenomen similar se întâmplă și în cazul luminii- *refracția atmosferică*. Fenomenul se explică cu ajutorul legilor refracției.

• **Evocă** observații proprii referitoare la producerea cutremurelor, undelor seismice și **comunică** părerile în clasă (explicații neștiințifice).

• **Efectuează tema pentru acasă** (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

- **proiectează cercetările proprii**: imaginează detalii ale instrumentului și dispozitivului de realizat, se documentează, procură materiale, stabilesc etapele de lucru etc.; prezintă clasei punctele de vedere;

- **se documentează** pentru realizarea referatului științific.

Sarcini de învățare

Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):

• Organizați în grupe, **prezintă** în clasă *rapoarte de autoevaluare* și **evocă** dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante,

- **Vizează cunoștințele anterioare** ale elevilor, **preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere** cu privire la sarcinile de efectuat (aplicarea legilor reflexiei și refracției în rezolvarea de probleme, **norme de protecția muncii în laborator** etc.);

- **Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției):** producerea și propagarea undelor seismice;

- **Orientează** gândirea elevilor către ideea inițială **propagarea undelor în locuri de discontinuitate, adică în locuri în care proprietățile mediului se schimbă brusc** și cere elevilor **să sintetizeze și să evalueze informațiile** colectate referitoare la cutremurele de pământ, pentru a distinge anumite **reguli/ patern-uri** în informațiile obținute.

- **Prezintă** elevilor (pe baza conversației cu elevii și a referatului științific realizat de ei) **mecanismul producerii unui seism** și **cere elevilor: să identifice** noțiunea de cutremur, cauzele care determină producerea unui cutremur, tipurile de cutremure; **să explice** termenii utilizați în descrierea unui cutremur (focar, epicentru, unde seismice, plăci tectonice); **să descrie/explice calitativ** producerea unui cutremur; **să declanșeze** un cutremur în miniatură și **să explice cum se înregistrează** activitatea unui cutremur.

- **Implică elevii** în identificarea tipurilor de unde seismice, prezentând pe scurt fiecare tip de unde:
 - a. unde de volum/interne care se împart în unde primare(P) și unde secundare(S);
 - b. unde de suprafață.

- **Orientează gândirea elevilor către distincția** dintre undele interne și cele de suprafață, dintre undele primare și cele secundare, **urmărind ideile:**

- direcția de oscilație a particulelor mediului în raport cu direcția de propagare a unde;
- mediul în care se pot propaga undele;
- valorile vitezelor de propagare ale undelor.

- **Cere elevilor** să analizeze *modelul transmisiei* undelor seismice (reprezentarea schematică a procesului de propagare a undelor seismice care să cuprindă traiectoriile undelor seismice prin interiorul Pământului - focar, epicentru, unde P și S incidente, unde reflectate, unde refractate, unde de suprafață, zona de umbră-fără unde) și **ghidează elevii** să explice propagarea undelor

impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.;

- **Evocă** observații, experiențe și **comunică răspunsurile** în clasă;

- Organizați în grupe, **prezintă** în clasă referatul științific *Cutremurele de Pământ* și **evocă** aspecte interesante, dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, noi probleme (prezentarea referatului științific este însoțită de imagini, filme de montaj utilizând Internetul, reprezentări schematică, seismograful simplu și dispozitivul pentru modelarea declanșării cutremurelor).

- **Sintetizează informațiile obținute, formulează răspunsuri și comunică răspunsurile** în clasă:

- **definesc** cutremurul, prezintă cauzele care generează cutremurele și fac o primă clasificare a cutremurelor (în funcție de sursă);

- **explică** termenii utilizați în descrierea unui cutremur (focar/hipocentru, epicentru, unde seismice, plăci tectonice, falii) și fac o nouă clasificare a cutremurelor (în funcție de poziția focarului);

- **descriu** producerea unui cutremur;

- **prezintă dispozitivul** pentru modelarea declanșării cutremurelor și **declanșează** un cutremur în miniatură;

- **prezintă instrumentul** pentru înregistrarea activității seismice – *seismograf simplu* și explică modul cum se poate **înregistra** activitatea unui cutremur.

- **Elevii sunt ghidați de profesor și formulează** răspunsuri: undele primare (P) ajung la suprafață mai repede decât undele secundare (S), dar undele (S) transferă mai multă energie; *unde de suprafață* se propagă în *pătura superficială* a scoarței terestre și sunt de mai multe tipuri (unde Love –L, unde Rayleigh–R).

- **Sintetizează informațiile obținute, formulează răspunsuri și comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete):

- *unde primare (P)* sunt unde elastice longitudinale, se propagă în *orice mediu* inclusiv prin zona lichidă a interiorului Pământului, sunt cele mai rapide unde care apar - au viteze mari de propagare;

- *unde secundare (S)* sunt unde transversale, se pot propaga numai prin regiunile *solide* ale interiorului Pământului, au viteze mai mici de propagare decât cele primare;

- *unde Love(L)* provoacă deplasări transversale ale particulelor în plan orizontal, iar *unde Rayleigh(R)* sunt o combinație de mișcare verticală și orizontală, *viteza undelor de suprafață este mai mică decât a undelor de volum.*

- **Observă și analizează** reprezentarea schematică a procesului de propagare a undelor sferice, **comunică răspunsurile** în clasă:

- undele de volum se propagă în interiorul Pământului;

- vitezele de propagare ale undelor cresc cu *adâncimea*, datorită modificărilor de presiune, densitate, elasticitate;

- o parte dintre undele superficiale, apar datorită *interferenței undelor interne* ca urmare *reflexiilor*

seismice, urmărind ideile:

- dependența vitezei de propagare a undelor de caracteristicile geologice ale mediului (materialului scoarței terestre);
- *fenomenele care apar la întâlnirea suprafețelor de discontinuitate* dintre diferite straturi/medii cu proprietăți fizice diferite;
- traiectoriile undelor seismice.

• **Sprijină elevii** să-și dezvolte gândirea deductivă și să analizeze importanța informațiilor oferite de undele seismice pentru investigarea structurii interne a Pământului, să facă legătură cu geografia.

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)** și cere elevilor.

1. **Să analizeze și explice** următoarele afirmații:

a. Energia eliberată de un puternic cutremur de pământ rezultată dintr-o mișcare bruscă de-a lungul unei falii este aceeași la 1 km depărtare de falie și la 2 km depărtare de falie; **b.** În cazul unui cutremur de pământ nu prea puternic, dintre trei case situate - prima pe un teren stâncos de pe deal, a doua pe pământul moale de lângă dealul stâncos și a treia pe pământul moale, departe de dealul stâncos, casa care pare să sufere cea mai mare stricăciune este casa a doua. (prelucrare L.C.Epstein, Gândiți Fizica, Ed. All, 1995)

2. **Să alcătuiască** un eseu la alegere, în baza celor expuse și a celor studiate la geografie, despre: Seismicitatea regiunii Vrancea/Banat, Distribuția geografică a seismelor și **să prezinte** referatul științific *Protecția antiseismică*.

repetate ale undelor P și S în depozitele geologice aflate în apropierea suprafeței Pământului, iar altă parte se propagă din epicentru;

-- *la întâlnirea suprafețelor de discontinuitate dintre diferite straturi se produc fenomenele de reflexie și refracție care modifică direcția de propagare a undelor*;

- datorită acestor fenomene *traiectoriile undelor seismice sunt curbe cu concavitatea spre suprafața terestră*.

- există *zone de umbră* ale undelor (S) și (P).

Evocă observații proprii, **comunică răspunsurile** în clasă: *refracția* undelor seismice, faptul că undele S nu pot traversa mediile lichide, existența așa-numitelor *zone de umbră* ale undelor S și P au permis geofizicienilor să fundamenteze modelul actual de structură internă a Pământului, să presupună că Pământul are o structură stratificată și un miez în mare parte lichid.

• **Efectuează tema pentru acasă** (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

- **se documentează** pentru explicarea situațiilor-problemă, realizarea eseului și a referatului științific.

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea efectului. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 6

Rolul profesorului

- **Implică elevii** în verificarea *temelor efectuate acasă* și cere elevilor **să prezinte** rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor.
- **Vizează cunoștințele anterioare** ale elevilor, *preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere* cu privire la sarcinile de efectuat (*propagarea undelor în locuri de discontinuitate-*

Sarcini de învățare

Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):

- Organizați în grupe, **prezintă** în clasă *rapoarte de autoevaluare* și **evocă** dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.;
- 1. a. Undele care provin de la o falie sunt unde plane care rămân plane pe o distanță destul de mare. Energia transportată de unda plană pe distanțe mici este aceeași și

unde seismice, **norme de protecția muncii în laborator** etc.);

- **Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției):** efectele unui seism și protecția antiseismică;

- **Îndrumă elevii să analizeze** efectele unui seism având în vedere că:
 - energia eliberată în focarul cutremurului se propagă prin unde seismice;
 - unde primare (de tip P) dețin doar 20% din energia totală a cutremurului în timp ce unde secundare (de tip S) dețin 80% din energia totală a cutremurului;
 - amplitudinea undelor este direct proporțională cu mărimea (energia cutremurului);
 - cutremurele se asociază și cu fenomene luminoase, zgomote subterane, procese tectonice, valurile uriașe.

- **Prezintă elevilor** (pe baza conversației cu elevii) efectele undelor seismice după mărime și după intensitate, scările de apreciere a acestor efecte (tăria unui cutremur) și **cere elevilor: să identifice** noțiunile de mărime, intensitate microseismică, scara Richter, scara Mercalli; **să analizeze** corespondența (aproximativă) dintre cele două scări.

- **Stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile** colectate prin efectuarea temei pentru acasă referitoare la *protecția antiseismică*, pentru a distinge anumite **reguli/ patern-uri** în informațiile obținute.

- **Prezintă elevilor** (pe baza conversației cu elevii și a referatului științific realizat de ei) măsurile antiseismice cele mai importante și **cere elevilor:**
 - **să descrie** principalele măsuri de protecție și prevenire în raport cu posibilele efecte ale seismelor;
 - **să răspundă** scurt la întrebări frecvente legate de cutremure.

- **Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea portofoliului**, pentru evaluarea rezultatelor finale, vizând **competențele cheie**¹²;

la 1km depărtare de falie și la 2km depărtare de falie.

b. Undele cutremurului de pământ întâmpină rezistență mică prin pământul moale. Energia undelor se concentrează în partea triunghiulară îngustă a pământului moale care se unește cu stratul de stâncă (la fel ca un val care lovește plaja), adică unde se află casa a doua.

- **Evocă** observații, experiențe și **comunică răspunsurile** în clasă;

- **Sintetizează informațiile obținute, formulează răspunsuri și comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete), pornind de la ideile:

- pe măsura îndepărtării de locul perturbației inițiale, efectele sunt tot mai mici la distanțe mai mari;
- unde seismice determină distrugerii proporționale cu mărimea cutremurului și cu durata de oscilație;
- unde P cu toate că se propagă cel mai repede produc cele mai nesemnificative pagube, amplitudinea acestor unde nu este periculoasă, în schimb unde S au efectele cele mai distrugătoare asupra construcțiilor;
- unde de suprafață sunt cele mai devastatoare, cele mai mari amplitudini se datorează undelor R.

- **Sintetizează informațiile obținute, formulează răspunsuri și comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, prin reprezentări schematice, tabele, postere, imagini, etc.):

- **definesc** mărimea unui cutremur și intensitate amacro seismică;
- **prezintă** scara Richter (efectele cutremurului după mărime) și scara Mercalli (efectele cutremurului după intensitate);
- **analizează** efectele tipice ale unui cutremur potrivit celor două scări și fac o comparație între ele.

- Organizați în grupe, **prezintă** în clasă referatul științific *Protecție antiseismică* și **evocă** aspecte interesante (prezentarea referatului științific este însoțită de imagini, filme de montaj utilizând Internetul, reprezentări schematice).

- **Sintetizează informațiile obținute, formulează răspunsuri și comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete, prin reprezentări schematice, tabele, postere, imagini, etc.) arătând că este necesară: cunoașterea cauzelor și efectelor unui seism; folosirea metodelor antiseismice în proiectarea construcțiilor; comportarea rațională în timpul unui seism (până la seism, în momentul declanșării seismului, după încetarea seismului); etc.

- **Prezintă portofoliile**, expun produsele realizate, evaluează lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în protocolul de evaluare;

¹² **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în **anexele** unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele însușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

13. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);

14. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);

15. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);

- **Anunță verificarea orală/ testul scris** pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe competențele specifice înscrise în programele școlare vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)**, vizând acțiuni colective în afara clasei, legătura noțiunilor însușite în cadrul unității de învățare parcurse cu temele/ proiectele viitoare etc.

- **Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, la întâlniri cu responsabili ai administrației școlare/ locale, să informeze factori de decizie locali cu privire la calitatea unor produse, măsuri de protecție a mediului, a propriei persoane și altele.*

Bibliografie

- (1) Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005
- (2) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006
- (3) Adrian Galbură, Octavian Rusu, *Mecanică, Teste grilă și probleme sistem grilă*, Editura Niculescu, București, 1994
- (4) Uri Haber-schiam, Judson B. Cross, John H. Dodge, James A. Walter, *Fizica PSSC, Textul profesorului și Textul elevului*, Editura didactică și pedagogică, București, 1974
- (5) *Manuale alternative*: George Enescu, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura BIC ALL, București, 2002; Mircea Rusu, Mircea Nistor, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Corint, București, 2006; Octavian Rusu, Constantin Trăistaru, Livia Dinică, Constantin Gavrila, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Corint, București, 2006.

16. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

Unitatea de învățare: XI.7 Interferența undelor mecanice

„Cum interacționează două unde?”

Ce se întâmplă dacă două unde aflate în același mediu se întâlnesc?”

sau

„Valurile formate pe suprafața apei unui lac atunci când trece o barcă cu motor fac ca o bărcuță de lemn să salte pe „crestele” și „văile” valurilor. Dacă trec două bărci cu motor, se poate ca bărcuța să rămână nemișcată?”

sau

„Două difuzoare plasate unul lângă celălalt emit simultan același sunet. Dacă se depărtează difuzoarele unul de celălalt, este posibil să auzim un sunet de intensitate maximă/minimă?”

Dorina Cucu

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 5

Conținuturi repartizate unității de învățare: Interferența undelor mecanice. Principiul superpoziției undelor mecanice. Noțiunea de unde coerente. Condițiile producerii interferenței și a interferenței staționare. Coarde și tuburi sonore. Recunoașterea undelor staționare în diverse situații întâlnite în practică. Rezolvarea de probleme în care intervin fenomenele de interferență și interferență staționară.

Modelul de învățare asociat: Investigația științifică

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației;
II. Explorare - Experimentare	2. Colectarea probelor, analiza și interpretarea informațiilor;
III. Reflecție - Explicare	3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;
IV. Aplicare - Transfer	4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor;
	5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

☞ Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe secvențele investigației științifice (competențe specifice), ca un grup de lecții lansate de o întrebare incitantă, deschisă, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor investigației. Procesul cognitiv central este analogia cu anticiparea efectului: prin „încercare și eroare” elevii descoperă mijloacele (variabilele) a căror manevrare (controlul variabilelor) îi conduce la rezultatul dorit.

☞ Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o discrepanță, de o întrebare care îi stârnește interesul și anume: „Două difuzoare plasate unul lângă celălalt emit simultan același sunet. Dacă se depărtează difuzoarele unul de celălalt, este posibil să auzim un sunet de intensitate maximă/minimă?”. Pe parcursul unității de învățare, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea: „Dacă două unde se suprapun într-un punct din spațiu, elongațiile particulelor din mediu sunt egale cu suma elongațiilor produse de fiecare undă în parte, iar intensitatea undei în acel punct poate atinge o valoare maximă/minimă”.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știu sau cred eu despre asta?*

Lecția 1

Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației.

Conținuturi: Interferența undelor mecanice. Principiul superpoziției undelor mecanice. Noțiunea de unde coerente. Condițiile producerii interferenței.

Procesul cognitiv: planificare sau anticipare

Scenariul lecției: tehnologic. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): încadrează interferența undelor mecanice într-un concept mai cuprinzător (oscilații și unde mecanice, fenomene ondulatorii); • Evocă întrebarea de investigat din „Jurnalul de observații științifice” (la dispoziția elevilor în clasă): „Cum interacționează două unde? Ce se întâmplă dacă două unde aflate în același mediu se întâlnesc?” sau „Valurile formate pe suprafața apei unui lac atunci când trece o barcă cu motor fac ca o bărcuță de lemn să salte pe „crestele” și „văile” valurilor. Dacă trec două bărci cu motor, se poate ca bărcuța să rămână nemișcată?” sau „Două difuzoare plasate unul lângă celălalt emit simultan același sunet. Dacă se depărtează difuzoarele unul de celălalt, este posibil să auzim un sunet de intensitate maximă/minimă?” și cere elevilor să găsească explicații/ răspunsuri/ ipoteze alternative la întrebare, privind cauzele fenomenului observat; • Orientează gândirea elevilor către identificarea proprietăților fizice (amplitudinea undei, intensitatea undei într-un punct, defazajul, oscilații în fază și în opoziție de fază) care disting ipotezele formulate, identifică <i>explicațiile neștiințifice</i> (dacă două unde se compun, amplitudinile lor se adună; bărcuța se mișcă în același sens cu valurile; etc.), <i>nevoile de cunoaștere</i> (utilizarea unor instrumente ce permit determinarea lungimii de undă, viteza de propagare a unei perturbații, pot evidenția defazajul dintre două oscilații armonice – aparatul lui Melde, aparat pentru evidențierea formării undelor staționare, tubul Kundt, cutia de	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale privind suprapunerea a două unde mecanice, intensitatea undei într-un punct, faza undei, defazajul dintre două unde, etc.; • Formulează ipoteze (răspunsuri) la întrebare, întrebări, de exemplu: „unde se pot ciocni?”; „probabil că prin compunerea a două unde, la fel ca la compunerea a două oscilații paralele de aceeași frecvență, amplitudinea oscilației rezultante poate să fie nulă”; „fazele undelor care se suprapun influențează fenomenul?”; „probabil există situații în care amplitudinile undelor ce interacționează se adună și situații în care ele se scad”; „unde acționează independent unele de altele?” și altele; • Menționează: <i>amplitudinea oscilației rezultante, intensitatea undei într-un punct, defazajul, etc.</i> (mărimi caracteristice ale interferenței undelor) și reformulează ipotezele formulate anterior: etc.; • Exersează (pe grupe de 3-4 elevi) producerea undelor staționare folosind „spirală magică” (un capăt al spiralei este fixat de un elev, iar alt elev pune celălalt capăt în mișcare oscilatorie după o direcție perpendiculară pe direcția spiralei.; analizează undele care se suprapun; evocă cunoștințele referitoare la compunerea oscilațiilor armonice paralele de aceeași frecvență, reflexia undelor mecanice, reflexia cu/fără schimbare de fază, etc. • Urmăresc și comentează filmul: http://www.youtube.com/watch?v=3BN5-JSsu_4



rezonanță, „spirală magică”, etc.);

- Îndrumă elevii să proiecteze verificarea ipotezelor formulate de ei;

- Comunică elevilor *criteriile evaluării finale (sumative)*, particularizând competențele programei școlare în raport cu tema de studiat;
- Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să planifice verificarea ipotezelor, să extragă informații de tipul „Ce este? (coerența, interferența constructivă/distructivă, interferența staționară, etc.)”.

- Disting situații care ar putea fi avute în vedere (variabilele de controlat), pentru a explica rezultatul compunerii undelor mecanice;
- Alcătuiesc grupuri de lucru în funcție de variantele de răspuns sau de preferințe;
- Evocă semnificația, accesibilitatea, relevanța pentru ei a criteriilor de evaluare a rezultatelor propuse de profesor;
- Efectuează tema pentru acasă (aprofundează variantele de răspuns, conexiuni cu experiențele proprii, asumă sarcini de documentare, procurarea materialelor, planificarea etapelor. Ex.: Analizați amplitudinea oscilației rezultante obținută prin suprapunerea a două unde sinusoidale ce se propagă în același sens sau în sensuri opuse, urmărind animațiile prezentate la: <http://ralphmuehleisen.com/animations.html> sau <http://www.walter-fendt.de/ph14e/stwaverefl.htm> Ce alți factori credeți că pot influența apariția „crestelor” și „văilor” la compunerea undelor? Se poate produce fenomenul de „bătăi” la compunerea undelor? În ce condiții?

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Lecția 2

Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 2. Colectarea probelor, analizarea și interpretarea informațiilor.

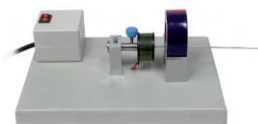
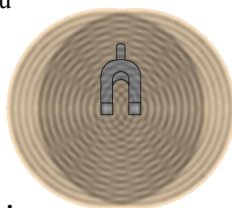
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; Lecție de formare a priceperilor și deprinderilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv: analogie cu anticiparea efectului.

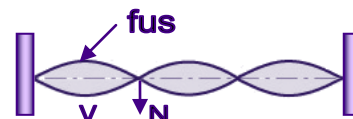
Scenariul lecției: experimental. Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Stimulează elevii să evalueze informațiile colectate acasă, la întrebările „Ce este? (coerența, interferența constructivă/distructivă, interferența staționară, etc.)”.	• Evaluează ipotezele propuse, modalitățile de verificare, evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.;

- Oferă elevilor materiale pentru experimentare: Cuve cu apă, bărcuțe din hârtie, diapazoane, cuie (atunci când pe suprafața apei se propagă undele produse de cuiele fixate pe diapazonul pus în vibrație, se poate urmări comportarea bărcuței din hârtie așezată pe suprafața apei); aparatul lui Melde, mase marcate, fire din materiale diferite (corzi de chitară, fire folosite la pescuit, sfori, etc.); măsura, apă, diapazon; și cere elevilor să experimenteze (eventual, să verifice ideea: zonele în care amplitudinea oscilațiilor este maximă alternează cu zonele în care amplitudinea oscilațiilor este minimă; maximele și minimele de interferență sunt distribuite la distanțe egale; amplitudinea oricărui punct de pe fir rămâne constantă în timp, dar diferă de la un punct la altul).
- Cere elevilor să comunice observațiile;



- Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii:
 - ☞ observă comportarea bărcuței din hârtie atunci când pe suprafața apei se propagă undele produse de cuiele fixate de diapazonul aflat în vibrație; schimbă poziția bărcuței; face observații referitoare la zonele formate pe suprafața apei, zone în care amplitudinea oscilației rezultante are valori alternativ maxime și minime;
 - ☞ observă formarea fuselor pe coarda aparatului lui Melde;
 - determină distanța dintre fuse; modifică tensiunea din coardă schimbând masa corpului suspendat; compară numărul de fuse formate pe coardă la diverse mase ale corpului suspendat; măsoară distanța dintre două noduri/două ventre consecutive; determină tensiunea în coardă, viteza de propagare a undelor)



- Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii comunică observațiile privind compunerea undelor mecanice:
 - ☞ dacă două unde se suprapun într-un punct din spațiu, elongațiile particulelor din mediu sunt egale cu suma elongațiilor produse de fiecare undă în parte;
 - ☞ rezultatul compunerii undelor depinde de defazajul dintre ele;
 - ☞ amplitudinea oscilației rezultante poate fi maximă (interferență constructivă) sau nulă (interferență distructivă) ;
 - ☞ dacă două unde de aceeași frecvență se propagă în sensuri opuse, amplitudinea oscilației rezultante în fiecare punct rămâne constantă în timp, dar diferă de la un punct la altul (interferență staționară);
 - ☞ frecvența de vibrație a unei corzi depinde de tensiunea în coardă, de numărul de fuse formate, de lungimea și masa corzii;
- Dacă și-au încheiat activitatea, elevii se reorientează către grupurile ale căror investigații sunt în curs de desfășurare;
- Efectuează tema pentru acasă, ca răspunsuri la întrebări:
 1. Cum depinde de timp defazajul dintre unda incidentă și cea reflectată la capătul fixat al corzii?
 2. Cum depinde de timp amplitudinea oscilației rezultante într-un punct de pe coardă?
 3. Ce fel de unde se formează în „cutia de rezonanță” a unei chitare?
 4. Pe ce fenomen se bazează acordarea unei chitare/viori, dacă se pun în vibrație două corzi alăturate (prima este acordată, iar a doua urmează a fi acordată)? Cum se procedează?
 5. Cum este distribuită energia undelor care se

- Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor, organizați în grupurile de lucru stabilite, să conceapă experimente pentru a răspunde la un set de întrebări;

compun, în cazul interferenței staționare? Este adevărată afirmația: „Undele staționare nu au energie”?

Secvența a III-a. Reflecție-explicare

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Lecția 3

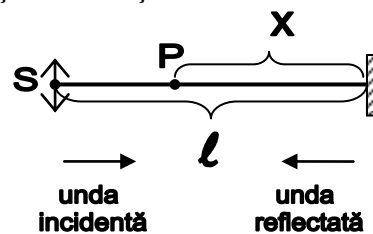
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor de comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv: inducție.

Scenariul lecției: inductiv. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemple (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
- Invită elevii să sintetizeze observațiile etapei de explorare și cere elevilor: ☞ să stabilească expresia amplitudinii oscilației rezultante într-un punct al câmpului de interferență în funcție de amplitudinile undelor care se suprapun (considerând că undele au aceeași frecvență) și de defazajul dintre ele; ☞ să reprezinte forma corzii oscilante în condițiile formării unui fus, a două sau trei fuse; ☞ să identifice punctele corzii ce oscilează cu amplitudine maximă (ventre) și minimă (fuse); - Cere elevilor să distingă un patern (model, regulă) pentru a putea explica situațiile ce pot apărea în câmpul de interferență: ■ analiza coerenței sau necoerenței undelor care se suprapun; precizarea condițiilor în care apare fenomenul de „bătăi” sau a figurilor Lissajous; ■ precizarea condițiilor de maxim și minim de interferență; ■ analizarea comportării în timp a amplitudinii unui punct din câmpul de interferență; ■ stabilirea legii de mișcare a unui punct din câmpul de interferență (funcție de timp și poziția punctului); ■ precizarea poziției nodurilor și ventrelor pe coarda vibrantă;	- Analizează datele credibile, argumentează alegerile și exprimă matematic amplitudinea oscilației rezultante, analizând factorii ce determină modificarea amplitudinii în timp și spațiu. Stabilește condițiile de maxim și minim de interferență în situația în care undele care se compun sunt coerente. - Constată că: ■ pentru producerea interferenței este necesar ca undele care se compun să fie coerente; ■ compară valorile intensității undei într-un punct din câmpul de interferență în cazul compunerii undelor coerente și în cazul compunerii undelor necoerente; ■ stabilește condițiile de maxim și minim de interferență și le exprimă în funcție de defazajul și de diferența de drum dintre cele două unde până în punctul de suprapunere; ■ deduce dependența de timp și poziție a elongației unui punct P de pe coarda vibrantă sesizând că se produce compunerea undelor incidentă și reflectată; stabilește pozițiile nodurilor și ventrelor pe coardă; trage concluzia că amplitudinea oscilațiilor unui punct de pe coardă este constantă în timp, dar diferă de la un punct la altul.



constituie un caz particular de interferență a undelor plane, caracterizat prin amplitudine rezultantă constantă în timp pentru orice punct al mediului în care se compun undele; în cazul formării undelor staționare în coarda vibrantă, se poate observa formarea „fuselor”;

- Cere elevilor să stabilească legătura dintre lungimea unui fus și lungimea de undă și să exprime condiția pe care trebuie să o îndeplinească lungimea corzii vibrante în care iau naștere unde staționare;

- Precizează elevilor că o coardă vibrantă are *moduri proprii de vibrație* ale căror frecvențe sunt multipli întregi ai *frecvenței fundamentale*; *frecvența fundamentală* se obține când coarda ia aspectul unui singur fus, celelalte frecvențe fiind corespunzătoare *armonicelor superioare de ordinul 2, 3, ...*

- Cere elevilor să deducă expresia frecvențelor armonice corespunzătoare diverselor moduri de vibrație ale corzii și să precizeze factorii de care depind acestea ;

- Cere elevilor să revină la întrebarea de investigat:

„Cum interacționează două unde? Ce se întâmplă dacă două unde aflate în același mediu se întâlnesc?”

„Valurile formate pe suprafața apei unui lac atunci când trece o barcă cu motor fac ca o bărcuță de lemn să salte pe „crestele” și „văile” valurilor. Dacă trec două bărci cu motor, se poate ca bărcuța să rămână nemișcată?”

„Două difuzoare plasate unul lângă celălalt emit simultan același sunet. Dacă se depărtează difuzoarele unul de celălalt, este posibil să auzim un sunet de intensitate maximă/minimă?”

și cere elevilor să formuleze o explicație a fenomenului observat;

- Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să răspundă la întrebări, cum sunt:

1. Ce este un ventru de oscilație? Exprimați în funcție de lungimea de undă λ ,

lungimea corzii care, în timpul oscilațiilor, ia forma din figura alăturată.



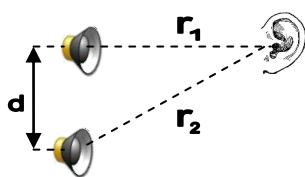
2. În ce condiții poate lua coarda forma prezentată?

3. Precizați condițiile în care se poate forma o undă staționară (sonoră) într-o sticlă cu volumul de 500 mL ce conține o cantitate de apă. Analizați relația dintre înălțimea coloanei de aer din sticlă și lungimea de undă a unei staționare.

4. Difuzoarele din figură se află la

distanța $d = 3\text{ m}$

unul de celălalt și emit în fază unde având aceeași amplitudine și lungimea de undă



jumătate din lungimea de undă și stabilește condiția ca în coarda vibrantă să ia naștere unde staționare;

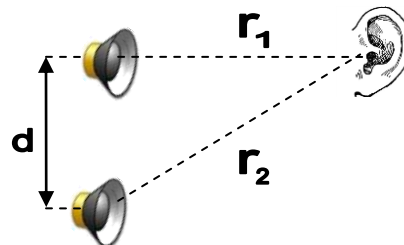
- Deduce expresia frecvențelor proprii de oscilație ale corzii vibrante, constatând că frecvența este cuantificată;

- Evidențiază factorii de care depinde frecvența unui mod de vibrație: tensiunea în coardă, caracteristicile corzii (lungime, masă);

- Formulează răspunsuri la întrebarea inițială:

- prin compunerea undelor coerente se produce fenomenul de interferență;

- în câmpul de interferență există zone în care amplitudinea oscilației rezultante este maximă, care alternează cu zone în care amplitudinea oscilației rezultante este minimă;



- Efectuează tema pentru acasă:

$\lambda = 1\text{ m}$. Precizați, justificând afirmația voastră, dacă intensitatea sunetului perceput de un observator aflat la distanța $r_1 = 4\text{ m}$ de primul difuzor, pe o direcție perpendiculară pe linia ce unește cele două difuzoare, este maximă sau minimă.

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Lecția 4

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): **4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor;**

Tipul lecției: **Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.**

Procesul cognitiv: **deducție.**

Scenariul lecției: **deductiv.** Elevul observă o definiție a conceptului de însușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Oferă elevilor materiale pentru experimentare, implicându-i în rezolvarea a noi probleme, evaluarea procedurilor/ soluțiilor adoptate, stabilirea limitelor de aplicabilitate a conceptelor definite, realizarea de previziuni (interpolări, extrapolări) pornind de la caracteristicile fenomenului de interferență: Ce concluzii păstrăm, ce concluzii eliminăm? Este această explicație/ soluție mai bună decât alta?; Ce explicații/ soluții nu sunt încă susținute de probe? Ce soluție mai bună am putea adopta? Etc. • Implică elevii în conceperea raportului final și extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă): cere elevilor să întocmească un scurt raport scris privind rezultatele investigațiilor proprii; avansează idei privind structura și conținutul raportului prezentat de elevi. Le înmânează elevilor (sau le postează la „fișiere elevi”, pe pagina clasei de pe site-ul școlii) un test de evaluare conținând diverse tipuri de teste referitoare la interferența undelor mecanice.	• Organizați în grupuri de lucru, elevii: c) observă, exprimă și optimizează condițiile necesare formării undelor staționare în tuburile sonore (închise la un capăt și deschise la celălalt, deschise la ambele capete); d) aplică cunoștințele referitoare la fenomenul de rezonanță în cazul tuburilor și coardelor sonore, identificând în fiecare situație sistemele excitator și rezonator; e) analizează din punct de vedere energetic comportarea sistemului rezonator care este supus simultan la două mișcări oscilatorii; f) demonstrează experimental variația intensității sunetului emis de coloana de apă dintr-o sticlă, în funcție de lungimea coloanei de apă, folosind ca sistem excitator un diapazon. • Asumă roluri în grupul de lucru, tipul de produs care va fi prezentat (construcții de dispozitive, lucrări de laborator, demonstrații/ determinări experimentale, rezolvare de probleme din culegeri, eseu, lucrări plastice și literare etc.), convin modul de prezentare (planșe, postere, portofolii, prezentări PowerPoint, filme și filmări proprii montate pe calculator etc.); • Negociază în grup conținutul și structura raportului final, convin modalitatea de prezentare (construcții, referat, eseu, poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.); • Întocmesc un scurt raport (oral, scris) privind rezultatele investigațiilor proprii, consecințe ale explicațiilor găsite.

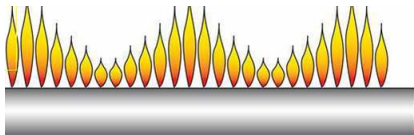
Lecția 5

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): **5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor;**

Tipul lecției: **Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.**

Procesul cognitiv: **analogie cu anticiparea mijloacelor.**

Scenariul lecției: **empiric.** Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor alcătuirea tubului lui Reuben și solicită elevilor să explice „dansul flăcărilor”, după ce aceștia urmăresc filmul postat pe: http://www.youtube.com/watch?v=gpCquUWqaYw&feature=related (sau fac împreună o vizită la „Experimentari um” unde pot urmări o demonstrație făcută cu acest dispozitiv;  • Implică elevii în prezentarea și evaluarea raportului final, vizând competențe: cognitive (operarea cu noțiunile înșușite); estetice (tehnică, design, editare); antreprenoriale (inovația, execuția și realizarea); sociale (cooperarea cu alți elevi, profesori, experți); de comunicare (folosirea judicioasă a informațiilor); metacognitive (distanțare critică față de propria lucrare, urmărirea obiectivelor propuse, autoevaluarea progresului, rectificarea necesară) etc.; • Evaluare sumativă finală, precizând instrumentele (testare scrisă sau verificare orală, proiecte, portofoliul - teme efectuate acasă/ în clasă etc.) și criteriile de evaluare formulate pe baza competențelor specifice selectate din programa școlară; • Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă, acțiuni colective în afara clasei, legături cu temele/ proiectele viitoare etc.). Le propune elevilor ca teme de studiu și de discuții: ☞ efectul piezoelectric și aplicațiile sale (rezonatorul piezoelectric – fenomenele ce explică funcționarea sa, domeniile sale de utilizare, etc.);	• Organizați în grupurile de lucru, elevii: ☞ fac presupuneri referitoare la undele care se suprapun; ☞ analizează caracteristicile propagării undelor sonore într-un gaz; ☞ precizează modul de distribuție al presiunii în gaz în situația formării undelor staționare; ☞ explică „dansul flăcărilor”. • Expun produsele realizate și prezintă în fața clasei rapoartele de lucru; • Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, întâlniri cu responsabili ai administrației locale și altele.

☞ generatorul de ultrasunete, difuzorul de ultrasunete și aplicațiile lor (fenomenele care stau la baza funcționării lor, schimburile energetice realizate, utilizarea lor în practică, etc.).

Bibliografie

** *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*, Center for Science, Mathematics, and Engineering Education, The National Academies Press, Washington 2000;
Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
Anthony Cody, <http://tlc.ousd.k12.ca.us/~acody/density1.html>;
David S. Jakes, Mark E. Pennington, H. A. Knodle, www.biopoint.com;
Marilyn Martello, <http://mypages.iit.edu/~smile/ph9613.html>;
<http://teachers.net/lessons/posts/1.html>;
<http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
http://www.teach-nology.com/teachers/lesson_plans/science/physics/
Manuale alternative:
Rodica Ionescu-Andrei, Cristina Onea, Ion Toma, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Grup Editorial ART, București, 2007
George Enescu, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura BIC ALL, București, 2002
Dorel Haralamb, Seryl Talpalaru, Gabriel Negrea, Constantin Rus, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Polirom, București, 2001
Constantin Mantea, Mihaela Garabet, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura BIC ALL, București, 2006
Mircea Rusu, Mircea Nistor, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Corint, București, 2006
Mihai Popescu, Valerian Tomescu, Smaranda Strazzaboschi, Mihai Sandu, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura LVS crepuscul, București, 2006

Unitatea de învățare: XI.8.1 Acustica.

„Înălțimea sunetului perceput se modifică, la trecerea unui vehicul pe lângă noi cu viteză!” sau
„Care sunt factorii care modifică înălțimea (frecvența) sunetelor?”

Katalin Mihancea

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 5

Conținuturi repartizate unității de învățare: Clasificarea undelor după frecvență. Condiții de audibilitate a oscilațiilor elastice. Poluarea sonoră. Calitățile sunetului. Efectul Doppler (studiu documentar). Aplicații ale fenomenelor acustice. Ultrasunetele și infrasunetele. Întrebări, exerciții, probleme (Programa de fizică pentru clasa a XI-a).

Modelul de învățare asociat: Proiectul

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Planul operațional (motivarea proiectului și analiza de nevoi, stabilirea criteriilor de evaluare a produsului și a criteriilor de realizare - etapele de parcurs);
II. Explorare - Experimentare	2. Colectarea materialelor, analizarea și interpretarea informațiilor, realizarea preliminară a produsului;
III. Reflecție - Explicare	3. Testarea criteriilor de realizare, formularea unor concluzii, revizuirea etapelor de parcurs;
IV. Aplicare - Transfer	4. Verificarea produsului (criteriile de evaluare) și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea produsului (de învățare).

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele proiectului** (competențe specifice), ca o succesiune lecții „cu finalitate reală” (Cerghit, I. ș.a., 2001), focalizate pe conceperea și realizarea unor produse finite, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor proiectului. Procesul cognitiv central este **planificarea sau anticiparea**.

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o observație surprinzătoare, și anume: „Înălțimea sunetului perceput se modifică, la trecerea unui vehicul pe lângă noi cu viteză!”. Pe parcursul unității de învățare, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea: „Sunetele produse de sursele sonore diferă prin frecvență și timbru. Unele sunete se aud altele nu. Frecvența sunetului produs de o sursă sonoră se modifică dacă sursa se deplasează față de receptor”.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: Ce știi sau cred eu despre asta?

Lecția 1

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 1. Planul operațional (motivarea proiectului și analiza de nevoi, stabilirea criteriilor de evaluare a produsului și a criteriilor de realizare - etapele de parcurs);

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor și expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv: planificare sau anticipare. **Scenariul lecției: tehnologic.** Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un <i>organizator cognitiv</i> (prezentarea unor slide-uri cu diferite tipuri de surse sonore și sunete); • Oferă elevilor un <i>portofoliu de teme</i> propuse spre realizare, urmând să fie evaluate în finalul unității de învățare, sub forme ca: (1) demonstrații/ modelări experimentale: studiul sunetelor folosind „monocordul”, foarfece și pai; (2) construcții: monocord; (3) referate științifice explicând: - Cât de lungi sunt undele sonore? Cum se poate determina frecvența propriului sunet folosind cutii de conservă? - Studiul sunetelor și instrumentelor muzicale; - Unde încetează mai repede un sunet, într-o sală mai mică sau într-una mai mare? Acustica unei săli; - De ce se modifică înălțimea sunetului produs de un vehicul care trece pe lângă noi cu viteză? (Studiul efectului Doppler) - Cum producem ultrasunete? (cristalul de cuarț) De ce se produce ultrasunetul într-un mediu lichid? - Cum se orientează liliacul? Cum putem scana adâncimile oceanelor folosind ultrasunetele? Care este asemănarea între un sonar și un ecograf? Alte aplicații ale ultrasunetelor. - Poluarea sonoră (4) postere, desene, eseuri literare etc., evocând noile cunoștințe etc.; • Cere elevilor să evoce <i>cunoștințele proprii</i> legate de proiectele propuse (ceea ce elevii știu), să distingă <i>noțiunile relevante</i> (surse sonore, frecvență, lungime de undă, propagarea sunetelor, undele sonore, instrumente muzicale, ultrasunete, infrasunete); • Comunică elevilor <i>criteriile evaluării finale (sumative)</i>, particularizând competențele programei școlare în raport cu tema de studiat; • Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să detalieze proiectele, să evalueze resursele, să extragă informații despre instrumente muzicale și calitățile unui sunet;	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale privind sunetele auzite, respectiv produse de diferite surse sonore; • Se orientează asupra realizării unor proiecte, alcătuiesc grupuri de lucru, evaluează tema pentru care au optat (interesantă, accesibilă, relevantă, productivă, complexă etc.); • Fiecare grup alege câte o temă de proiect, referat științific; • Asumă roluri în grupul de lucru, negociază tipul de produs care va fi prezentat (construcții, demonstrații/ determinări experimentale, poster, prezentare P.P.) • Evocă aspecte interesante, curiozități, dificultăți legate de proiectul ales, experiențe personale, observații în mediul înconjurător, deosebind fenomenele în termeni de sunet, frecvență, surse sonore, înălțime, intensitate, instrumente muzicale; • Evocă/ exersează determinarea dependenței înălțimii sunetului de frecvență și a factorilor de care depinde frecvența și timbrul unui sunet (utilizând monocordul, tuburi sonore, corzi, pai și foarfecă, studiu fenomenologic) • Evocă semnificația, accesibilitatea, relevanța pentru ei a criteriilor de evaluare a rezultatelor propuse de profesor; • Efectuează tema pentru acasă. Caută informații pe internet, bibliotecă;

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știi sau cred eu despre ea?

Lecția 2

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Colectarea materialelor, analizarea și interpretarea informațiilor, realizarea preliminară a produsului (de proiect);

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea rezultatelor; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv: analogie cu anticiparea efectului. **Scenariul lecției: experimental.** Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Evocă proiectele pentru care elevii au optat și stimulează elevii să prezinte informațiile colectate/ produsele realizate; • Oferă elevilor materiale pentru experimentare (vase cu apă, corzi, cutie pentru monocord, cutii de conservă, diapazoane, pai, foarfecă) și cere elevilor (eventual, prin fișe de lucru) să experimenteze (eventual, orientând gândirea elevilor către verificarea următoarelor idei: - dependența înălțimii sunetului de frecvență; - dependența frecvenței de lungimea și grosimea corzii sau a tubului sonor; - condiții de audibilitate a undelor sonore; - calitatea sunetului surselor sonore; - rolul cutiei de rezonanță; • Cere elevilor să comunice rezultatele obținute; • Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor, organizați în grupurile de lucru stabilite sau individual, să găsească răspunsuri la un set de întrebări;	• Evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: - observă sunetele produse de diferite surse sonore; - observă înălțimea sunetelor produse și compară lungimea corzii/a tubului sonor a grosimii acestora pentru diferite sunete produse și observă condițiile pentru a produce sunete de frecvență diferite și notează observațiile legate de dependența dintre lungimea și grosimea tubului sonor/corzii și înălțimea sunetului; - observă sunetele emise de diferite instrumente muzicale și alte surse, compară timbrul sunetelor emise; - observă sunetul produs de diapazoane și compară: înălțimea sunetelor și calitatea sunetului emis cu și fără cutia de rezonanță; • Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii comunică rezultatele privind: - dependența înălțimii sunetului de frecvență; - dependența frecvenței de lungimea și grosimea corzii sau a tubului sonor; - condiții de audibilitate a undelor sonore; - calitatea sunetului surselor sonore; - rolul cutiei de rezonanță; • Dacă și-au încheiat activitatea, elevii se reorientează către grupurile ale căror investigații sunt în curs de desfășurare; • Efectuează tema pentru acasă, ca răspunsuri la întrebări: - Care sunt factorii care modifică înălțimea (frecvența) sunetelor? - Unde încetează mai repede un sunet, într-o sală mai mică sau într-una mai mare? - Care este secretul violoncelor Stradivarius? - Ce înseamnă „acustică”, unei săli de concerte?

Secvența a III-a. Reflecție-explicare:

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Lecția 3

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Testarea criteriilor de realizare, formularea unor concluzii, evaluarea și revizuirea etapelor parcurse;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor: comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv: inducție. Scenariul lecției: inductiv. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemple (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Invită elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate în lecția anterioară și prin tema efectuată acasă și să distingă un patern care să explice: - Care sunt factorii care modifică înălțimea (frecvența) sunetelor? - Cum deosebim sursele sonore după sunetul auzit (timbrul/culoarea)? Ce sunt armonicile? - Unde încetează mai repede un sunet, într-o sală mai mică sau într-una mai mare sau unde este sunetul mai puternic, într-o încăpere sau în aer liber? - Ce înseamnă „acustica” unei săli de concerte? - Care este secretul viorilor Stradivarius? - Cum se poate determina frecvența propriului sunet? • Distribuie elevilor materiale (vas cu apă, cutii de conservă sau tub din plastic/sticlă lungime: 20-30 cm, diametrul 2-8 cm, riglă) și cere elevilor:	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii analizează datele credibile (ce date păstrăm, ce date eliminăm?) și raportează concluziile/ explicațiile pe care le înregistrează întreaga clasă: - Înălțimea unui sunet este dată de frecvența acestuia. - Frecvența sunetului depinde de lungimea și grosimea corzii, respectiv a tubului sonor care-l emite; - Sunetul este caracterizat prin: • înălțime – frecvență; • intensitate • culoare/timbru - Timbrul unui sunet este dat de numărul și intensitatea relativă a armonicilor care-l însoțesc. - Armonicile reprezintă sunete cu frecvența egală cu multiple întregi ale frecvenței sunetului de bază pe care-l însoțesc. Orice sunet produs este însoțit și de armonice de diferite intensități, ceea ce dă culoarea unui sunet. - Într-o încăpere sunetul suferă mai multe reflexii până se atenuează/încetează. Într-o sală mai mică reflexiile se petrec mai rapid, astfel energia sunetului scade mai repede. În sălile mai mari sunetul trebuie să parcurgă drumuri mai mari ca să se reflecte, astfel atenuarea are loc într-un timp mai lung. Se poate întâmpla ca „reflexiile,, să fie auzite timp de câteva secunde. - Dacă sunetul reflectat se produce atât de rapid, încât se contopește cu sunetul inițial, se produce amplificarea acestuia. De aceea se aude mai tare sunetul într-o încăpere mai mică, decât într-una mai mare, sau în aer liber. - În sălile mari. Se poate întâmpla ca „reflexia,, să se audă cu întârziere față de următorul sunet emis de sursă, ceea ce este deranjant. - Acustica unei săli reprezintă calitatea sunetului receptat ceea ce se poate obține prin forma sălii, a pereților și de materialele care acoperă pereții pentru captarea/absorbția sunetelor. O sală mare are acustică bună dacă durata „reflexiilor” este de 1,5 – 2 secunde. - Calitatea sunetului emis de o vioară depinde de intensitatea armonicilor sunetului produs, ceea ce depinde în mare măsură de lemnul folosit pentru construirea viorii. • Efectuează experimentul și înregistrează într-un tabel valorile măsurate și calculate;

a) să înregistreze într-un tabel comun: Numărul grupei; lungimea porțiunii tubului aflat deasupra apei în momentul când se aude sunetul amplificat; să repete măsurătorile pentru minim 5 sunete; valoarea frecvenței sunetului produs, calculat pe baza relației din fișa de lucru;

• **Cere elevilor să distingă un patern (model, regulă)** pe baza experimentului pentru determinarea frecvenței unui sunet folosind principiul descris;

• **Precizează** elevilor că:

- cu cât este mai mică frecvența, lungimea de undă corespunzătoare este mai mare ceea înseamnă necesitatea folosirii unor tuburi mai lungi;
- viteza de propagare a sunetului depinde de temperatura mediului;
- pentru rezultate mai precise trebuie avut în vedere faptul că în realitate ventrul se produce puțin în afara capătului liber al tubului, așadar la lungimea măsurată mai trebuie adăugată $1/3$ al diametrului tubului pentru a obține $1/4$ din λ .

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să **răspundă la întrebări**, care vor sta la baza temelor studiate în lecția următoare;

• **Constată** că:

- a) Coloana de aer din tub începe să vibreze prin rezonanță, iar aerul care este în contact cu apa nu este în vibrație, acolo se formează un nod.
- b) În partea deschisă a tubului moleculele de aer vibrează liber, acolo se formează un ventru.
- c) Distanța dintre nodul format la nivelul apei și ventrul de la capătul liber al tubului reprezintă exact $1/4$ din lungimea de undă a sunetului produs.
- d) Frecvența sunetului emis se poate calcula folosind relația: $v = v_{\text{sunet}} / \lambda$, unde $\lambda = 4l$, l fiind lungimea porțiunii de tub aflat deasupra apei ;

• **Reformulează constatările:**

- frecvența sunetului este invers proporțională cu lungimea de undă ;
- frecvența sunetului depinde de lungimea tubului sonor, cu cât lungimea coloanei de aer care vibrează este mai mare, sunetul produs are frecvența mai mică, adică este mai grav.

• **Efectuează tema pentru acasă:**

De ce se modifică înălțimea sunetului perceput la trecerea unui vehicul pe lângă noi cu viteză?

Ce este aparatul Doppler pentru circulația sângelui? (Studiul efectului Doppler)

Cum se pot produce ultrasunetele? (cristalul de cuarț și magnetostricțiune) De ce se produce ultrasunetul într-un mediu lichid?

Cum se orientează liliacul? Cum putem scana adâncimile oceanelor folosind ultrasunetele? Care este asemănarea între un sonar și un ecograf?

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Lecția 4

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Verificarea produsului (criteriile de evaluare) și raportarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor (de comunicare, cognitive, sociale etc.);

Procesul cognitiv: deducție. **Scenariul lecției:** deductiv. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicită caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare
	Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Oferă elevilor materiale pentru punerea în evidență a efectului Doppler (pipetă fixată pe suport mobil, apă, tavă joasă cu un strat de apă	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: - realizează experimentul;

de aprox. 1 cm înălțime) ; și **cere elevilor** (eventual, prin fișe de lucru) **să experimenteze** orientând gândirea elevilor către verificarea următoarelor idei:

- forma undelor în cazul în care pipeta este în stare de repaus;
- forma undelor și sunetul auzit când pipeta se deplasează înspre urechea ascultătorului?
- forma undelor și sunetul auzit când pipeta se îndepărtează de parte în care se află urechea ascultătorului.

Observă și îndrumă activitatea elevilor;

- **Cere elevilor să distingă un patern/explicație** cu ajutorul observațiilor și informațiilor, care să explice de ce sunetul își schimbă frecvența când sursa sonoră se află în mișcare față de receptor și să indice o modalitate prin care se poate calcula viteza de deplasare a unei surse sonore cunoscând frecvența sunetului perceput de receptor;
- **Invită elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile** colectate prin tema efectuată acasă și să treacă în caiet concluziile mai importante;

- **Implică elevii** în conceperea raportului final și **extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă): cere elevilor să finalizeze lucrările și să găsească și alte variante de prezentare a lucrărilor (filmulețe, prezentări P.P., etc.)

- **Propune elevilor** să realizeze modelul „cățelușului Heki”, oferind schema de principiu și explicații pentru proiect (v. Anexa 1).

- observă undele formate în situațiile date;
- confruntă cele observate în timpul experimentului cu informațiile adunate ca temă de casă;

Explicații: notăm:

- n – frecvența
- λ – lungimea de undă
- c – viteza sunetului emis de sursa aflată în repaus;
- v – viteza sursei aflate în mișcare;
- dacă sursa sonoră este în repaus: $c = n \cdot \lambda$
- în cazul în care sursa sonoră se deplasează cu viteza v , spre receptor, atunci unda „se înghesuie” în direcția respectivă, iar lungimea de undă devine $\lambda_d = (c-v)/n$
- frecvența sunetului perceput va fi:
- $n_n = c/\lambda_d$ și va fi mai mare decât n , adică sunetul perceput va fi mai înalt;
- în cazul în care sursa sonoră se îndepărtează de receptor cu viteza v , lungimea de undă crește:
- $\lambda_d = (c+v)/n$;
- frecvența sunetului auzit scade, când sursa care-l produce se îndepărtează de receptor, așadar sunetul perceput va fi mai grav.
- viteza sursei se poate determina din formulele date cunoscând frecvența sunetului perceput.
- a) **Selectează și sintetizează** informațiile adunate; Cum se pot produce ultrasunetele? (cristalul de cuarț sau magnetostricțiune) De ce se produce ultrasunetul într-un mediu lichid?
- producerea ultrasunetelor cu **cristalul de cuarț**: prin aplicarea de sarcini electrice de semne opuse pe părțile laterale ale plăcuței de cuarț, acesta se contractă și se dilată periodic în funcție de semnul sarcinilor, adică începe să vibreze.
- frecvența oscilațiilor produse depinde de grosimea plăcuței de cuarț;
- alternarea încărcării fețelor cu sarcini de semne opuse se realizează printr-un circuit oscilant, care trebuie reglat în așa fel încât să rezonanze cu oscilațiile proprii ale cristalului;
- cu o plăcuță de cristal cu grosimea de 1 mm se pot produce 2.500.000 oscilații într-o secundă.
- producerea ultrasunetelor prin **magnetostricțiune**, prin aplicarea unui curent produs de un circuit oscilant unei bobine cu un miez de Ni sau Co.
- în aer undele sonore sunt atenuate cu atât mai rapid cu cât au lungime de undă mai mică, așadar ultrasunetele sunt atenuate repede, motiv pentru care oscilatoarele sunt puse în lichide.
- aplicații.
- b) **Întocmesc un scurt raport** (oral, scris) privind rezultatele investigațiilor proprii, consecințe ale explicațiilor găsite.

- **Negociază în grup conținutul și structura** produsului final, convin **modalitatea de prezentare** (poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.).

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Lecția 5

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea produselor de învățare obținute.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv: analogie cu anticiparea mijloacelor. **Scenariul lecției: empiric.** Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în prezentarea și evaluarea raportului final, vizând competențe: cognitive (operarea cu noțiunile înșușite); estetice (tehnică, design, editare); antreprenoriale (inovația, execuția și realizarea); sociale (cooperarea cu alți elevi, profesori, experți); de comunicare (folosirea judicioasă a informațiilor); metacognitive (distanțare critică față de propria lucrare, urmărirea obiectivelor propuse, autoevaluarea progresului, rectificarea necesară) etc.; • Evaluare sumativă finală, prin verificare orală, proiecte, portofoliul - teme efectuate acasă/ în clasă etc. pe baza unor criterii de evaluare formulate pe baza competențelor specifice selectate din programa școlară; • Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă, acțiuni colective în afara clasei, legături cu temele/ proiectele viitoare etc.).	• Expun produsele realizate și prezintă în fața clasei rapoartele de lucru, posterele (turul galeriei) și prezentările P.P. • Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare;

Bibliografie

- (1) Cerghit, I. ș.a., *Prelegeri pedagogice*, Ed. Polirom, Iași 2001;
- (2) Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
- (3) Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
- (4) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
- (5) <http://mypages.iit.edu/~smile/physinde.html>;
- (6) <http://teachers.net/lessons/posts/1.html>;
- (7) <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
- (8) http://www.teach-nology.com/teachers/lesson_plans/science/physics/;
- (9) Öveges József, *Az élő fizika (Fizica vie)* Ed. Gondolat, Budapest, 1966

Unitatea de învățare: XI.8.2 Acustică. Ultrasunete și infrasunete

sau

De ce aceeași notă muzicală emisă de o vioară
și o trompetă sună diferit? sau

Care sunt factorii care modifică proprietățile unui sunet?

Patricia Vlad

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 6

Conținuturi repartizate unității de învățare: Clasificarea undelor după frecvență. Condiții de audibilitate a oscilațiilor elastice. Poluarea sonoră. Calitățile sunetului. Efectul Doppler (studiu documentar). Aplicații ale fenomenelor acustice. Ultrasunetele și infrasunetele. Întrebări, exerciții, probleme (Programa de fizică pentru clasa a XI-a).

Modelul de învățare asociat: **INVESTIGAȚIA**

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației;
II. Explorare - Experimentare	2. Colectarea probelor, analiza și interpretarea informațiilor;
III. Reflecție - Explicare	3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;
IV. Aplicare - Transfer	4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele investigației științifice** (definind competențe specifice), ca un grup de lecții lansate de o întrebare deschisă, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor investigației. Procesul cognitiv central este *analogia cu anticiparea efectului* (dezvoltarea noilor cunoștințe prin descoperirea mijloacelor/ variabilelor a căror manevrare/ control conduce la efectul/ rezultatul dorit).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o observație neașteptată, și anume: „De ce aceeași notă muzicală produsă de o vioară și o trompetă sună diferit” De ce există puncte pe o coardă care nu vibrează? De ce se propagă sunetul cu viteze diferite prin medii diferite și cine poate modifica viteza de propagare a sunetelor? Pe parcursul unității de învățare, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea următoare: *calitățile sunetelor precum înălțimea, intensitatea, timbrul depind de natura și construcția instrumentelor muzicale; viteza de propagare a sunetului depinde doar de proprietățile mediului prin care se propagă și nu depinde de amplitudinea, lungimea de undă sau frecvența undei. Elevii realizează deosebiri între viteza și frecvența undei, stabilesc relații de dependență între lungimea de undă, frecvență și viteza undei sonore.*

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știu sau cred eu despre asta?*

Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației.

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare).

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *planificare sau anticipare*. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): clasifică undele mecanice după frecvență; definește unda sonoră ca o undă mecanică longitudinală. Produce/prezintă videoclipuri referitoare la producerea sunetelor cu ajutorul unor instrumente muzicale cu corzi sau de suflat și produce modificarea calităților sunetului din diferite cauze. • Evocă întrebările de investigat din „Jurnalul de observații științifice” (la dispoziția elevilor în clasă): „De ce aceeași notă muzicală emisă de o vioară și o trompetă sună diferit?” „De ce recunoști o persoană după glas deși nu o vezi?” sau „Care sunt factorii care modifică calitățile unui sunet?” „De cine depinde viteza de propagare a unui sunet?” „De ce nisipul presărat pe placa ce vibrează se strânge în anumite puncte/linii?” sau „De ce bobite de polistiren puse de-a lungul unei corzi care vibrează se dispun la distanțe egale?” și cere elevilor să găsească explicații/ răspunsuri/ ipoteze alternative la întrebări, privind cauzele fenomenului observat; • Orientează gândirea elevilor către identificarea proprietăților sunetului (frecvență, amplitudine, spectrul sonor) și identifică explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere (utilizează instrumente precum monocordul pentru cauzarea modificării înălțimii sunetului). • Îndrumă elevii să proiecteze verificarea ipotezelor formulate de ei; • Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse.¹³	<i>Activitate frontală:</i> • Evocă exemple de surse sonore și experimente simple privind producerea sunetelor utilizând instrumente neconvenționale precum: o frunză, un pai cu o ancie, o coardă tensionată ciupită, o lamelă metalică sau un fierăstrău frecat cu un arcuș, o țeavă de cupru având la un capăt un balon umflat, o eprubetă sau o sticlă umplută parțial cu apă, etc. • Observă diferite moduri de producere a sunetelor: prin ciupire, lovire, frecare, suflare, apăsare, percutare, scuturare, cu ajutorul jetului turbionat (turbioane Karmann) sau electronic. • Formulează ipoteze (răspunsuri) la întrebări, de exemplu: „probabil din cauză că instrumentele sunt confecționate din materiale diferite”; „probabil că instrumentele au cutii de rezonanță de mărimi diferite”; „prin modificarea lungimii corzii respectiv a coloanei de aer care vibrează se variază înălțimea sunetului”; „grosimea coardei sau tubului nu modifică frecvența sunetului” „sunetul pur este însoțit și de alte sunete”, „sunetul nu se propagă la fel prin toate mediile”; „viteza sunetului se modifică dacă se modifică frecvența sursei sonore?”; „viteza sunetului depinde doar de proprietățile mediului prin care se propagă și nu de caracteristicile undei”; „există puncte/linii ale corzii/plăcii care nu vibrează”. • Stabilesc corespondentele în muzică a proprietăților fizice ale sunetului: înălțimea, intensitatea și timbrul. • Evocă/ exersează producerea sunetelor de frecvențe diferite prin modificarea lungimii corzii care vibrează; Elevii suflă în eprubete umplute cu apă până la nivele diferite și constată că sunetele emise au înălțimi diferite. • Reformulează ipotezele formulate anterior: - corzile mai scurte/ eprubetele umplute cu apă mai multă emit sunete mai înalte; - frecvența sunetului variază cu lungimea coardei sau a coloanei de aer care vibrează; - frecvența sunetului se modifică dacă coarda este mai tensionată. • Disting situații care ar putea fi avute în vedere (variabilele de controlat) pentru a explica fenomenele observate; • Alcătuiesc grupe de lucru în funcție de variantele de răspuns sau de preferințe; • Identifică produse pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Negociază cu profesorul conținutul și structura

¹³ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații

- **Consultă elevii** (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili **un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor** (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare);¹⁴

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă), cerându-le să planifice verificarea ipotezelor; se propune confecționarea de către elevi a unor instrumente muzicale simple.

portofoliului, **convin** modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.);

- **Evocă** semnificațiile, accesibilitatea, relevanța *criteriilor de evaluare* a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele.

- **Efectuează tema pentru acasă** (aprofundează variantele de răspuns, conexiuni cu experiențele proprii, asumă sarcini de documentare, procurarea materialelor, planificarea etapelor, realizează instrumente neconvenționale).

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știi sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Colectarea probelor, analizarea și interpretarea informațiilor.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; Lecție de formare a priceperilor și deprinderilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea efectului.* Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției); • Oferă elevilor materiale pentru experimentare monocord, eprubete umplute cu apă, microfon, osciloscop, oscilator, placă metalică, arcuș, nisip, platan și corpuri cu mase marcate etc. și cere elevilor, organizați pe grupe să experimenteze: Condiții de modificare a calităților sunetului, Interferența sunetelor, sunetul fundamental „pur” și armonicele; Relații de dependență între	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează ipotezele propuse, modalitățile de verificare, evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.;

Activitate pe grupe de lucru:

- **Grupa I: Calitățile sunetului**

- **observă** modificarea frecvenței sunetelor în funcție de lungimea corzii/coloanei care vibrează: suflă într-un pai care are o ancie și pe măsură ce suflă, taie din capătul liber al tubului, modificând lungimea coloanei care vibrează.

- **observă** variația frecvenței în funcție de tensiunea la

experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Eseu literar/ plastic pe teme studiate etc.

¹⁴ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

mărimile caracteristice unei sonore.

care este supusă coarda și stabilesc relația de directă proporționalitate: tensionează coarda unei chitare sau cea a monocordului;

- **produc și înregistrează** sunetul pur al unui diapazon, și obțin oscilograma;

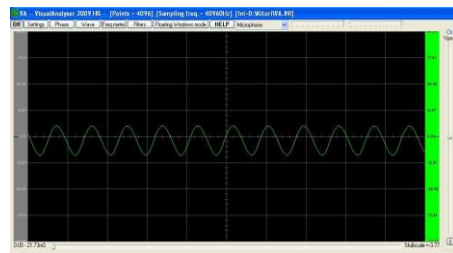


Fig.1

- **înregistrează și deosebesc oscilogramele în cazul** emiterii aceleiași note „la” (440 Hz) de către o vioară (fig. 2) și respectiv o trompetă (fig.3);



Fig.2



Fig.3

○ **Grupa II: Interferența sunetelor. Armonici**

- **observă** bobițe de polistiren care se așează la distanțe egale unele de altele pe o coardă care vibrează;
- **constată** existența unor puncte ale corzii care vibrează cu amplitudine maximă;
- **observă** apariția nodurilor și ventrelor;
- **sesizează** că numărul nodurilor și ventrelor se modifică dacă se modifică frecvența oscilatorului;
- **prezintă** și situația unei plăci metalice pe care s-a presărat nisip și care este pusă în stare de vibrație prin frecarea cu un arcuș;
- **observă** că nisipul se adună în anumite puncte ale plăcii care nu vibrează; dispunerea nisipului se modifică prin modificarea frecvenței de vibrație a plăcii;

● **Grupa III: Viteza sunetului**

- **deosebesc** între viteza (repezițiunea cu care este transmisă perturbația de la o particulă a mediului la alta din imediata vecinătate) și frecvența unei (numărul de vibrații pe care o particulă le realizează în unitatea de timp);
- **compară** viteza de propagare a două unde în condiții diferite: undele au amplitudini diferite (folosesc două resorturi identice ca lungime, fixate la un capăt și mâna produce oscilații cu aceeași lungime de undă dar

- **Cere elevilor** să comunice observațiile experimentale;

de amplitudini diferite);

- **modifică** frecvența sursei emițătoare de unde sau produc în resort pulsuri cu lungimile undă diferite;

- Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii **comunică observațiile** la experimentele efectuate:

Grupa I:

- frecvența sunetului variază invers proporțional cu lungimea corzii/coloanei de aer care vibrează;
- frecvența sunetului depinde direct proporțional cu tensiunea la care este supusă coarda;
- frecvența sunetului nu depinde de grosimea corzii/ a tubului de suflat;

Grupa II:

- pe firul monocordului se formează unde staționare; bobitele de polistiren/ nisipul de pe placă se dispun în noduri/ linii nodale (puncte care nu vibrează)
- la capetele firului apar noduri; lungimea firului este un multiplu de semilungimi de undă
- sunetul fundamental este însoțit de armonicele superioare;

Grupa III:

- viteza sunetului nu depinde de frecvența, lungimea de undă sau amplitudinea undei;
- viteza sunetului depinde de proprietățile elastice ale mediului prin care se propagă.

- **Elevii prezintă observațiile experimentale în fața clasei.**

Dacă și-au încheiat activitatea, elevii se reorientează către grupurile ale căror investigații sunt în curs de desfășurare;

- **Efectuează tema pentru acasă**, ca răspunsuri la întrebări: caută soluții, propun experimente simple care să-i conducă la găsirea explicațiilor, prezintă materiale filmate.

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)** și cere elevilor, organizați în grupurile de lucru stabilite, să **conceapă experimente** pentru a răspunde la un set de întrebări: 1. Viteza undei se modifică dacă mărim tensiunea la care este supusă coarda? 2. Cum explică viteza mai mare a sunetelor prin corpurile solide decât în cele lichide și gazoase? 3. Depinde viteza de propagare a sunetului de temperatura mediului? 4. De ce nu auzim o sonerie care sună sub un clopot vidat? 5. Care este legătura între lungimea coloanei care vibrează și lungimea de undă în cazul tuburilor deschise și închise? 6. Cum putem determina frecvența fundamentală a sunetului emis de un tub închis/ deschis de lungime dată.

Secvența a III-a. Reflecție-explicare

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemplu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): Invită elevii să sintetizeze observațiile etapei de explorare și cere elevilor să reunească datele în tabele de valori, să stabilească formule de dependență.	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; Grupa I: Reunesc observațiile într-un tabel, includ pozele oscilogramelor și interpretările lor. Grupa II: Determină formula pentru frecvența fundamentală și pentru armonicele superioare în cazul unui fir de lungime dată pe care se formează unde staționare. Rezolvă problema determinării frecvenței fundamentale a sunetului emis de un tub deschis și închis de lungime dată și stabilește deosebiri între cele două situații: - în cazul tuburilor deschise la capete se formează ventre: $l = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad n = 1, 2, 3, \dots;$ - în cazul tuburilor închise, la capătul închis se formează nod: $l = (2n - 1) \cdot \frac{\lambda}{4} \quad n = 1, 2, 3, \dots;$ Grupa III: Analizează datele obținute, argumentează alegerile și reunesc într-un tabel comun tensiunea, frecvența, lungimea de undă și viteza. • Formulează ipoteze privind relațiile așteptate;
• Cere elevilor să stabilească o relație de dependență a frecvenței funcție de lungimea corzii și tensiunea la care este supusă; Să indice o relație de dependență între lungimea de undă, frecvență și viteza de propagare. ○ Solicită elevilor să deosebească modul cum se formează componentele sunetului la tuburile închise și cele deschise. • Ghidează elevii să constate că viteza de propagare depinde de proprietățile mediului și nu caracteristicile undei. • Cere elevilor să revină la întrebările temă de investigat și să formuleze explicații	• Constată că: - menținând constantă tensiunea la care este supusă coarda și modificând treptat frecvența sursei emițătoare de unde, nu se variază viteza undei; - dacă frecvența undei se dublează, lungimea de undă se înjumătățește dar viteza undei rămâne constantă; dacă se mărește tensiunea la care este supusă coarda, se va mări și viteza undei sonore. Reformulează constatările, concluzionând că viteza de propagare a undei nu depinde de caracteristicile undei; viteza de propagare a undei depinde de proprietățile elastice și inerțiale ale mediului. Stabilesc relația matematică între lungimea de undă, frecvența și viteza undei <i>Activitate frontală</i> • Formulează argumente, stabilesc conexiuni între fenomenele investigate și noile situații problemă, prezintă experimentul cu o sonerie sub un clopot vidat.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să se	• Efectuează tema pentru acasă: prezintă materiale filmate, explicații cu demonstrație, videoclipuri și chiar

documenteze referitor la efectul Doppler (indică surse bibliografice precum și aplicații în practică, ex. radarul) și să găsească răspunsul la o întrebare temă: „De ce crește înălțimea sunetului emis de sirena unei salvări care se apropie de noi și scade când se depărtează?”

montaje experimentale care pun în evidență efectul Doppler.

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: deductiv. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): stabilirea relațiilor căutate, notarea lucrărilor efectuate de elevi; • Oferă elevilor materiale pentru experimentare, implicându-i în rezolvarea a noi probleme, evaluarea procedurilor/ soluțiilor adoptate. ○ Propune elevilor materiale documentare referitoare la ultrasunete și infrasunete și aplicațiile lor • Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), implicându-i în conceperea raportului final: cere elevilor să întocmească un scurt raport scris privind rezultatele investigațiilor proprii, oferind următoarea structură pentru acestea: 1. <i>Preambul/ Teoria lucrării</i> (definiții ale mărimilor fizice	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; <i>Activitate frontală</i> b) confecționează o sursă emițătoare de sunet, care să fie plasată de exemplu pe un cărucior mobil; c) observă variația înălțimii sunetului emis de sursă la apropierea/depărtarea sursei; d) explică efectul Doppler și condițiile în care apare; e) stabilesc cu ajutorul profesorului formulele frecvenței la apropierea/depărtarea sursei; – în cazul în care sursa sonoră se apropie de receptor cu viteza v, atunci unda „se înghesuie”, în direcția respectivă, iar lungimea de undă scade: $\lambda_a = (c-v)/v$ iar frecvența sunetului crește: $v_n = c/\lambda_a$ (sunetul este mai înalt); – în cazul în care sursa sonoră se depărtează de receptor cu viteza v, lungimea de undă crește: $\lambda_d = (c+v)/v$ iar frecvența sunetului scade: $v_n = c/\lambda_d$ adică sunetul devine mai grav. f) evidențiază aplicații practice: <i>radarul rutier</i>, principiul de funcționare; <i>măsurarea debitului sanguin</i>, metodă bazată pe efectul Doppler. • Asumă roluri în grupul de lucru, tipul de produs care va fi prezentat (construcții de instrumente neconvenționale, lucrări de laborator, demonstrații/ determinări experimentale, rezolvare de probleme din culegeri, eseuri); stabilesc modalități de prezentare (planșe, postere, portofolii, prezentări PowerPoint, filme și filmări proprii montate pe calculator etc.);

utilizate, enunțuri de legi/ teoreme, descrierea metodei folosite); 2. *Materiale necesare*; 3. *Modul de lucru* (operații de măsurare, de calcul, de înregistrare a datelor în tabele, grafice); 4. *Date experimentale* (tabel de date, prelucrarea datelor, calculul erorilor); 5. *Concluzii* (enunțuri generale, validarea unui enunț).

- **Negociază** în grup **conținutul și structura** raportului final, convin **modalitatea de prezentare** (construcții, referat, eseu, poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.);
- **Întocmesc un scurt raport** (oral, scris) privind rezultatele investigațiilor proprii, consecințe ale explicațiilor găsite.

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 5, Lecția 6

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea <i>temelor efectuate acasă</i> și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, <i>norme de protecția muncii în laborator</i> etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): prezentarea și evaluarea raportului final; ○ Propune elevilor materiale documentare referitoare la ultrasunete: producerea ultrasunetelor, proprietățile ultrasunetelor, aplicații în tehnică: defectoscopia ultrasonică, măsurarea grosimii unei piese cu ajutorul ultrasunetelor, sondajul și reperajul marin, aplicații în medicină: metode ultrasonice de scanare a organelor interne, tratarea anumitor tumori prin producerea încălzirii localizate a țesuturilor • Evaluare sumativă finală, precizând instrumentele (testare scrisă sau verificare orală, proiecte, portofoliul - teme efectuate acasă/ în clasă etc.) și criteriile de evaluare formulate pe baza competențelor specifice selectate din programa școlară; • Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea raportului final (portofoliului) pentru <i>evaluarea rezultatelor finale, vizând competențele cheie</i>¹⁵;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.; ○ Organizați pe grupe prezintă materiale referitoare la producerea, proprietățile și aplicații în practică a ultrasunetelor și infrasonetelor, curiozități, aspecte documentate, prezentări PowerPoint, etc. • Prezintă portofoliile/ produsele realizate/ rapoartele de lucru, expun produsele realizate, evaluează lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în <i>protocolul de</i>

¹⁵ Criteriile evaluării finale bazate pe competențe vor fi expuse în *anexele* unităților de învățare. Alături de criteriile competenței cognitive sau de rezolvare de probleme (expuse de *competențele specifice înscrise în*

evaluare;

- **Anunță verificarea orală/ testul scris** pentru lecția următoare, **reamintește elevilor criteriile evaluării sumative** bazate pe *competențele specifice înscrise în programele școlare*, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;
- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă):** acțiuni colective în afara clasei, legături cu teme viitoare etc.

- **Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, întâlniri cu responsabili ai administrației locale și altele.*

Bibliografie

1. Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
2. Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
3. Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
4. Schlett, Z. (coord.) *Experimente de Fizică și aplicații partea 3*, Editura Mirton Timișoara 2003;
5. Einführung in die Physik, 1977, Frankfurt am Main
6. www.physicsclassroom.com
7. www.phys.unsw.edu.au/jw/voice.html#sound
8. <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>

programele școlare vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele însușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

17. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);
18. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);
19. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);
20. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

Unitatea de învățare: XI.9 Circuitul RLC în curent alternativ

sau

„Cum ar fi viața noastră de zi cu zi fără circuitele de curent alternativ?”

sau

„Cum se comportă un circuit electric la o variație permanentă a tensiunii aplicate circuitului? Toate circuitele electrice au aceeași comportare?”

Rodica Bratu

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 10

Conținuturi repartizate unității de învățare: 2.1. Circuitul RLC în curent alternativ. Caracteristicile mărimilor alternative sinusoidale. Compunerea mărimilor alternative sinusoidale. Elemente de circuit. Circuitul RLC serie. Circuitul RLC paralel. Funcționarea în regim de rezonanță a circuitului RLC. Energia și puterea în curent alternativ sinusoidal. Rezolvarea rețelelor de curent alternativ. Aplicații în tehnică ale circuitelor de curent alternativ. Măsuri de protecție în producerea și utilizarea curentului alternativ. (Programa de fizică pentru clasa a XI-a).

Modelul de învățare asociat: **EXPERIMENTUL**

Competențe specifice: derivate din **modelul experimentului**, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice (Modelul de predare)
I. Evocare - Anticipare	1. Sesizarea problemei, formularea ipotezelor și planificarea experimentului;
II. Explorare - Experimentare	2. Realizarea dispozitivului experimental și colectarea datelor;
III. Reflecție - Explicare	3. Prelucrarea datelor și elaborarea concluziei;
IV. Aplicare - Transfer	4. Testarea concluziei și a predicțiilor bazate pe ea și prezentarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele experimentului** (definind competențe specifice), ca o succesiune de lecții declanșate de sesizarea unei probleme a cărei soluție presupune realizarea unui experiment în condiții de laborator, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor experimentului. Procesul cognitiv central este *inducția sau generalizarea* (dezvoltarea noilor cunoștințe pe baza observării unor exemple și contraexemple ale conceptului de învățat).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de situații-problemă, de exemplu: „Cum ar fi viața noastră de zi cu zi fără circuitele de curent alternativ? Cum se comportă un circuit electric la o variație permanentă a tensiunii aplicate circuitului? Toate circuitele electrice au aceeași comportare?”. Pe parcurs, gândirea elevilor se va dezvolta către ideea: „Rezultatele modelării matematice a funcționării unor circuite de curent alternativ întâlnite în practică sunt verificate și confirmate prin experiențe!”.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știi sau cred eu despre asta?*

Competențe specifice (derivate din modelul experimentului): 1. Avansarea ipotezelor și planificarea experimentului;

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *planificare sau anticipare*. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): încadrarea circuitelor electrice de curent alternativ într-un concept mai cuprinzător (fenomene electromagnetice, etc.), aspecte istorice ale descoperirii curentului electric alternativ, produse tehnologice care <i>ilustrează întrebarea din tema unității de învățare</i> (curentul electric alternativ ne ajută să rezolvăm probleme din viața de zi cu zi); stimulează atenția și interesul elevilor pentru ceea ce urmează să fie învățat, prin intermediul unor imagini captivante, lansarea unei probleme, pe care focalizează prezentarea, astfel încât elevii să fie atenți la expunere pentru a afla răspunsul; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (cunoștințe din clasa a X-a: producerea curentului electric alternativ, mărimile alternative sinusoidale, valorile efective ale intensității și tensiunii unui curent alternativ, utilizarea osciloscopului electronic, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale (în diverse maniere: oral, scris, prin desene, experimente, mimare etc.) privind curentul electric, necesitatea cunoașterii în activitatea zilnică etc.;
• Cere elevilor: - să distingă între mărimi fizice continue, constante, alternative și alternative sinusoidale; - să evoce experiențe personale de măsurare a tensiunii și intensității curentului electric continuu/alternativ și de vizualizare a variațiilor tensiunii și intensității curentului alternativ.	• Formulează (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe desene ce reprezintă diferite grafice): - identifică pe grafic o mărime constantă, o mărime alternativă și o mărime alternativă sinusoidală; - evocă faptul că tensiunea și intensitatea curentului electric se măsoară cu ampermetre și voltmetre conectate în serie, respectiv, în paralel și comutate pe regimul de funcționare corespunzător.
• Cere elevilor să evoce definiția curentului electric alternativ, a circuitelor electrice de curent alternativ (prin enumerarea elementelor care compun un circuit) și să prezinte simbolurile utilizate în schemele unor circuite electrice simple (desenate pe tablă, pe fișe de lucru);	• Evocă definiția curentului electric alternativ, enumeră elementele de circuit cunoscute, prezintă semnele convenționale utilizate în schemele electrice, observă simbolurile elementelor de circuit electric prezentate în desene și identifică elementele de circuit corespunzătoare.
• Cere elevilor să prezinte caracteristicile mărimilor alternative sinusoidale (tensiunea alternativă și curentul alternativ: valorile momentane, valorile maxime, pulsația și faza, valorile efective) și să identifice modurile de reprezentare/modelare a mărimilor alternative sinusoidale (reprezentare analitică, grafică, fazorială, în complex). • Comunică elevilor ideea că: - în analiza circuitelor de curent alternativ, <i>pe diagrama fazorială se reprezintă valorile efective</i>, nu valorile maxime ca în studiul oscilațiilor mecanice; - prezintă în principiu <i>formalismul numerelor complexe</i> (ideea reprezentării în complex): se	• Formulează (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe desene reprezentând grafice, fazori): - definesc pentru tensiunea și curentul alternativ: <i>valorile momentane/instantanee</i> (u, e, i), <i>valorile maxime</i> (U_m, E_m, I_m), <i>faza</i> $\varphi = (\omega t + \varphi_0)$ și <i>pulsația</i> ω; - identifică <i>valorile efective</i> U, I și le exprimă prin relațiile: $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ și $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$; - fac precizarea că voltmetrele și ampermetrele de curent alternativ sunt astfel etalonate încât să indice valorile efective; - identifică reprezentarea analitică a unei mărimi alternative sinusoidale, care permite descrierea în orice

plasează diagrama fazorială în planul complex, fiecărei mărimi alternative îi este asociat un număr complex cu modulul egal cu valoarea efectivă a mărimii alternative și cu argumentul egal cu faza acesteia, această reprezentare fiind cea mai utilizată metodă pentru rezolvarea rețelilor electrice cu un număr mare de ochiuri.	moment a variației mărimii respective, de exemplu: $u = U_m \sin(\omega t + \varphi_0)$; $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$; - identifică reprezentarea grafică a unei mărimi alternative sinusoidale, ca fiind reprezentarea grafică a funcțiilor $u=f_1(t)$ și $i=f_2(t)$; - identifică reprezentarea fazorială a unei mărimi alternative sinusoidale, ca fiind o posibilă variantă folosită pentru compunerea mărimilor sinusoidale.
• Cere elevilor: a. să compună mărimile alternative sinusoidale folosind reprezentarea grafică; b. să compună mărimile alternative sinusoidale folosind reprezentarea fazorială; Prezintă un exemplu: două generatoare de t.e.m. alternativă sinusoidală cu aceeași pulsație, $u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + \varphi_{01})$ și $u_2 = U_{2m} \sin(\omega t + \varphi_{02})$, sunt grupate în serie și cere elevilor să afle tensiunea la bornele grupării prin cele două metode.	• Formulează (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe desene): a. calculează faza inițială și amplitudinea tensiunii de la bornele grupării folosind formulele: $\tan \varphi_0 = \frac{U_{1m} \sin \varphi_{01} + U_{2m} \sin \varphi_{02}}{U_{1m} \cos \varphi_{01} + U_{2m} \cos \varphi_{02}}$ $U_m = \sqrt{U_{1m}^2 + U_{2m}^2 + 2U_{1m}U_{2m} \cos \Delta \varphi}, \Delta \varphi = \varphi_{02} - \varphi_{01};$ - reprezintă grafic tensiunile defazate, știind că $u = U_m \sin(\omega t + \varphi_0)$; b. folosesc aceleași formule pentru aflarea fazei inițiale și a tensiunii efective de la bornele grupării, dar în locul valorilor maxime apar valorile efective; - <i>compunerea tensiunilor alternative se reduce la compunerea fazorilor asociați mărimilor alternative sinusoidale (compunerea analitică a vectorilor).</i>
• Plecând de la întrebările: <i>Cum se comportă un circuit electric la o variație permanentă a tensiunii aplicate circuitului? Toate circuitele electrice au aceeași comportare?</i> propune elevilor să studieze experimental comportarea rezistorului, bobinei și condensatorului în curent continuu și în curent alternativ și ghidează gândirea elevilor către observarea mai multor caracteristici ale tensiunii și intensității curentului: amplitudinea, defazajul dintre tensiunea aplicată unui element de circuit și intensitatea curentului electric corespunzător.	• Formulează ipoteze cu privire la comportarea rezistorului, bobinei și condensatorului în curent continuu și curent alternativ, a diferențelor observate între tensiunile și intensitățile măsurate (explicații neștiințifice).
• Oferă elevilor elemente de circuit electric: generator de curent continuu și curent alternativ, rezistor, condensator variabil, bobină cu miez de fier, conductoare de legătură, întrerupător, ampermetru și voltmetru în c.c. și c.a., osciloscop cu spot multiplu, comutator electronic și cere elevilor: - să verifice dacă elementele de circuit sunt în stare de funcționare; - să realizeze circuite electrice simple (pe baza schemelor desenate pe tablă, în fișele de lucru); - să aplice circuitelor tensiuni continue/alternative și să citească indicațiile instrumentelor de măsură comutate pe regimul de funcționare corespunzător; - să calculeze raportul dintre valorile măsurate ale tensiunii și intensității în fiecare caz; - să observe diagrama curentului și tensiunii înregistrate de osciloscop; - să reprezinte fazorial tensiunea și curentul prin rezistor/bobină/condensator în c.a.; - să înregistreze și să comunice observațiile realizate și ipotezele cu privire la comportarea	• Organizați în grupuri de lucru: - realizează circuite electrice simple de c.c. și c.a. pe baza schemelor prezentate și verifică starea lor de funcționare; - înregistrează indicațiile instrumentelor de măsură comutate pe regimul de funcționare corespunzător; - calculează raportul dintre valorile măsurate ale tensiunii și intensității în fiecare caz; - observă pe ecranul osciloscopului tensiunea alternativă la capetele rezistorului/ bobinei/condensatorului și intensitatea curentului din circuit; - reprezintă fazorial tensiunea și curentul prin rezistor/ bobină/condensator în c.a. a. comportarea rezistorului: - observă că legea lui Ohm pentru un rezistor valabilă în c.c. este valabilă și în c.a., iar <i>rezistența electrică</i> a rezistorului are aceeași valoare în c.c. ca și în c.a.; - constată că, intensitatea curentului prin rezistor este în fază cu tensiunea aplicată acestuia, deci <i>fazorii asociați tensiunii și curentului pentru un rezistor sunt în fază</i>; - <i>comportarea rezistorului în c.a. este aceeași ca în c.c.</i>; b. comportarea bobinei: - observă că rezistența bobinei în c.c. este foarte mică și

rezistorului, bobinei și condensatorului în curent continuu și curent alternativ.	nu depinde de miezul de fier; - constată că, atunci când circuitul este alimentat sub tensiunea alternativă u cu valoarea efectivă U constantă, creșterea inductanței duce la scăderea intensității curentului; - presupune că rezistența bobinei în c.a. crește, deci bobina introduce o rezistență aparentă în c.a.; - constată că, intensitatea curentului prin bobină este defazată în urma tensiunii aplicate bobinei, iar prin creșterea inductanței defazajul dintre intensitate și tensiune crește, în cazul unei bobine ideale defazajul fiind $\pi/2$, deci <i>fazorii asociați tensiunii și intensității pentru o bobină ideală sunt defazați cu $\pi/2$, intensitatea este în urma tensiunii;</i> c. comportarea condensatorului: - condensatorul întrerupe circuitul de c.c. și permite trecerea curentului alternativ; - constată că, atunci când circuitul este alimentat sub tensiunea alternativă u cu valoarea efectivă U constantă, mărirea capacității condensatorului duce la creșterea intensității curentului; - presupune că și condensatorul introduce o rezistență aparentă; - constată că intensitatea curentului electric printr-un circuit în care este prezent un condensator ideal este defazată cu $\pi/2$ înaintea tensiunii, deci <i>fazorii asociați tensiunii și intensității pentru un condensator ideal sunt defazați cu $\pi/2$, tensiunea este în urma intensității.</i>
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor: 1. să rezume ideile și constatările de până acum; 1. să elaboreze un eseu analizând următoarea afirmație: „Pornind de la experimente și măsurători, fizicienii demonstrează că fenomenele naturale sunt guvernate de legi precise”(Richard Feynman);	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).
• Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse;¹⁶	• Identifică produse pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Negociază cu profesorul conținutul și structura portofoliului, convin modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.);
• Consultă elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor;¹⁷	• Evocă semnificațiile, accesibilitatea, relevanța criteriilor de evaluare a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele;
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerând elevilor să	• Efectuează tema pentru acasă - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster,

¹⁶ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Esau literar/ plastic pe temele studiate etc.

¹⁷ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

gândească și să prezinte, după preferințe, alcătuirea <i>portofoliului</i> necesar evaluării finale.	construcții, demonstrații etc.), lucrând în grupe/ individual.
--	--

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știi sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul experimentului): 2. Realizarea dispozitivului experimental și colectarea datelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea efectului*. Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute/ ipotezele formulate cu privire la folosirea modelelor matematice, care sunt suficient de intuitive, pentru înțelegerea curenților ce se produc în circuitele de curent alternativ.	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (comportarea rezistorului, bobinei și condensatorului în curent alternativ, norme de protecția muncii în laborator, etc.);	• Evocă observații proprii referitoare la rolul rezistorului, bobinei și condensatorului în c.a. și comunică părerile în clasă.
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): investigarea experimentală a funcționării circuitului RLC serie în curent alternativ;	
• Propune elevilor un studiu experimental al funcționării circuitului RLC serie în curent alternativ: - pentru simplificare, se va studia succesiv comportarea separată a rezistorului și bobinei (RL) montate în serie, a rezistorului și condensatorului (RC) montate în serie și se va continua cu circuitul RLC în care toate elementele sunt montate în serie.	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând schema electrică a unui circuit): - presupun că într-un circuit RL serie de c. a. <i>intensitatea curentului este defazată în urma tensiunii;</i> - presupun că într-un circuit RC serie de c. a. <i>intensitatea curentului este defazată înaintea tensiunii;</i> - presupun că într-un circuit RLC serie de c. a. <i>intensitatea curentului poate fi defazată în urma sau înaintea tensiunii.</i>
• Oferă elevilor materiale și fișe de activitate experimentală pentru experimente: generator de tensiune continuă/alternativă, ampermetru și voltmetre în c.c. și c.a., rezistor, bobină cu miez de fier (bobine de diferite inductanțe), condensator variabil, conductoare de legătură, osciloscop, comutator electronic.	• Organizați în grupuri de lucru, elevii: identifică ordinea în care vor efectua experimentele; citesc cu atenție instrucțiunile din fișa de activitate experimentală și pun întrebări pertinente profesorului; selectează și organizează corespunzător materialele necesare desfășurării experimentelor; efectuează determinări experimentale.
• Invită elevii să studieze experimental comportarea circuitului RL serie în curent continuu și în curent alternativ și cere elevilor: a. RL serie în c.c. - să realizeze circuitul electric format dintr-un	• Efectuează experimentul: a. RL serie în c.c. - realizează circuitul RL serie conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune continuă;

rezistor R și o bobină reală de inductanță L și rezistență R_b conectate în serie la bornele sursei de tensiune continuă; - să modifice inductanța bobinei și să măsoare tensiunea aplicată la bornele rezistorului, bobinei și la bornele circuitului și intensitatea curentului care străbate circuitul; - să verifice relația dintre tensiuni și legea lui Ohm și să formuleze concluzii; b. RL serie în c.a. - să înlocuiască sursa de tensiune continuă cu cea de tensiune alternativă și instrumentele de măsură să fie comutate pe regimul de funcționare corespunzător; - să modifice inductanța bobinei, iar pentru fiecare valoare a inductanței, să înregistreze tensiunile efective la bornele rezistorului, bobinei, la bornele circuitului și să măsoare intensitatea efectivă a curentului care străbate circuitul; - să verifice relația dintre tensiunile efective și să calculeze rapoartele dintre tensiunea efectivă și intensitatea efectivă pentru fiecare element de circuit; - să înregistreze într-un tabel tensiunile și curenții corespunzători (valorile lor efective); - să formuleze ipoteze cu privire la <i>relația dintre curent și tensiune</i> (valorile lor efective); c. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. <i>RL serie</i> și a intensității curentului: - să vizualizeze pe osciloscopul cu două canale tensiunea la bornele circuitului <i>RL serie</i> și intensitatea curentului din circuit; - să urmărească defazajul dintre cele două curbe dacă se modifică inductanța bobinei; - să formuleze concluzii.	- pentru fiecare valoare a inductanței măsoară tensiunile U_1, U_2 și U indicate de cele trei voltmetre de c.c. și intensitatea I indicată de ampermetrul de c.c. din circuit; - în limita erorilor experimentale verifică relațiile: $U = U_1 + U_2$ și $I = U/R_s$; $I = U_1/R$, $I = U_2/R_b$, pentru orice valoare a inductanței bobinei; - sesizează că în curent continuu inductanța bobinei nu influențează relația dintre mărimile caracteristice curentului electric. b. RL serie în c.a. - realizează circuitul <i>RL serie</i> conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune alternativă; - pentru o valoare dată a inductanței măsoară tensiunile efective U_R, U_L și U indicate de cele trei voltmetre de c.a. și intensitatea efectivă I indicată de ampermetrul de c.a. din circuit; - înregistrează datele culese în tabelul următor: <table><tr><th>L (mA)</th><th>U_R (V)</th><th>U_L (V)</th><th>U ()</th><th>I (mA)</th><th>U_R/I</th><th>U_L/I</th><th>U/I</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - constată experimental că: $U \neq U_R + U_L$, rapoartele U/I și U_L/I depind de inductanța bobinei, raportul U_R/I nu depinde de inductanța bobinei, iar $I < U/(R+R_b)$ pentru orice inductanță. c. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. <i>RL serie</i> și a intensității curentului: - observă cele două curbe de aceeași perioadă, dar defazate un față de alta – <i>curentul este defazat în urma tensiunii</i>, iar dacă se modifică inductanța constată că defazajul dintre cele două curbe <i>crește cu creșterea inductanței</i>; - într-un circuit RL serie de c.a. tensiunea este defazată întotdeauna înaintea intensității curentului electric.	L (mA)	U_R (V)	U_L (V)	U ()	I (mA)	U_R/I	U_L/I	U/I								
L (mA)	U_R (V)	U_L (V)	U ()	I (mA)	U_R/I	U_L/I	U/I										
• Invită elevii să studieze experimental comportarea circuitul <i>RC serie</i> în curent continuu și în curent alternativ și cere elevilor: a. RC serie în c.c. - să realizeze circuitul electric format dintr-un rezistor R și condensator de capacitate C conectate în serie la bornele sursei de tensiune continuă; - să măsoare tensiunea aplicată la bornele rezistorului, condensatorului, circuitului și intensitatea curentului care străbate circuitul; - să verifice relația dintre tensiuni și să formuleze concluzii; b. RC serie în c.a. - să înlocuiască sursa de tensiune continuă cu cea de tensiune alternativă și instrumentele de măsură să fie comutate pe regimul de funcționare corespunzător; - să modifice capacitatea condensatorului, iar pentru fiecare valoare a capacității, să înregistreze tensiunile efective la bornele rezistorului, condensatorului, la bornele circuitului și să măsoare intensitatea efectivă a curentului care străbate circuitul; - să verifice relația dintre tensiunile efective și să calculeze rapoartele dintre tensiunea efectivă și	• Efectuează experimentul: a. RC serie în c.c. - realizează circuitul <i>RC serie</i> conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune continuă și după un scurt timp constată că prin circuit nu trece curent electric; - din măsurători găsesc că: tensiunile $U_R=0$, $U_C = U$ și intensitatea $I = 0$; - afirmă că în curent continuu condensatorul întrerupe circuitul. b. RC serie în c.a. - realizează circuitul <i>RC serie</i> conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune alternativă; - pentru o valoare dată a capacității măsoară tensiunile efective U_R, U_C și U indicate de cele trei voltmetre de c.a. și intensitatea efectivă I indicată de ampermetrul de c.a. din circuit; - înregistrează datele culese în tabelul următor: <table><tr><th>C (μF)</th><th>U_R (V)</th><th>U_C (V)</th><th>U (V)</th><th>I (mA)</th><th>U_R/I</th><th>U_C/I</th><th>U/I</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - constată experimental că: $U \neq U_R + U_C$, rapoartele U/I și U_C/I depind de capacitatea condensatorului, raportul U_R/I nu depinde de capacitatea condensatorului, iar $I < (U/R)$ pentru orice capacitate a condensatorului.	C (μF)	U_R (V)	U_C (V)	U (V)	I (mA)	U_R/I	U_C/I	U/I								
C (μF)	U_R (V)	U_C (V)	U (V)	I (mA)	U_R/I	U_C/I	U/I										

intensitatea efectivă pentru fiecare element de circuit; - să înregistreze într-un tabel tensiunile și curenții corespunzători (valorile lor efective); - să formuleze ipoteze cu privire la <i>relația dintre curent și tensiune</i> (valorile lor efective); c. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. <i>RC serie</i> și a intensității curentului: - să vizualizeze pe osciloscopul cu două canale tensiunea la bornele circuitului <i>RC serie</i> și intensitatea curentului din circuit; - să urmărească defazajul dintre cele două curbe dacă se modifică capacitatea condensatorului și să formuleze concluzii.	c. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. <i>RC serie</i> și a intensității curentului: - observă cele două curbe de aceeași perioadă, dar defazate un fața de alta – <i>curentul este defazat înaintea tensiunii</i>, iar dacă se modifică valoarea capacității constată că defazajul dintre cele două curbe <i>scade cu creșterea capacității</i>; - într-un circuit RC serie de c.a. tensiunea este defazată întotdeauna în urma intensității curentului electric.												
• Invită elevii să studieze experimental comportarea circuitul <i>RLC serie</i> în curent alternativ și cere elevilor: a. RLC serie în c.a. - să realizeze circuitul electric format dintr-un rezistor, bobină și condensator conectate în serie la bornele sursei de tensiune alternativă și instrumentele de măsură să fie comutate pe regimul de funcționare corespunzător; - să modifice și să înregistreze tensiunile efective la bornele circuitului; - să măsoare intensitatea efectivă a curentului care străbate circuitul pentru diferite valori ale tensiunii efective; - să înregistreze într-un tabel tensiunile și curenții corespunzători (valorile lor efective); - să reprezinte grafic $I(U)$; - să calculeze rapoartele dintre tensiunea efectivă și intensitatea efectivă; - să formuleze concluzii. b. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. <i>RLC serie</i> și a intensității curentului: - să vizualizeze pe osciloscopul cu două canale tensiunea la bornele circuitului <i>RLC serie</i> și intensitatea curentului din circuit; - să urmărească defazajul dintre cele două curbe dacă se modifică inductanța bobinei(capacitatea condensatorului se păstrează constantă) sau, respectiv, capacitatea condensatorului(inductanța bobinei se păstrează constantă); - să formuleze ipoteze cu privire la <i>relația dintre curent și tensiune</i> (valorile lor efective) și la <i>caracterul circuitului</i>.	• Efectuează experimentul: a. RLC serie în c.a. - realizează circuitul <i>RLC serie</i> conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune alternativă; - modifică tensiunea efectivă la bornele circuitului, U și măsoară valorile tensiunii efective U și intensității efective I; - înregistrează datele culese în tabelul următor: <table><tr><td>U(V)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>I(mA)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - reprezintă grafic $I(U)$; - constată că reprezentarea grafică este o dreaptă care trece prin origine; - calculează panta graficului și rapoartele dintre tensiunea efectivă și intensitatea efectivă și constată că aceste rapoarte sunt constante și ele reprezintă inversul pantei drepte. b. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. <i>RLC serie</i> și a intensității curentului: - observă că cele două curbe au amplitudini diferite și sunt defazate; - constată că pentru o anumită inductanță/capacitate <i>intensitatea curentului este în fază cu tensiunea</i>; - pentru anumite valori ale inductanței/capacității <i>intensitatea curentului este defazată înaintea tensiunii</i> și presupun că circuitul are caracter capacitiv; - pentru anumite valori ale inductanței/capacității <i>intensitatea curentului este defazată în urma tensiunii</i> și presupun că circuitul are caracter inductiv.	U(V)						I(mA)					
U(V)													
I(mA)													
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor: 1. să reprezinte grafic, pentru circuitul <i>RL serie</i> în c.a., raportul U_L/I în funcție de inductanță pentru seturile de valori înregistrate; 2. să reprezinte grafic, pentru circuitul <i>RC serie</i> în c.a., raportul U_C/I în funcție de capacitate pentru seturile de valori înregistrate; 3. să compare graficele obținute pentru circuitul <i>RL serie</i> și <i>RC serie</i> și să formuleze ipoteze cu privire la cele observate.	• Efectuează tema pentru acasă. 1. Pentru circuitul <i>RL serie</i> de curent alternativ, în urma reprezentărilor grafice obțin drepte care trec prin origine. 2. Pentru circuitul <i>RC serie</i> de curent alternativ, în urma reprezentărilor grafice obțin curbe de tip hiperbole. 3. Raportul U_L/I depinde de inductanță direct proporțional, această dependență fiind liniară, iar raportul U_C/I depinde capacitate invers proporțional.												

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute/ ipotezele formulate cu privire la folosirea modelelor matematice, care sunt suficient de intuitive, pentru înțelegerea curenților ce se produc în circuitele de curent alternativ.	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.:
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (comportarea rezistorului, bobinei și condensatorului în curent alternativ, norme de protecția muncii în laborator, etc.);	• Evocă observații proprii referitoare la rolul rezistorului, bobinei și condensatorului în c.a. și comunică părerile în clasă.
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): investigarea experimentală a funcționării circuitului RLC paralel în curent alternativ;	
• Propune elevilor un studiu experimental al funcționării circuitului RLC paralel în curent alternativ: - pentru simplificare, se va studia succesiv comportarea separată a rezistorului și bobinei (RL) montate în <i>paralel</i>, a rezistorului și condensatorului (RC) montate în <i>paralel</i> și se va continua cu circuitul RLC în care toate elementele sunt montate în <i>paralel</i>.	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând schema electrică a unui circuit): - presupun că într-un circuit <i>paralel RL</i> de c. a. <i>intensitatea curentului este defazată în urma tensiunii</i>; - presupun că într-un circuit <i>paralel RC</i> de c. a. <i>intensitatea curentului este defazată înaintea tensiunii</i>; - presupun că într-un circuit <i>paralel RLC</i> de c. a. <i>intensitatea curentului poate fi defazată în urma sau înaintea tensiunii</i>.
• Oferă elevilor materiale și fișe de activitate experimentală pentru experimente: generator de tensiune continuă și tensiune alternativă, ampermetre și voltmetru în c.c. și c.a., rezistor, bobină cu miez de fier, condensator variabil, conductoare de legătură, osciloscop, comutator electronic.	• Organizați în grupuri de lucru, elevii: identifică ordinea în care vor efectua experimentele; citesc cu atenție instrucțiunile din fișa de activitate experimentală și pun întrebări pertinente profesorului; selectează și organizează corespunzător materialele necesare desfășurării experimentelor; efectuează determinări experimentale.
• Invită elevii să studieze experimental comportarea circuitul RL paralel în curent continuu și în curent alternativ și cere elevilor: a. RL paralel în c.c. - să realizeze circuitul electric format dintr-un rezistor R și o bobină reală de inductanță L și rezistență R_b conectate în paralel la bornele sursei de tensiune continuă; - să modifice inductanța bobinei și să măsoare tensiunea aplicată la bornele circuitului și <i>intensitatea curentului</i> care străbate care străbate fiecare element de circuit; - să verifice relația dintre intensități și legea lui Ohm și să formuleze concluzii; b. RL paralel în c.a. -- să înlocuiască sursa de tensiune continuă cu cea de tensiune alternativă și instrumentele de	• Efectuează experimentul: a. RL paralel în c.c. - realizează circuitul <i>RL paralel</i> conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune continuă; - pentru fiecare valoare a inductanței măsoară tensiunea U indicată de voltmetrul de c.c. și intensitățile I_1, I_2 și I indicate de cele trei ampermetre de c.c. din circuit; - în limita erorilor experimentale verifică relațiile: $I = I_1 + I_2$; $I = U/R_p$, $I_1 = U/R$, $I_2 = U/R_b$ pentru orice valoare a inductanței L; - sesizează că în curent continuu inductanța bobinei nu influențează relația dintre mărimile caracteristice curentului electric. b. RL paralel în c.a. - realizează circuitul <i>RL paralel</i> conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de

măsură să fie comutate pe regimul de funcționare corespunzător; - să modifice inductanța bobinei, iar pentru fiecare inductanță, să înregistreze tensiunea efectivă la bornele circuitului și să măsoare intensitatea efectivă a curentului care străbate fiecare element de circuit; - să verifice relația dintre intensitățile efective și să calculeze rapoartele dintre tensiunea efectivă și intensitatea efectivă pentru fiecare element de circuit; - să înregistreze într-un tabel tensiunile și curenții corespunzători (valorile lor efective); - să formuleze ipoteze cu privire la <i>relația dintre curent și tensiune</i> (valorile lor efective); c. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. RL paralel și a intensității curentului prin circuit: - să vizualizeze pe osciloscopul cu două canale tensiunea la bornele circuitului RL paralel și intensitatea curentului din circuit; - să urmărească defazajul dintre cele două curbe dacă se modifică inductanța bobinei și să formuleze concluzii.	tensiune alternativă; - pentru o valoare dată a inductanței măsoară tensiunea efectivă U indicată voltmetrul de c.a. și intensitățile efective I, I_R și I_L indicate de cele trei ampermetre de c.a. din circuit; - înregistrează datele culese în tabelul următor: <table><tr><th>L (mH)</th><th>I_R (mA)</th><th>I_L (mA)</th><th>I (mA)</th><th>U (V)</th><th>U/I_R</th><th>U/I_L</th><th>U/I</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - constată experimental că: $I \neq I_R + I_L$, rapoartele U/I și U/I_L depind de inductanța bobinei, raportul U/I_R nu depinde de inductanța bobinei, iar $I > (U/R)$ pentru orice inductanță. c. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. RL paralel și a intensității curentului: - observă cele două curbe de aceeași perioadă, dar defazate un fața de alta – <i>curentul este defazat în urma tensiunii</i>, iar dacă se modifică inductanța observă că defazajul dintre cele două curbe <i>scade cu creșterea inductanței</i>; - într-un circuit RL paralel de c.a. tensiunea este defazată întotdeauna înaintea intensității curentului electric.	L (mH)	I_R (mA)	I_L (mA)	I (mA)	U (V)	U/I_R	U/I_L	U/I								
L (mH)	I_R (mA)	I_L (mA)	I (mA)	U (V)	U/I_R	U/I_L	U/I										
• Invită elevii să studieze experimental comportarea circuitul RC paralel în curent continuu și în curent alternativ și cere elevilor: a. RC paralel în c.c. - să realizeze circuitul electric format dintr-un rezistor R și un condensator de capacitate C conectate în paralel la bornele sursei de tensiune continuă; - să măsoare tensiunea aplicată la bornele rezistorului, condensatorului, la bornele circuitului și intensitatea curentului care străbate circuitul; - să verifice relația dintre curenți și să formuleze concluzii; b. RC paralel în c.a. - să înlocuiască sursa de tensiune continuă cu cea de tensiune alternativă și instrumentele de măsură să fie comutate pe regimul de funcționare corespunzător; - să modifice capacitatea condensatorului, iar pentru fiecare capacitate, să înregistreze tensiunea efectivă la bornele circuitului și să măsoare intensitatea efectivă a curentului care străbate fiecare element de circuit; - să verifice relația dintre intensitățile efective și să calculeze rapoartele dintre tensiunea efectivă și intensitatea efectivă pentru fiecare element de circuit; - să înregistreze într-un tabel tensiunile și curenții corespunzători (valorile lor efective); - să formuleze ipoteze cu privire la <i>relația dintre curent și tensiune</i> (valorile lor efective); c. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. RC paralel și a intensității curentului prin circuit: - să vizualizeze pe osciloscopul cu două canale tensiunea la bornele circuitului RC paralel și	• Efectuează experimentul: a. RC paralel în c.c. - realizează circuitul RC paralel conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune continuă și constată că prin ramura cu condensator nu trece curent electric; - din măsurători găsesc tensiunea U și intensitățile I, I_R și $I_C=0$, iar în limita erorilor experimentale verifică relațiile: $I = I_R$; $I=U/R$, $I_R=U/R$; - se confirmă că prin latura cu condensator nu trece curentul electric continuu. b. RC paralel în c.a. - realizează circuitul RC paralel conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune alternativă; - pentru o valoare dată a capacității măsoară tensiunea efectivă U indicată de voltmetrul de c.a. și intensitățile efective I, I_R și I_C indicate de cele trei ampermetre de c.a. din circuit; - înregistrează datele culese în tabelul următor: <table><tr><th>C (μF)</th><th>I_R (mA)</th><th>I_C (mA)</th><th>I (mA)</th><th>U (V)</th><th>U/I_R</th><th>U/I_C</th><th>U/I</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - constată experimental că: $I \neq I_R + I_C$, rapoartele U/I și U/I_C depind de capacitatea condensatorului, raportul U/I_R nu depinde de capacitatea condensatorului, iar $I > (U/R)$ pentru orice capacitate. c. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. RC paralel și a intensității curentului: - observă cele două curbe de aceeași perioadă, dar defazate un fața de alta – <i>curentul este defazat înaintea tensiunii</i>, iar dacă se modifică capacitatea observă că defazajul dintre cele două curbe <i>crește cu creșterea capacității</i>; - într-un circuit RC paralel de c.a. tensiunea este defazată întotdeauna în urma intensității curentului	C (μF)	I_R (mA)	I_C (mA)	I (mA)	U (V)	U/I_R	U/I_C	U/I								
C (μF)	I_R (mA)	I_C (mA)	I (mA)	U (V)	U/I_R	U/I_C	U/I										

intensitatea curentului din circuit; - să urmărească defazajul dintre cele două curbe dacă se modifică capacitatea condensatorului și să formuleze concluzii.	electric.												
• Invită elevii să studieze experimental comportarea circuitul RLC paralel în curent alternativ și cere elevilor: a. RLC paralel în c.a. - să realizeze circuitul electric format dintr-un rezistor, bobină și condensator conectate în paralel la bornele sursei de tensiune alternativă și instrumentele de măsură să fie comutate pe regimul de funcționare corespunzător; - să modifice și să înregistreze tensiunile efective la bornele circuitului; - să măsoare intensitatea efectivă a curentului care străbate întregul circuit pentru diferite valori ale tensiunii efective și să înregistreze într-un tabel tensiunile și curenții corespunzători (valorile lor efective); - să reprezinte grafic intensitatea efectivă care străbate întregul circuit $I(U)$; - să calculeze rapoartele dintre tensiunea efectivă și intensitatea efectivă; - să formuleze ipoteze cu privire la relația dintre curent și tensiune (valorile lor efective); b. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. RLC paralel și a intensității curentului: - să vizualizeze pe osciloscopul cu două canale tensiunea la bornele circuitului RLC paralel și intensitatea curentului din circuit; - să urmărească defazajul dintre cele două curbe dacă se modifică inductanța bobinei(capacitatea condensatorului se păstrează constantă) sau, respectiv, capacitatea condensatorului(inductanța bobinei se păstrează constantă); - să formuleze ipoteze cu privire la relația dintre curent și tensiune(valorile lor efective) și la caracterul circuitului.	• Efectuează experimentul: a. RLC paralel în c.a. - realizează circuitul RLC paralel conform schemei electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune alternativă; - modifică tensiunea efectivă la bornele circuitului, U și măsoară valorile tensiunii efective U și intensității efective I; - înregistrează datele culese în tabelul următor: <table><tr><td>U(V)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>I(mA)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - reprezintă grafic $I(U)$; - constată că reprezentarea grafică este o dreaptă care trece prin origine; - calculează panta graficului și rapoartele dintre tensiunea efectivă și intensitatea efectivă și constată că aceste rapoarte sunt constante și ele reprezintă inversul pantei dreptei. b. Vizualizarea tensiunii la bornele circuitului de c.a. RLC paralel și a intensității curentului: - observă că cele două curbe au amplitudini diferite și sunt defazate; -- constată că pentru o anumită inductanță/capacitate intensitatea curentului este în fază cu tensiunea; - pentru anumite valori ale inductanței/capacității intensitatea curentului este defazată înaintea tensiunii și presupun că circuitul are caracter capacitiv; - pentru anumite valori ale inductanței/capacității intensitatea curentului este defazată în urma tensiunii și presupun că circuitul are caracter inductiv.	U(V)						I(mA)					
U(V)													
I(mA)													
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor 1. să reprezinte grafic, pentru circuitul RL paralel în c.a., raportul U/I_L în funcție de inductanță pentru seturile de valori înregistrate; 2. să reprezinte grafic, pentru circuitul RC paralel în c.a., raportul U/I_C în funcție de capacitate pentru seturile de valori înregistrate; 3. să compare graficele obținute pentru circuitul RL paralel și RC paralel și să formuleze ipoteze cu privire la diferențele observate.	• Efectuează tema pentru acasă. 1. Pentru circuitul RL paralel în curent alternativ, în urma reprezentărilor grafice obțin drepte care trec prin origine. 2. Pentru circuitul RC paralel în curent alternativ, în urma reprezentărilor grafice obțin curbe de tip hiperbole. 3. Raportul U/I_L depinde de inductanță direct proporțional, această dependență fiind liniară, iar raportul U/I_C depinde de capacitate invers proporțional.												

Secvența a III-a. Reflecție-explicare:

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Competențe specifice (derivate din modelul experimentului): 3. Prelucrarea datelor și elaborarea concluziei;

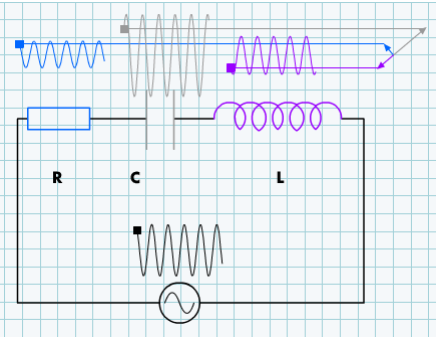
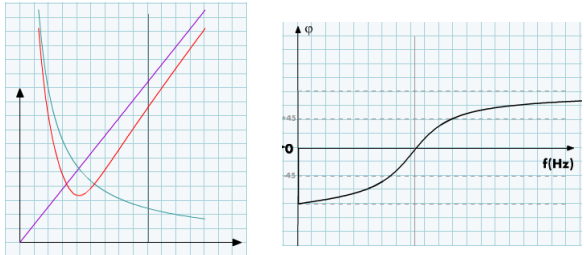
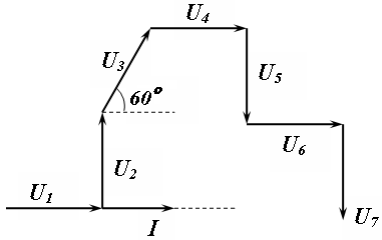
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemplu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute, să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă și să distingă reguli/ pattern-uri în datele colectate, pe baza reprezentărilor grafice realizate, prin idealizarea/ abstractizarea acestora; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (comportarea circuitului RLC în curent alternativ, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; - <i>raportul U_L/I depinde de inductanță direct proporțional, graficul obținut este o dreaptă care trece prin origine;</i> - <i>raportul U_C/I depinde de capacitate invers proporțional, graficul obținut fiind o curbă de tip hiperbolă;</i> - <i>rapoartele U_L/I și U_C/I caracterizează comportarea bobinei și a condensatorului într-un circuit serie de c.a.</i>
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): modelarea circuitului RLC serie de c.a. utilizând formalismul fazorial;	• Evocă observații proprii referitoare la utilizarea formalismului fazorial în studierea circuitului RLC serie în c.a. și comunică părerile în clasă(explicații neștiințifice).
• Propune elevilor prelucrarea rezultatelor experimentale obținute din studiul funcționării circuitului RLC serie în curent alternativ și cere elevilor: - să analizeze în cazul circuitelor serie <i>RL, RC, RLC</i>, pentru fiecare pereche de măsurători înscrise în tabele, rapoartele dintre tensiunea efectivă și intensitatea efectivă, graficele $I=f(U)$ pentru fiecare element de circuit, întregul circuit și să comunice constatările lor; - să discute aplicarea legii lui Ohm în cazul curentului alternativ; - să analizeze valabilitatea legilor lui Kirchhoff în cazul curentului alternativ.	• Organizați în grupuri de lucru, elevii pot sesiza o relație de directă proporționalitate între tensiuni și curenți (prin idealizarea/ abstractizarea rezultatelor obținute): - <i>rapoartele U/I, U_L/I, U_C/I depind de inductanța bobinei, de capacitatea condensatorului, iar raportul U_R/I nu depinde de inductanța bobinei și capacitatea condensatorului;</i> - <i>dacă inductanța și capacitatea sunt constante atunci și rapoartele U/I, U_L/I și U_C/I sunt constante;</i> - constată din reprezentările grafice de tipul $I=f(U)$, că graficele respective sunt drepte care trec prin origine și afirmă că între tensiunile efective și intensitățile efective ale curentului electric există relații de directă proporționalitate; - constată că legea lui Ohm în curent alternativ se aplică pentru valori efective și valori maxime; - presupun că legilor lui Kirchhoff în cazul curentului alternativ sunt valabile pentru valori instantanee.
• Definește(operațional) reactanța inductivă, reactanța capacitivă și impedanța unui circuit, prezintă unități de măsură, simboluri folosite și cere elevilor să scrie legea lui Ohm pentru diferite porțiuni de circuit: la bornele rezistorului, bobinei, condensatorului, la bornele circuitului.	• Formulează aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă): - observă că toate reactanțele și impedanța sunt rezistențe aparente și au aceeași unitate de măsură ca rezistența electrică; - sesizează că rapoartele U/I, U_L/I, și U_C/I studiate experimental reprezintă Z, X_L și X_C; - scriu legea lui Ohm pentru valori efective: $U = I \cdot Z$, $U_R = I \cdot R$, $U_L = I \cdot X_L$, $U_C = I \cdot X_C$.
• Comunică elevilor ideea că pentru a modela matematic oscilațiile tensiunii și curentului alternativ se utilizează <i>diagrama fazorială</i> – construcția Fresnel (modelarea circuitului RLC serie de c.a. utilizând formalismul fazorial).	• Evocă observații proprii referitoare compunerea fazorilor și comunică părerile în clasă(explicații neștiințifice): - compunerea mărimilor alternative sinusoidale se reduce la compunerea fazorilor asociați acestor mărimi.
• Cere elevilor: - să considere un circuit serie alcătuit dintr-un rezistor de rezistență R, o bobină ideală de inductanță L și un condensator ideal de capacitate	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - realizează schema electrică a circuitului <i>RLC serie</i> alimentat cu tensiunea $u = U_m \sin \omega t$;

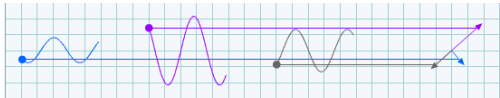
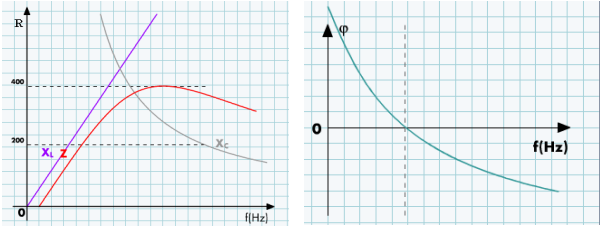
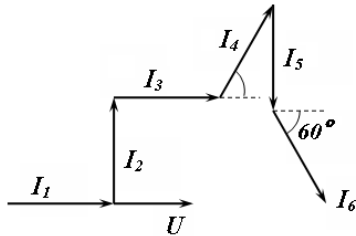
C, la bornele circuitului aplicându-se tensiunea alternativă sinusoidală $u = U_m \sin \omega t$; - să reprezinte printr-un desen schema electrică a circuitului; - să scrie bilanțul tensiunilor instantanee în circuitul <i>RLC serie</i>; - să exprime valorile instantanee ale intensității curentului electric din circuit și ale tensiunilor la bornele rezistorului, bobinei și condensatorului ; - să scrie ecuația fazorială atașată circuitului <i>RLC serie</i>; - să construiască diagrama fazorială în raport cu intensitatea I a curentului (fazor de referință), care este același pe întregul circuit; - să găsească legea lui Ohm pentru circuitul de c.a. <i>RLC serie</i>; - să determine impedanța circuitului și defazajul dintre tensiune și curent; - să analizeze caracterul circuitului.	- aplică legea a doua a lui Kirchhoff pentru valori instantanee și obțin: $u = u_R + u_L + u_C$; - exprimă intensitatea instantanee a curentului prin circuit: $i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$, unde φ este defazajul dintre tensiune și curent; - exprimă tensiunile instantanee la bornele fiecărui element știind că aceste tensiuni au un anumit defazaj în raport cu intensitatea curentului: $u_R = RI_m \sin(\omega t - \varphi)$, tensiunea pe rezistor $u_L = X_L I_m \sin\left(\omega t - \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$, tensiunea pe bobină $u_C = X_C I_m \sin\left(\omega t - \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$, tensiunea pe condensator - efectuează calcule și obțin ecuația fazorială atașată circuitului <i>RLC serie</i>: $\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L + \bar{U}_C$; - pe baza acestei ecuații construiesc diagrama fazorială a circuitului <i>RLC serie</i> luând ca fazor de referință fazorul asociat intensității curentului și obțin triunghiul tensiunilor; - în triunghiul tensiunilor fac raționamente geometrice, folosesc funcții trigonometrice și determină: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ impedanța circuitului și $\tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$ defazajul dintre tensiune și intensitate; - scriu legea lui Ohm pentru valori efective: $I = U/Z$; - analizează expresia defazajului și constată că: dacă $X_L > X_C$, $\varphi > 0$, predomină efectul bobinei, tensiunea este defazată înaintea intensității; dacă $X_L < X_C$, $\varphi < 0$, predomină efectul condensatorului, tensiunea este defazată în urma intensității; dacă $X_L = X_C$, $\varphi = 0$, efectele bobinei și condensatorului se compensează, tensiunea este în fază cu intensitatea; - realizează câte o diagramă fazorială pentru fiecare situație analizată.
• Ghidează elevii să explice variația reactanței inductive, reactanței capacitive, impedanței și a defazajului în funcție de frecvența tensiunii aplicate la bornele circuitului.	• Formulează aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă): - reactanța inductivă depinde direct proporțional de frecvență, reactanța capacitivă invers proporțional, iar impedanța și defazajul depind de frecvență într-un mod mai complicat.
• Invită elevii să utilizeze aplicația interactivă AEL care simulează studiul circuitului <i>RLC serie</i> în c.a. și cere elevilor: a. să modifice pe rând valorile rezistenței, inductanței și capacității și să urmărească: - forma tensiunilor la bornele elementelor circuitului și fazorii asociați acestor tensiuni;	• Utilizează softul educațional care simulează circuitului <i>RLC serie</i> în c.a: a. modifică pe rând rezistența R, inductanța L și capacitatea C și observă: - reprezentările grafice ale tensiunilor u_R, u_L, u_C, u ; - cei trei fazori sunt defazați, se rotesc cu aceeași viteză unghiulară și își modifică modulul în funcție de valorile rezistenței, inductanței și capacității; b. modifică frecvența și observă:

 b. să modifice frecvența și să urmărească: - modificările care apar în triunghiul impedanțelor; - graficul variației impedanței și reactanțelor; - graficul variației defazajului în funcție de frecvență; c. să formuleze concluzii.	- schimbarea caracterului circuitului în funcție de relația dintre X_L și X_C;  - din reprezentările grafice ale reactanțelor, ale impedanței și a defazajului în funcție de frecvență observă că frecvența influențează caracterul circuitului; c. stabilesc din reprezentările grafice și cele fazoriale că: - dacă $X_L > X_C$ circuitul are caracter inductiv; - dacă $X_L < X_C$ circuitul are caracter capacitiv; - dacă $X_L = X_C$ circuitul este în regim de rezonanță; - impedanța este minimă când $X_L = X_C$ și $\varphi = 0$.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor: 1. să rezolve următoarea problemă: în diagrama fazorială din figura alăturată, toate tensiunile au aceeași valoare 40V, iar intensitatea curentului din circuit este 2A. a. Determinați tensiunea de alimentare a circuitului, rezistența, reactanța și impedanța circuitului; b. Realizați schema electrică a circuitului corespunzător diagramei și triunghiul tensiunilor pentru acest circuit. 2. să utilizeze formalismul fazorial în rezolvarea unor circuite de curent alternativ RLC serie: calcul de reactanțe, impedanțe, defazaje, diagrame fazoriale, valori momentane de intensități ale curentului și tensiuni pentru diferite elemente de circuit (culegere de probleme).	• Efectuează tema pentru acasă. a. $U_x = U_{1x} + U_{2x} + U_{3x} + U_{4x} + U_{5x} + U_{6x} + U_{7x} = 140V$, unde: $U_{1x} = U_{4x} = U_{6x} = 40V$; $U_{2x} = U_{5x} = U_{7x} = 0V$; $U_{3x} = 20V$ $U_y = U_{1y} + U_{2y} + U_{3y} + U_{4y} + U_{5y} + U_{6y} + U_{7y} = -5,4V$, unde: $U_{1y} = U_{4y} = U_{6y} = 0V$; $U_{2y} = 40V$, $U_{5y} = U_{7y} = -40V$; $U_{3y} = 34,6V$ $U = 140,10V$; $R = U_x / I = 70\Omega$; $X = U_y / I = -2,7\Omega$; $Z = U / I = 70,05\Omega$;  b. Circuitul electric cuprinde următoarele elemente grupate în serie: rezistor R_1, bobină ideală L_2, bobină reală R_3 și L_3, rezistor R_4, condensator C_5, rezistor R_6, condensator C_7.

Lecția 5

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute, să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă și să distingă reguli/ pattern-uri în datele colectate, pe baza reprezentărilor grafice realizate, prin idealizarea/ abstractizarea acestora; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (comportarea circuitului RLC în c.a., norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare, evocă</i> dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.: - pentru circuitul <i>RL paralel</i> de c.a., <i>raportul U/I_L depinde</i> inductanță <i>direct proporțional</i>, <i>graficul obținut este o dreaptă care trece prin origine</i>; - pentru circuitul <i>RC paralel</i> de c.a., <i>raportul U/I_C depinde</i> de capacitate <i>invers proporțional</i>, <i>graficul obținut fiind o curbă de tip hiperbolă</i>. - <i>rapoartele U/I_L și U/I_C caracterizează</i> comportarea bobinei și a condensatorului într-un circuit paralel de c.a.
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): modelarea circuitului RLC paralel de c.a. utilizând formalismul fazorial; • Propune elevilor prelucrarea rezultatelor	• Evocă observații proprii referitoare la utilizarea formalismului fazorial în studierea circuitului RLC paralel în c.a. și comunică părerile în clasă (explicații neștiințifice). • Organizați în grupuri de lucru, elevii pot sesiza o

experimentale obținute din studiul funcționării circuitului RLC paralel în curent alternativ și cere elevilor: - să analizeze în cazul circuitelor <i>paralel RL, RC, RLC</i>, pentru fiecare pereche de măsurători înscrise în tabele, rapoartele dintre tensiunea efectivă și intensitatea efectivă pentru fiecare element de circuit, întregul circuit, graficele $I=f(U)$ pentru fiecare element de circuit, întregul circuit și să comunice constatările lor; - să discute aplicarea legii lui Ohm în cazul curentului alternativ; - să analizeze valabilitatea legilor lui Kirchhoff în cazul curentului alternativ;	<i>relație de directă proporționalitate</i> între tensiuni și curenți (prin idealizarea/ abstractizarea rezultatelor obținute): - <i>rapoartele U/I, U/I_L, U/I_C depind de inductanța bobinei, de capacitatea condensatorului iar raportul U/I_R nu depinde de inductanța bobinei și capacitatea condensatorului;</i> - <i>dacă inductanța și capacitatea sunt constante atunci și rapoartele U/I, U/I_L și U/I_C sunt constante;</i> - constată din reprezentările grafice de tipul $I=f(U)$, că graficele respective sunt drepte care trec prin origine și afirmă că între tensiunile efective și intensitățile efective ale curentului electric există relații de directă proporționalitate; - constată că legea lui Ohm în curent alternativ se aplică pentru valori efective și valori maxime; - afirmă că legilor lui Kirchhoff în cazul curentului alternativ sunt valabile pentru valori instantanee;
• Comunică elevilor ideea că pentru a modela matematic oscilațiile tensiunii și curentului alternativ se utilizează <i>diagrama fazorială</i> – construcția Fresnel (modelarea circuitului RLC paralel de c.a. utilizând formalismul fazorial).	• Evocă observații proprii referitoare compunerea fazorilor și comunică părerile în clasă: compunerea mărimilor alternative sinusoidale se reduce la compunerea fazorilor asociați acestor mărimi.
• Cere elevilor: - să considere un circuit paralel alcătuit dintr-un rezistor de rezistență R, o bobină ideală de inductanță L și un condensator ideal de capacitate C, la bornele circuitului aplicându-se tensiunea alternativă sinusoidală $u = U_m \sin \omega t$; - să reprezinte printr-un desen schema circuitului; - să scrie relația între valorile instantanee ale intensității curenților în circuitul <i>RLC paralel</i> (bilanțul intensităților instantanee ale curentului într-unul dintre nodurile rețelei); - să exprime valorile instantanee ale intensității curentului electric din fiecare element de circuit și din întregul circuit; - să scrie ecuația fazorială atașată circuitului <i>RLC paralel</i>; - să construiască diagrama fazorială în raport cu tensiunea la bornele circuitului (fazor de referință), care este comună tuturor elementelor de circuit; - să găsească legea lui Ohm în valori efective pentru circuitul de c.a. <i>RLC paralel</i>; - să determine impedanța circuitului și defazajul dintre tensiune și curent; - să analizeze caracterul circuitului.	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - realizează schema electrică a unui circuit <i>paralel RLC</i> alimentat cu tensiunea $u = U_m \sin \omega t$; - aplică prima lege a lui Kirchhoff pentru valori instantanee și obțin: $i = i_R + i_L + i_C$; - exprimă intensitatea instantanee a curentului prin circuit: $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$, unde φ este defazajul dintre tensiune și curent; - exprimă intensitățile instantanee prin fiecare element de circuit știind că acești curenți au un anumit defazaj în raport cu tensiunea la bornele grupării: $i_R = \frac{U_m}{R} \sin \omega t, \text{ curentul prin rezistor}$ $i_L = \frac{U_m}{X_L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right), \text{ curentul prin bobină}$ $i_C = \frac{U_m}{X_C} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right), \text{ curentul prin condensator}$ - efectuează calcule și obțin ecuația fazorială atașată circuitului RLC paralel: $\vec{I} = \vec{I}_R + \vec{I}_L + \vec{I}_C$; - pe baza acestei ecuații construiesc <i>diagrama fazorială</i> a circuitului RLC paralel, luând ca <i>fazor de referință</i> fazorul asociat tensiunii aplicate grupării și obțin <i>triumghiul intensităților</i>; - în <i>triumghiul intensităților</i> fac raționamente geometrice, folosesc funcții trigonometrice și determină: $Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}} \text{ impedanța circuitului}$ $\tan \varphi = R \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right) \text{ defazajul dintre intensitatea curentului și tensiune;}$

	- scriu legea lui Ohm pentru valori efective: $I=U/Z$; - analizează expresia defazajului și constată că: dacă $X_L > X_C$, $\varphi > 0$, intensitatea curentului este defazată înaintea tensiunii ($I_C > I_L$); dacă $X_L < X_C$, $\varphi < 0$, intensitatea curentului este defazată în urma tensiunii ($I_C < I_L$); dacă $X_L = X_C$, $\varphi=0$, efectele bobinei și condensatorului se compensează și circuitul se comportă pur rezistiv; - realizează câte o diagramă fazorială pentru fiecare situație analizată.
• Ghidează elevii să explice variația impedanței și a defazajului în funcție de frecvența tensiunii aplicate la bornele circuitului.	• Formulează aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă): - dependența de frecvență a impedanței și a defazajului se poate analiza și explica pe baza graficelor acestor funcții;
• Invită elevii să utilizeze aplicația interactivă AEL care simulează studiul cantitativ al circuitului RLC paralel în c.a. și cere elevilor: a. să modifice pe rând valorile rezistenței, inductanței, capacității și să urmărească: - forma curenților prin ramurile circuitului paralel și fazorii asociați curenților prin ramurile circuitului;  b. să modifice frecvența și să urmărească: -- graficul variației impedanței și reactanțelor în funcție de frecvență; - graficul variației defazajului în funcție de frecvență, pentru diferite valori ale rezistenței, inductanței și capacității; c. să formuleze concluzii.	• Utilizează softul educațional care simulează studiul cantitativ al circuitului RLC paralel în c.a: a. modifică pe rând rezistența R, inductanța L și capacitatea C și observă: - reprezentările grafice ale curenților i_R, i_L, i_C; - cei trei fazori sunt defazați, se rotesc cu aceeași viteză unghiulară și își modifică modulul în funcție de valorile rezistenței, inductanței și capacității; b. modifică frecvența și observă: - schimbarea caracterului circuitului în funcție de relația dintre X_L și X_C; - din reprezentările grafice ale reactanțelor, ale impedanței și a defazajului în funcție de frecvență observă că frecvența influențează caracterul circuitului;  c. stabilesc din reprezentările grafice și cele fazoriale că: - dacă $X_L > X_C$ circuitul are caracter capacitiv; - dacă $X_L < X_C$ circuitul are caracter inductiv; - dacă $X_L = X_C$ circuitul este în regim de rezonanță; - impedanța este maximă când $X_L = X_C$ și $\varphi=0$.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor: 1. să rezolve următoarea problemă: în diagrama fazorială din figura alăturată, toate intensitățile au aceeași valoare 2A, iar tensiunea aplicată circuitului este 60V. a. Determinați intensitatea curentului prin circuitul principal, rezistența, reactanța și impedanța circuitului; b. Realizați schema electrică a circuitului corespunzător diagramei și triunghiul intensităților pentru acest circuit. 2. să utilizeze formalismul fazorial în rezolvarea unor circuite de curent alternativ RLC paralel: calcul de reactanțe, impedanțe, defazaje, diagrame fazoriale, valori momentane de intensități ale curentului și tensiuni pentru diferite elemente de circuit (culegere de probleme).	• Efectuează tema pentru acasă.  a. $I_x = I_{1x} + I_{2x} + I_{3x} + I_{4x} + I_{5x} + I_{6x} = 6A$, unde: $I_{1x} = I_{3x} = 2A$; $I_{2x} = I_{5x} = 0A$; $I_{4x} = I_{6x} = 1A$ $I_y = I_{1y} + I_{2y} + I_{3y} + I_{4y} + I_{5y} + I_{6y} = 2A$, unde: $I_{1y} = I_{3y} = 0A$; $I_{2y} = 2A$, $I_{4y} = 1,73A$, $I_{6y} = -1,73A$; $I = 6,32A$; $R = U/I_x = 10\Omega$; $X = U/I_y = 30\Omega$; $Z = U/I = 9,49\Omega$; b. Circuitul electric cuprinde următoarele elemente grupate în paralel: rezistor R_1, condensator C_2, rezistor R_3, condensator C_4 și rezistor R_4 grupate în serie, bobină L_5, bobină L_6 și rezistor R_6 grupate în serie.

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul experimentului): 4. Testarea concluziei și a predicțiilor bazate pe ea și prezentarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *deductiv*. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile.

Lecția 6

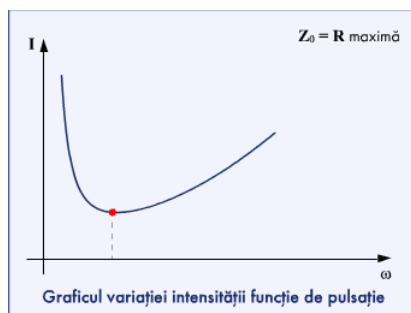
Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (comportarea circuitului RLC în c.a., norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): funcționarea în regim de rezonanță circuitului RLC în curent alternativ; revine la întrebarea inițială: „Cum se comportă un circuit electric la o variație permanentă a tensiunii aplicate circuitului? Toate circuitele electrice, au aceeași comportare?”, cerând elevilor să prezinte noi argumente la întrebare;	• Evocă observații proprii referitoare la explicarea funcționării în regim de rezonanță circuitului RLC în c.a. și comunică păreri în clasă (explicații neștiințifice).
• Revine la activitatea experimentală cunoscută de elevi - studiul experimental al circuitului RLC serie de c. a. (cunoscut de elevi) și cere elevilor să lucreze pe grupe și să studieze <i>funcționarea în regim de rezonanță a circuitului RLC serie</i>.	• Evaluează resursele (ceea ce au aflat din experimentele și informațiile anterioare): filtrează, distilează, compară informațiile obținute, extrag informațiile utile.
• Oferă elevilor materiale și fișe de activitate experimentală pentru experimente: generator de tensiune alternativă, ampermetru și voltmetre în c.a., rezistor cu rezistență electrică variabilă, bobină cu miez de fier, condensator variabil, conductoare de legătură, osciloscop, comutator electronic.	• Organizați în grupuri de lucru, elevii: citesc cu atenție instrucțiunile din fișa de activitate experimentală și pun întrebări pertinente profesorului; selectează și organizează corespunzător materialele necesare desfășurării experimentelor; efectuează determinări experimentale.
• Invită elevii să studieze experimental funcționarea în regim de rezonanță a circuitului RLC serie în curent alternativ și cere elevilor: a. Evidențierea regimului de rezonanță a tensiunilor pentru circuitul de c.a. RLC serie: - să vizualizeze pe ecranul osciloscopului tensiunea la bornele circuitului și intensitatea curentului din circuit; - să urmărească amplitudinea semnalelor vizualizate și defazajul dintre curbe dacă se modifică pe rând inductanța bobinei/capacitatea condensatorului; - să formuleze concluzii. b. Studiul experimental al rezonanței circuitului	• Efectuează experimentul: a. Evidențierea regimului de rezonanță a tensiunilor pentru circuitul de c.a. RLC serie: - observă că prin modificarea pe rând a inductanței /capacității are loc o variație a amplitudinii semnalelor vizualizate și a defazajului dintre ele; - observă că pentru o anumită valoare a inductanței/ capacității, <i>amplitudinea intensității curentului devine maximă, iar cele două curbe sunt în fază</i>; - constată că în acest caz <i>circuitul se comportă de parcă bobina și condensatorul nici nu ar exista</i>; b. Studiul experimental al rezonanței circuitului RLC serie în c.a.- lucrează pe grupe - realizează circuitul RLC serie conform schemei

RLC serie în c.a. – se lucrează pe grupe: - să realizeze circuitul electric <i>RLC serie</i> conectat la bornele sursei de tensiune alternativă și instrumentele de măsură să fie comutate pe regimul de funcționare c.a.; 1. <i>U, L, C = constante și v variabil</i> – numai dacă în laborator există generator cu frecvență variabilă - să fixeze valoarea rezistenței electrice și să modifice frecvența generatorului; - să măsoare intensitatea efectivă a curentului care străbate circuitul pentru diferite valori ale frecvenței; - să repete măsurătorile pentru diferite valori ale rezistenței; - să înregistreze într-un tabel rezultatele obținute pentru diferite valori ale rezistenței; - să reprezinte grafic $I=f(v)$ pentru fiecare valoare a rezistenței; - să formuleze concluzii. 2. <i>U, C, v = constante și L variabil</i> - să fixeze valoarea rezistenței electrice și să modifice inductanța bobinei; - să măsoare intensitatea efectivă a curentului care străbate circuitul pentru diferite valori ale inductanței; - să repete măsurătorile pentru diferite valori ale rezistenței; - să înregistreze într-un tabel rezultatele obținute pentru diferite valori ale rezistenței; - să reprezinte grafic $I=f(L)$ pentru fiecare valoare a rezistenței; - să formuleze concluzii. 3. <i>U, L, v = constante și C variabil</i> - să fixeze valoarea rezistenței electrice și să modifice capacitatea condensatorului; - să măsoare intensitatea efectivă a curentului care străbate circuitul pentru diferite valori ale capacității; - să repete toate măsurătorile pentru diferite valori ale rezistenței; - să înregistreze într-un tabel rezultatele obținute pentru diferite valori ale rezistenței; - să reprezinte grafic $I=f(C)$ pentru fiecare valoare a rezistenței; - să formuleze concluzii.	electrice a circuitului la bornele căruia conectează sursa de tensiune alternativă; 1. <i>U, L, C = constante și v variabil</i> - modifică frecvența și înregistrează intensitatea curentului electric; - repetă măsurătorile pentru diferite valori ale rezistenței și înregistrează datele culese într-un tabel: <table><tr><td rowspan="2">$R_1(\Omega)$</td><td>$v(\text{Hz})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>$I(\text{mA})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td rowspan="2">$R_2(\Omega)$</td><td>$v(\text{Hz})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>$I(\text{mA})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - reprezintă grafic $I=f(v)$ pentru fiecare valoare a rezistenței și constată că <i>intensitatea efectivă a curentului din circuit depinde de frecvența generatorului</i>, iar pentru o anumită valoare a frecvenței, <i>intensitatea efectivă atinge o valoare maximă</i>; 2. <i>U, C, v = constante și L variabil</i> - modifică inductanța bobinei și înregistrează intensitatea curentului electric; - repetă măsurătorile pentru diferite valori ale rezistenței și înregistrează datele culese într-un tabel: <table><tr><td rowspan="2">$R_1(\Omega)$</td><td>$L(\text{mH})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>$I(\text{mA})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td rowspan="2">$R_2(\Omega)$</td><td>$L(\text{mH})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>$I(\text{mA})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - reprezintă grafic $I=f(L)$ pentru fiecare valoare a rezistenței și constată că <i>intensitatea efectivă a curentului din circuit depinde de inductanța bobinei</i>, iar pentru o anumită valoare a inductanței, <i>intensitatea efectivă atinge o valoare maximă</i>; 3. <i>U, L, v = constante și C variabil</i> - modifică capacitatea condensatorului și înregistrează intensitatea curentului electric; - repetă măsurătorile pentru diferite valori ale rezistenței și înregistrează datele culese într-un tabel: <table><tr><td rowspan="2">$R_1(\Omega)$</td><td>$C(\mu\text{F})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>$I(\text{mA})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td rowspan="2">$R_2(\Omega)$</td><td>$C(\mu\text{F})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>$I(\text{mA})$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - reprezintă grafic $I=f(C)$ pentru fiecare valoare a rezistenței și constată că <i>intensitatea efectivă a curentului din circuit depinde de capacitate</i>, iar pentru o anumită valoare a capacității, <i>intensitatea efectivă atinge o valoare maximă</i>; • observă, în fiecare caz , că rezistența electrică a circuitului influențează forma curbelor – <i>curba este cu atât mai aplatizată cu cât rezistența este mai mare.</i>	$R_1(\Omega)$	$v(\text{Hz})$									$I(\text{mA})$									$R_2(\Omega)$	$v(\text{Hz})$									$I(\text{mA})$									$R_1(\Omega)$	$L(\text{mH})$									$I(\text{mA})$									$R_2(\Omega)$	$L(\text{mH})$									$I(\text{mA})$									$R_1(\Omega)$	$C(\mu\text{F})$									$I(\text{mA})$									$R_2(\Omega)$	$C(\mu\text{F})$									$I(\text{mA})$								
$R_1(\Omega)$	$v(\text{Hz})$																																																																																																																		
	$I(\text{mA})$																																																																																																																		
$R_2(\Omega)$	$v(\text{Hz})$																																																																																																																		
	$I(\text{mA})$																																																																																																																		
$R_1(\Omega)$	$L(\text{mH})$																																																																																																																		
	$I(\text{mA})$																																																																																																																		
$R_2(\Omega)$	$L(\text{mH})$																																																																																																																		
	$I(\text{mA})$																																																																																																																		
$R_1(\Omega)$	$C(\mu\text{F})$																																																																																																																		
	$I(\text{mA})$																																																																																																																		
$R_2(\Omega)$	$C(\mu\text{F})$																																																																																																																		
	$I(\text{mA})$																																																																																																																		
• Definește (operațional) <i>curba de rezonanță</i> (curba de răspuns a intensității circuitului RLC serie) și cere elevilor să analizeze forma curbelor de rezonanță obținute experimental;	• Formulează aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă): - <i>curbele de rezonanță sunt influențate de rezistența electrică a circuitului;</i> - <i>trasarea acestor curbe permite evidențierea frecvenței de rezonanță și a maximului înregistrat de curent la rezonanță;</i> - <i>frecvența de rezonanță depinde de valorile inductanței și capacității.</i>																																																																																																																		
• Denumeste rezonanța la circuitul serie <i>rezonanța tensiunilor</i> și cere elevilor să aplice formalismul fazorial în studierea funcționării în regim de rezonanță a circuitului RLC serie de	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - realizează diagrama fazorială pentru un circuit RLC serie aflat în regim de rezonanță;																																																																																																																		

curent alternativ: - să deseneze și să analizeze diagrama fazorială pentru un circuit RLC serie aflat la rezonanță; - să sesizeze condiția de rezonanță și să calculeze pulsația, frecvența și perioada de rezonanță; - să determine în condiții de rezonanță impedanța circuitului, intensitatea curentului din circuit și tensiunile electrice pe elementele circuitului; - să scrie dependența intensității efective în funcție de pulsația/frecvența generatorului; - să analizeze diferite curbe de rezonanță prezentate de profesor și să discute modul în care modificarea frecvenței/inductanței/capacității influențează caracterul circuitului; - să formuleze concluzii;	- constată că în cazul unui circuit serie RLC alimentat de la o sursă de tensiune efectivă U se pot alege valori pentru L, C sau ν astfel încât $X_L = X_C$; - sesizează că în acest caz, circuitul RLC se află în regim de rezonanță, condiția de rezonanță fiind: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$; - din condiția de rezonanță calculează: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad \nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad T_0 = 2\pi\sqrt{LC},$ pulsația, frecvența și perioada proprie a circuitului la rezonanță; - sesizează, din diagrama fazorială, că la rezonanță $U_L - U_C = 0$, $\varphi = 0$ și $U = U_R$; - determină în condiții de rezonanță: $Z_{\min} = R$, $I_{\max} = \frac{U}{R}, \quad U_L = \left(\frac{U\omega L}{R} \right)_{\omega=\omega_0}, \quad U_C = \left(\frac{U}{\omega RC} \right)_{\omega=\omega_0}$ - scriu dependența intensității efective în funcție de frecvență: $I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C} \right)^2}};$ - la rezonanță impedanța este minimă, intensitatea curentului este maximă, tensiunile la bornele bobinei și condensatorului sunt maxime; - sesizează că pornind de la formula intensității se poate construi cu precizie graficul variației intensității efective a curentului prin circuitul RLC, în funcție de mărimile L, C sau ν; - analizând curbele de rezonanță prezentate de profesor observă că în timpul variației frecvenței/inductanței/capacității circuitul trece prin regim capacitiv, de rezonanță și inductiv; - observă apariția maximului intensității curentului pentru valoarea de rezonanță a pulsației; - sesizează că rezonanța este cu atât mai pronunțată cu cât rezistența circuitului este mai mică; - deoarece frecvența de rezonanță depinde de valorile L și C, afirmă că se poate modifica frecvența de rezonanță prin modificarea lui L sau C.
• Definește (operațional) factorul de calitate al circuitului sau factorul de supratensiune, impedanța caracteristică și cere elevilor să găsească o relație între cele două mărimi.	• Formulează aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă): - pornesc de la relația de definiție a factorului de calitate $Q = \left(\frac{U_L}{U} \right)_{\omega=\omega_0} = \left(\frac{U_C}{U} \right)_{\omega=\omega_0}$ și găsesc relația $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{R} Z_0,$ unde Z_0 este impedanța caracteristică.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să se documenteze și să aplice formalismul fazorial în studierea funcționării în regim de rezonanță a circuitului RLC paralel de curent alternativ (rezonanța intensităților), respectând ideile: - realizarea diagramei fazoriale pentru un circuit RLC paralel aflat la rezonanță; - calcularea pulsației, frecvenței și perioadei de rezonanță din condiția de rezonanță; - determinarea în condiții de rezonanță a	• Efectuează tema pentru acasă. - realizează diagrama fazorială pentru un circuit RLC paralel aflat în regim de rezonanță și scriu relația dintre curenți la rezonanță $I_L - I_C = 0$, $\varphi = 0$ și $I = I_R$; - pentru circuitul paralel RLC scriu condiția de rezonanță $X_L = X_C$, adică $\omega L = \frac{1}{\omega C}$; - din condiția de rezonanță calculează: pulsația, frecvența și perioada proprie a circuitului la rezonanță:

impedanței circuitului, a valorilor efective ale intensităților curenților prin bobină și condensator și compararea lor cu intensitatea curentului din circuitul principal;

- **calcularea** factorului de calitate al circuitului și **justificarea** denumirii de *factor de supracurent*;
- **stabilirea** dependenței intensității efective în funcție de pulsația/frecvența generatorului și trasarea curbei de rezonanță $I=f(\omega)$;
- **analizarea** curbei de rezonanță cu **precizarea** modului în care modificarea frecvenței influențează caracterul circuitului;
- **formularea** concluziilor.



$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad \nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

- **determină** în condiții de rezonanță: $Z_{\max} = R$,

$$I_{\min} = \frac{U}{R}, \quad I_{L\text{rez}} = I_{C\text{rez}} = \frac{U}{\omega_0 L} = \frac{R}{\omega_0 L} I_{\min}$$

$$I_{L\text{rez}} = I_{C\text{rez}} = U \sqrt{\frac{C}{L}}$$

- la rezonanță *impedanța este maximă, intensitatea curentului prin circuitul principal este minimă*;

- **calculează** factorul de calitate al circuitului:

$$Q = \left(\frac{I_L}{I} \right)_{\text{rez}} = \left(\frac{I_C}{I} \right)_{\text{rez}} = \frac{R}{\omega_0 L} = RC\omega_0 = R\sqrt{\frac{C}{L}} \text{ și}$$

observă că, dacă reactanțele sunt mai mici decât rezistența R , $Q > 1$ și atunci *intensitățile curenților prin bobină și condensator ating valori mari, superioare curentului din ramura principală – factor de supracurent*;

- **scriu** dependența intensității efective în funcție de

$$\text{frecvență: } I = U \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2};$$

- **reprezintă grafic** curba de rezonanță și **observă că** în timpul variației frecvenței, circuitul trece prin regim inductiv ($\nu < \nu_0$), de rezonanță ($\nu = \nu_0$) și capacitiv ($\nu > \nu_0$), iar pentru valoarea de rezonanță a pulsației apare minimumul intensității curentului.

Lecția 7

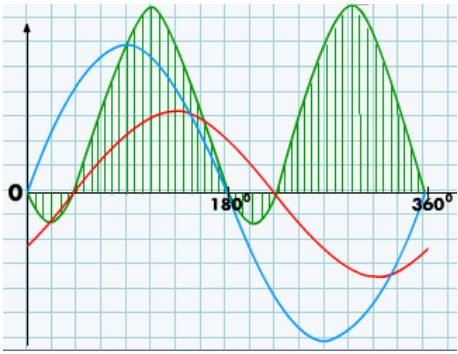
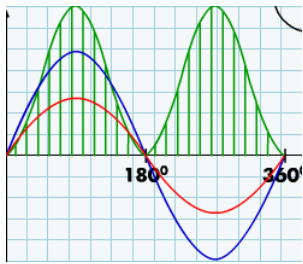
Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (comportarea circuitelor RLC în c.a., <i>norme de protecția muncii în laborator</i> etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare, evocă</i> dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): studiul circuitului RLC în curent alternativ – lucrare de laborator – prin care se arată că: <i>rezultatele modelării matematice a funcționării unor circuite de curent alternativ întâlnite în practică sunt verificate și confirmate prin experiențe</i>;	• Evocă observații proprii referitoare la utilizarea modelării analitice, grafice și fazoriale în studiul tensiunilor alternative și curenților alternativi din circuitele RLC și comunică părerile în clasă.
• Invită elevii să reia studiul experimental al circuitului RLC în curent alternativ și cere elevilor să lucreze pe grupe și să calculeze reactanțele elementelor de circuit și impedanța circuitului, atât din considerente teoretice, cât și prin utilizarea valorilor măsurate experimental.	• Evaluează resursele (ceea ce au aflat din experimentele și informațiile anterioare): filtrează, distilează, compară informațiile obținute, extrag informațiile utile.
• Oferă elevilor materiale și fișe de activitate experimentală pentru experimente: generator de tensiune alternativă stabilizată, ampermetre c.a., voltmetre c.a., rezistori de rezistență variabilă, bobine cu miez de fier, condensator variabil,	• Organizați în grupuri de lucru, elevii: identifică ordinea în care vor efectua experimentele; citesc cu atenție instrucțiunile din fișa de activitate experimentală și pun întrebări pertinente profesorului; selectează și organizează corespunzător materialele necesare

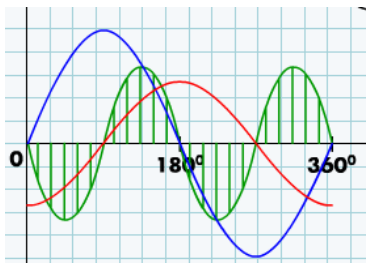
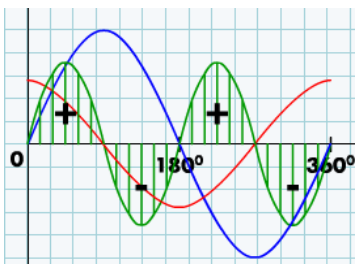
conductive de legătură.	desfășurării experimentelor; efectuează determinări experimentale.																																																														
1. Circuitul RLC serie în curent alternativ: Realizați montajul experimental conform schemei electrice din fișa de activitate experimentală și alimentați circuitul cu o tensiune sinusoidală cu amplitudine fixă și frecvență variabilă. Conectați instrumentele de măsură în circuit și citiți indicațiile lor. a. Păstrați frecvența constantă și modificați rezistența R, inductanța L, capacitatea C - calculați valorile reactanțelor și impedanța după formula stabilită în formalismul fazorial; - înregistrați valorile obținute într-un tabel; - comparați valoarea calculată a impedanței cu valoarea experimentală; - eliminați din circuit bobina și reluati aceleași operații pentru studiul circuitului RC serie; - eliminați din circuit condensatorul și reluati aceleași operații pentru studiul circuitului RL serie; - formulați concluzii. b. Păstrați constante rezistența R, inductanța L, capacitatea C și modificați frecvența: - calculați valorile reactanțelor și impedanța după formula stabilită în formalismul fazorial; - înregistrați valorile obținute într-un tabel; - comparați valoarea calculată a impedanței cu valoarea experimentală; - reprezentați grafic reactanțele, impedanța și intensitatea curentului în funcție de frecvență; - reglați valoarea frecvenței pentru a obține rezonanța circuitului; - calculați reactanța circuitului și impedanța la frecvența de rezonanță; - calculați frecvența proprie a circuitului după formula stabilită în formalismul fazorial; - comparați valoarea calculată a frecvenței la rezonanță cu frecvența generatorului; - formulați concluzii. Observație: experimentul din cazul b se va realiza numai dacă există în laborator generator cu frecvență variabilă.	• Efectuează experimentul: a. $U = \text{constant}$; $v = \text{constant}$; R, L, C - variabile - realizează montajul experimental și citesc indicațiile aparatelor de măsură pentru diferite valori ale lui R, L, C; - calculează valorile reactanțelor și impedanța circuitului cu formulele: $X_L = \omega L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}, \quad Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ - calculează impedanța obținută experimental: $Z_{\text{exp}} = U/I$; - înregistrează datele culese în tabelul următor: <i>Circuitul RLC serie</i> <table><tr><th>R (Ω)</th><th>C (μF)</th><th>L (mH)</th><th>X_L (Ω)</th><th>X_C (Ω)</th><th>Z_{calc} (Ω)</th><th>U (V)</th><th>I (A)</th><th>Z_{exp} (Ω)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - elimină bobina/condensatorul din circuit, obțin un circuit RC/RL serie și înregistrează datele în tabelele: <i>Circuitul RC serie</i> <table><tr><th>R (Ω)</th><th>C (μF)</th><th>X_C (Ω)</th><th>Z_{calc} (Ω)</th><th>U (V)</th><th>I (A)</th><th>Z_{exp} (Ω)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <i>Circuitul RL serie</i> <table><tr><th>R (Ω)</th><th>L (mH)</th><th>X_L (Ω)</th><th>Z_{calc} (Ω)</th><th>U (V)</th><th>I (A)</th><th>Z_{exp} (Ω)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - compară în fiecare caz valoarea calculată a impedanței cu valoarea experimentală și formulează concluzii; b. $U = \text{constant}$; $R, L, C = \text{constante}$; v variabilă - calculează valorile reactanțelor și impedanța cu aceleași formule și înregistrează datele culese în tabelul: <i>Circuitul RLC serie</i> <table><tr><th>v (Hz)</th><th>R (Ω)</th><th>X_L (Ω)</th><th>X_C (Ω)</th><th>Z_{calc} (Ω)</th><th>U (V)</th><th>I (A)</th><th>Z_{exp} (Ω)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - compară valoarea calculată a impedanței cu valoarea experimentală și formulează concluzii; - reprezintă grafic reactanțele, impedanța și intensitatea curentului în funcție de frecvență; - reglează valoarea frecvenței până obțin rezonanța circuitului și calculează reactanța circuitului și impedanța la rezonanță: $X = 0, Z = R$, minimă; - calculează frecvența proprie a circuitului după formula: $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{și} \quad \text{compară} \text{ valoarea calculată a}$ frecvenței la rezonanță cu frecvența generatorului; - formulează concluzii.	R (Ω)	C (μF)	L (mH)	X _L (Ω)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)										R (Ω)	C (μF)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)								R (Ω)	L (mH)	X _L (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)								v (Hz)	R (Ω)	X _L (Ω)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)								
R (Ω)	C (μF)	L (mH)	X _L (Ω)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)																																																							
R (Ω)	C (μF)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)																																																									
R (Ω)	L (mH)	X _L (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)																																																									
v (Hz)	R (Ω)	X _L (Ω)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)																																																								
2. Circuitul RLC paralel în curent alternativ: Realizați montajul experimental conform schemei electrice din fișa de activitate experimentală și alimentați circuitul cu o tensiune sinusoidală cu amplitudine fixă și frecvență variabilă. Conectați instrumentele de măsură în circuit și citiți indicațiile lor. a. Păstrați frecvența constantă și modificați rezistența R, inductanța L, capacitatea C - calculați valorile reactanțelor și impedanța după formula stabilită în formalismul fazorial; - înregistrați valorile obținute într-un tabel; - comparați valoarea calculată a impedanței cu	• Efectuează experimentul: a. $U = \text{constant}$; $v = \text{constant}$; R, L, C - variabile - realizează montajul experimental și citesc indicațiile aparatelor de măsură pentru diferite valori ale lui R, L, C; - calculează valorile reactanțelor și impedanța circuitului cu formulele: $X_L = \omega L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}, \quad Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}}$ - calculează impedanța obținută experimental: $Z_{\text{exp}} = U/I$; - înregistrează datele culese în tabelul:																																																														

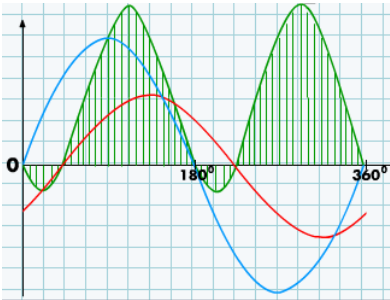
valoarea experimentală; - eliminați din circuit bobina și reluati aceleași operații pentru studiul circuitului <i>RC paralel</i>; - eliminați din circuit condensatorul și reluati aceleași operații pentru studiul circuitului <i>RL paralel</i>; - formulați concluzii. b. Păstrați constante rezistența R, inductanța L, capacitatea C și modificați frecvența: - calculați valorile reactanțelor și impedanța după formula stabilită în formalismul fazorial; - înregistrați valorile obținute într-un tabel; - comparați valoarea calculată a impedanței cu valoarea experimentală; - reprezentați grafic reactanțele, impedanța și intensitatea curentului în funcție de frecvență; - reglați valoarea frecvenței pentru a obține rezonanța circuitului; - calculați reactanța circuitului și impedanța la frecvența de rezonanță; - calculați frecvența proprie a circuitului după formula stabilită în formalismul fazorial; - comparați valoarea calculată a frecvenței la rezonanță cu frecvența generatorului; - formulați concluzii. Observație: experimentul din <i>cazul b</i> se va realiza numai dacă există în laborator generator cu frecvență variabilă.	<i>Circuitul RLC paralel</i> <table><tr><th>R (Ω)</th><th>C (μF)</th><th>L (mH)</th><th>X_L (Ω)</th><th>X_C (Ω)</th><th>c_{al} (Ω)</th><th>U (V)</th><th>I (A)</th><th>Z_{ex} (Ω)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - elimină bobina/condensatorul din circuit,obțin un circuit <i>RC/RL paralel</i> și înregistrează datele în tabelele: <i>Circuitul RC paralel</i> <table><tr><th>R (Ω)</th><th>C (μF)</th><th>X_C (Ω)</th><th>Z_{calc} (Ω)</th><th>U (V)</th><th>I (A)</th><th>Z_{exp} (Ω)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <i>Circuitul RL paralel</i> <table><tr><th>R (Ω)</th><th>L (mH)</th><th>X_L (Ω)</th><th>Z_{calc} (Ω)</th><th>U (V)</th><th>I (A)</th><th>Z_{exp} (Ω)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - compară în fiecare caz valoarea calculată a impedanței cu valoarea experimentală și formulează concluzii; b. U = constant; R,L,C = constante; v variabilă - calculează valorile reactanțelor și impedanța cu aceleași formule și înregistrează datele în tabelul: <i>Circuitul RLC paralel</i> <table><tr><th>v (Hz)</th><th>R (Ω)</th><th>X_L (Ω)</th><th>X_C (Ω)</th><th>Z_{calc} (Ω)</th><th>U (V)</th><th>I (A)</th><th>Z_{exp} (Ω)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> - compară valoarea calculată a impedanței cu valoarea experimentală și formulează concluzii; - reprezintă grafic reactanțele, impedanța și intensitatea curentului în funcție de frecvență; - reglează valoarea frecvenței până obțin rezonanța circuitului și calculează reactanța circuitului și impedanța la rezonanță: $X = 0$, $Z = R$, maximă; - calculează frecvența proprie a circuitului după formula $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ și compară valoarea calculată a frecvenței la rezonanță cu frecvența generatorului; - formulează concluzii.	R (Ω)	C (μF)	L (mH)	X _L (Ω)	X _C (Ω)	c _{al} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{ex} (Ω)										R (Ω)	C (μF)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)								R (Ω)	L (mH)	X _L (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)								v (Hz)	R (Ω)	X _L (Ω)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)								
R (Ω)	C (μF)	L (mH)	X _L (Ω)	X _C (Ω)	c _{al} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{ex} (Ω)																																																							
R (Ω)	C (μF)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)																																																									
R (Ω)	L (mH)	X _L (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)																																																									
v (Hz)	R (Ω)	X _L (Ω)	X _C (Ω)	Z _{calc} (Ω)	U (V)	I (A)	Z _{exp} (Ω)																																																								
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să redacteze, pe baza caietelor de notițe, referatul lucrării realizate, oferind următoarea structură pentru acesta: 1. <i>Preambul/Teoria lucrării</i> (definiții ale mărimilor fizice utilizate, enunțuri de legi/teoreme, descrierea metodei folosite); 2. <i>Materiale necesare</i>; 3. <i>Modul de lucru</i> (operații de măsurare, de calcul, de înregistrare a datelor în tabele, grafice); 4. <i>Date experimentale</i> (tabel de date, prelucrarea datelor, calculul erorilor); 5. <i>Concluzii</i> (enunțuri generale, validarea unui enunț).	• Efectuează tema pentru acasă.																																																														

Lecția 8

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante etc.

(energia și puterea curentului electric staționar, norme de protecția muncii în laborator etc.);	
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): energia și puterea în curent alternativ; Revine din nou la întrebarea inițială: „Cum se comportă un circuit electric la o variație permanentă a tensiunii aplicate circuitului? Toate circuitele electrice au aceeași comportare?”, cerând elevilor să prezinte noi argumente la întrebare;	• Evocă observații proprii referitoare la analiza energetică a circuitelor de curent alternativ și comunică păreri în clasă (explicații neștiințifice).
• Comunică elevilor ideea că vor analiza <i>procesele ireversibile și procesele reversibile</i> produse în circuitele electrice de curent alternativ care conțin elemente active (rezistoare) și elemente reactive (bobine și condensatoare), urmărind comportarea elementelor circuitului din punct de vedere energetic.	• Evocă observații proprii referitoare la: - <i>procesele ireversibile</i> produse în circuitele de curent alternativ care conțin rezistoare – pierderi de energie prin efect Joule; - <i>procesele reversibile</i> produse în circuitele electrice de curent alternativ care conțin bobine și condensatoare – generarea câmpului magnetic și a câmpului electric; și comunică păreri în clasă (explicații neștiințifice).
• Definește (operațional) <i>puterea instantanee</i> p într-un circuit RLC, la bornele căruia se aplică o tensiune $u = U_m \sin \omega t$, circuitul fiind străbătut de curentul $i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$. • Cere elevilor să găsească variația puterii p în raport cu timpul, să analizeze graficele u, i, p și să arate că puterea instantanee oscilează în timp cu o pulsație dublă 2ω, în jurul valorii ei medii. 	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - aplică definiția puterii momentane, folosesc relații trigonometrice, trec de la valori maxime la valori efective și găsesc expresia puterii momentane: $p = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi)$; - observă că puterea momentană, în raport cu timpul, conține două componente: o <i>componentă constantă</i> $UI \cos \varphi$ și o <i>componentă alternativă</i> $UI \cos(2\omega t - \varphi)$; - sesizează că valorile medii pe o perioadă ale tensiunii și curentului sunt nule (funcții sinusoidale); - din diagrama variației puterii instantanee în raport cu timpul arată că pentru o perioadă, energia absorbită în circuitul de c.a. este: $W = UI \cos \varphi \cdot T$; - stabilește că valoarea medie a puterii unui circuit de c.a. într-o perioadă este diferită de zero și este egală cu <i>componenta constantă a puterii instantanee</i> $\bar{p} = UI \cos \varphi$; - constată că puterea instantanee oscilează în timp cu o pulsație dublă 2ω, în jurul valorii ei medii; - din expresia puterii instantanee observă că la un moment dat <i>circuitul primește energie</i> $p(t) > 0$, sau <i>cedează energie</i> $p(t) < 0$.
• Invită elevii să utilizeze aplicația interactivă AEL referitoare la puterea în curent alternativ, care permite înțelegerea și interpretarea schimbului energetic în circuitele de c.a.	• Utilizează softul educațional care simulează schimbul energetic în circuitul RLC în c.a.:
a. Schimbul energetic într-un circuit de c.a. care conține un rezistor: - analizați și interpretați reprezentările grafice ale tensiunii, intensității curentului electric și ale puterii instantanee;  - analizați schimbul energetic pentru rezistor;	a. Circuitul conține un rezistor R - urmăresc animația și trasarea graficelor u, i, și p; - din reprezentările grafice observă că u și i sunt în fază, deci <i>puterea instantanee</i> $p = u \cdot i$ este mereu <i>pozitivă</i>; - intuiesc că <i>rezistorul primește tot timpul energie de la sursă</i> și o transformă în căldură (efect Joule); - calculează puterea instantanee $p_R = UI(1 - \cos 2\omega t)$ și obțin astfel puterea medie, $\bar{p} = UI$; - sesizează că această putere medie este tocmai puterea activă, ea este absorbită prin efect Joule și transferată mediului sub formă de căldură: $P = UI$ - stabilesc unitatea de măsură pentru puterea activă (W); - folosesc legea lui Ohm și găsesc formulele pentru

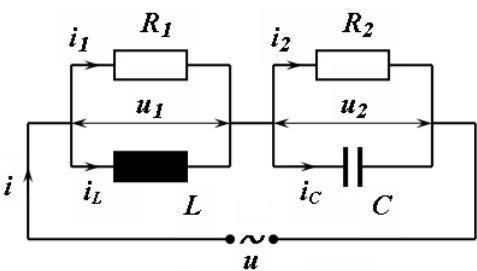
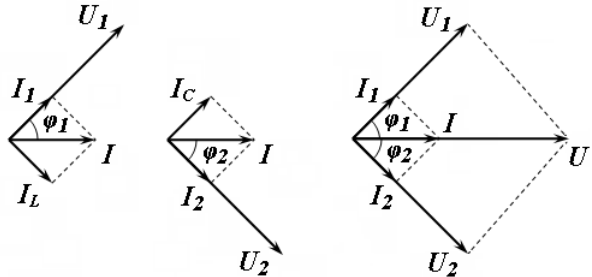
- calculați puterea instantanee și puterea medie pe o perioadă primită de rezistor; - formulați concluzii; • Definește (operațional) <i>puterea activă</i> și <i>factorul de putere</i> și cere elevilor să stabilească unitatea de măsură pentru puterea activă și să deducă diferite formule ale puterii active.	puterea activă: $P = U_R I = R I^2 = \frac{U_R^2}{R}$; - constată că, deoarece curentul este în fază cu tensiunea $\varphi = 0$, factorul de putere $\cos \varphi = 1$.
b. Schimbul energetic într-un circuit de c.a. care conține o bobină ideală: - analizați și interpretați reprezentările grafice ale tensiunii, intensității curentului electric și ale puterii instantanee; - analizați schimbul energetic pentru <i>bobină</i>; - calculați puterea instantanee și puterea medie pe o perioadă pentru acest circuit; - formulați concluzii;  • Definește (operațional) <i>puterea reactivă inductivă</i> și denumește unitatea ei de măsură VAR(volt-ampere-reactiv) și cere elevilor să deducă diferite formule ale puterii reactive inductive.	b. Circuitul conține o bobină L - urmăresc animația și trasarea graficelor u, i, și p; - din reprezentările grafice observă că u este în avans de fază cu $\pi/2$ față de i, deci puterea instantanee $p = u \cdot i$ este alternativ pozitivă și negativă; - intuiesc că bobina primește energie de la generator în timpul alternanței pozitive și returnează generatorului energia primită în alternanța negativă; - calculează puterea instantanee a acestui circuit: $p_L = UI \sin 2\omega t = X_L I^2 \sin 2\omega t$, ea variază cu pulsația 2ω și obțin astfel puterea medie pe o perioadă, $\bar{p} = 0$; - sesizează că în acest caz, <i>puterea activă este nulă</i>, deoarece o bobină ideală nu consumă, global, energie de la generator, ea înmagazinează energie magnetică în timp de o semiperioadă și o restituie generatorului în semiperioada următoare; - afirmă că <i>puterea reactivă inductivă</i> $P_r = X_L I^2$ nu este consumată, ci este transferată alternativ între generator și bobină; - folosesc legea lui Ohm și găsesc formulele pentru puterea reactivă inductivă: $P_r = U_L I = X_L I^2 = \frac{U_L^2}{X_L}$; - constată că, deoarece curentul este în urmă față de tensiunea cu $\varphi = \pi/2$, factorul de putere $\cos \varphi = 0$.
c. Schimbul energetic într-un circuit de c.a. care conține un condensator: - analizați și interpretați reprezentările grafice ale tensiunii, intensității curentului electric și ale puterii instantanee;  - analizați schimbul energetic pentru condensator; - calculați puterea instantanee și puterea medie pe o perioadă pentru acest circuit; - formulați concluzii; • Definește (operațional) <i>puterea reactivă capacitivă</i> și cere elevilor să deducă diferite formule ale puterii reactive inductive.	c. Circuitul conține un condensator C - urmăresc animația și trasarea graficelor u, i, și p; - din reprezentările grafice observă că i este în avans de fază cu $\pi/2$ față de u, deci puterea instantanee $p = u \cdot i$ este alternativ pozitivă și negativă; - intuiesc că, condensatorul primește energie de la generator în timpul alternanței pozitive și returnează generatorului energia primită în alternanța negativă; - calculează puterea instantanee a acestui circuit: $p_C = -UI \sin 2\omega t = -X_C I^2 \sin 2\omega t$ ea variază cu pulsația 2ω și obțin astfel puterea medie pe o perioadă, $\bar{p} = 0$; - sesizează că în acest caz, <i>puterea activă este nulă</i>, deoarece un condensator ideal nu consumă, global, energie de la generator, el înmagazinează energie electrică în timp de o semiperioadă și o restituie generatorului în semiperioada următoare; - afirmă că <i>puterea reactivă capacitivă</i> $P_r = -X_C I^2$ nu este consumată, ci este transferată alternativ între generator și condensator; - folosesc legea lui Ohm și găsesc formulele pentru puterea reactivă capacitivă: $P_r = -U_C I = -X_C I^2 = -\frac{U_C^2}{X_C}$; - constată că, deoarece curentul este înaintea față de tensiune cu $\varphi = \pi/2$, factorul de putere $\cos \varphi = 0$.

• Ghidează elevii să esențializeze concluziile privind schimbul energetic în circuitele de curent alternativ care conțin numai rezistor/bobină/condensator, având în vedere defazajul care există între intensitatea curentului electric și tensiune în aceste circuite.	• Formulează (în perechi) constatările/ concluziile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - rezistorul este un consumator activ de energie; - pentru bobină și condensator, deoarece defazajul dintre u și i în decursul unei perioade este $\varphi = \pm \pi / 2$, bilanțul energetic este nul; - deoarece tensiunile u_L și u_C sunt în opoziție, bobina și condensatorul lucrează în contratimp, în timpul în care bobina primește energie, condensatorul cedează energie și invers.
d. Schimbul energetic în cazul general al unui circuit de curent alternativ RLC : - analizați și interpretați reprezentările grafice ale tensiunii, intensității curentului electric și ale puterii instantanee;  - analizați schimbul energetic pentru un circuit RLC de curent alternativ; - identificați puterea instantanee a circuitului cu cele două componente (constantă și alternativă); - identificați puterea activă absorbită de circuit; - identificați puterea reactivă totală a circuitului. • Definește (operațional) puterea aparentă, denumește unitatea ei de măsură VA(volt-ampere) și cere elevilor să deducă diferite formule ale puterii aparente.	d. Circuit de curent alternativ RL C - urmăresc animația și trasarea graficelor u, i, și p; - din reprezentările grafice observă că, deși valorile medii ale intensității curentului și tensiunii sunt nule pe o perioadă, valoarea medie a puterii este diferită de zero; - afirmă că singurul element din circuit care disipă energie este rezistorul, iar bobina și condensatorul realizează doar redistribuirea acestuia de la generator în câmpurile magnetice ale bobinei și electrice ale condensatorului; - constată că, indiferent de combinația elementelor circuitului, dacă între curent și tensiune există un defazaj φ, puterea instantanee va fi dată de: $p = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi);$ - identifică puterea activă absorbită de circuit, ca fiind componenta constantă a puterii instantanee și constată că, aceasta este de fapt valoarea medie a puterii instantanee în decurs de o perioadă; - știind că puterile sunt aditive și oscilează în timp cu pulsația 2ω, pentru circuitul RLC pot intui că suma algebrică $p_L + p_C = (X_L - X_C)I^2 \sin 2\omega t = XI^2 \sin 2\omega t$ are amplitudinea egală cu puterea reactivă; - afirmă că puterea reactivă totală a circuitului este, $Pr = (X_L - X_C)I^2 = XI^2;$ - sesizează că puterea aparentă reprezintă o putere ce pare a fi consumată fără a ține cont de defazaj; - folosesc legea lui Ohm și găsesc formulele pentru puterea aparentă: $S = UI = ZI^2 = \frac{U^2}{Z}$.
• Propune elevilor analiza proceselor ireversibile și reversibile produse în circuitele electrice de curent alternativ care conțin elemente active (rezistoare) și elemente reactive (bobine și condensatoare) folosind formalismul fazorial: - considerați triunghiul tensiunilor în cazul unui circuit serie și prin înmulțirea valorilor laturilor triunghiului cu intensitatea efectivă I, obțineți triunghiul puterilor; - urmăriți distribuția puterilor fiecărui element de circuit și identificați astfel puterile în curent alternativ; - identificați factorul de putere; - găsiți relațiile dintre puteri; - formulați concluzii cu privire la procesele ireversibile și reversibile produse într-un circuit de curent alternativ RLC.	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - construiesc triunghiul puterilor; - identifică puterea activă pentru circuitul serie, ca fiind cateta orizontală: $P = UI \cos \varphi = U_R I = RI^2$; - identifică puterea reactivă pentru circuitul serie, cateta verticală: $P_r = UI \sin \varphi = (U_L - U_C)I = (X_L - X_C)I^2$ - identifică ipotenuza pentru circuitul serie ca fiind puterea aparentă: $S = UI = ZI^2$; - observă că: $\cos \varphi = \frac{P}{S}$, adică valoarea factorului de putere arată ce fracțiune din puterea furnizată de generator circuitului este reprezentată de puterea activă; - folosind relațiile în triunghiul puterilor găsesc: $S^2 = P^2 + P_r^2, \quad P = S \cos \varphi, \quad P_r = S \sin \varphi;$ - în rezistori procesele sunt ireversibile, energia electrică se transformă în căldură care se degajă pe rezistori; - pe elementele reactive, procesele sunt reversibile –

	intervalele de timp în care energia este transmisă de la sursă la elementul reactiv din circuit alternează cu intervalul de timp în care energia revine de la elementul reactiv la sursa de tensiune.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor: 1. să construiască triunghiul puterilor pentru circuitul paralel RLC și să scrie expresiile puterilor în acest circuit; 2. să se documenteze și studieze transferul optim de putere în curent alternativ și condițiile în care se obține transferul optim de putere de la un generator de curent alternativ cu rezistența internă r, inductanța L și t.e.m. $e = E_m \sin \omega t$ către un receptor de rezistență R.	• Efectuează tema pentru acasă. 1. În cazul circuitului paralel RLC construiesc triunghiul puterilor din triunghiul intensităților prin înmulțirea laturilor diagramei fazoriale cu U: - scriu expresiile puterilor în acest caz: <i>puterea activă</i> $P = UI \cos \varphi = UI_R = RI_R^2 = \frac{U^2}{R}, \text{ puterea reactivă}$ $P_r = UI \sin \varphi = (I_L - I_C)U = X_L I_L^2 - X_C I_C^2 = \frac{U^2}{X_L} - \frac{U^2}{X_C}$ și <i>puterea aparentă</i> $S = UI = ZI^2$. 2. Transferul optim de putere de la generator către receptor se obține în acest caz, <i>dacă circuitul conține un condensator C care să compenseze diferența de fază dintre tensiune și intensitate, introdusă de reactanța $X_L = \omega L$:</i> - scriu intensitatea: $I = \frac{E}{\sqrt{(R+r)^2 + (X_L - X_C)^2}}$; - observă că în condiția în care $X_L = X_C$, circuitul este la rezonanță și <i>curentul devine maxim</i> $I_{\max} = \frac{E}{R+r}$; - <i>puterea activă</i> $P = RI^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2}$ devine maximă când $R = r, \text{ la fel ca în circuitele de c.c., iar } P_{\max} = \frac{E^2}{4r};$ - calculează puterea activă totală produsă de generator este $P_{\text{total}} = (R+r)I^2 = \frac{E^2}{2r} = 2P_{\max}$; - calculează randamentul în cazul transferului maxim de putere: $\eta = \frac{P_{\max}}{P} = 0,5$, valoare mică sub necesitățile transmisiei eficiente de energie.

Lecția 9

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea modelării matematice în studiul circuitului RLC în c.a., norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante etc.
• *Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): stabilirea formalismului adecvat și utilizarea acestuia în rezolvarea rețelelor de curent alternativ;	• Evocă observații proprii referitoare la formalismul fazorial folosit în studiul circuitelor de curent alternativ și comunică părerile în clasă.
• Definește rețeaua electrică, face precizarea că	• Formulează (în perechi) constatările/ concluziile lor și

rețelele simple de circuit de curent alternativ sunt formate din impedanțe legate în serie și în paralel și arată că rezolvarea rețelor presupune identificarea intensităților și tensiunilor pe fiecare element de rețea, aflarea impedanței circuitului și a defazajului dintre tensiune și intensitate. • Precizează că rezolvarea rețelor electrice de curent alternativ se poate face prin: <i>metoda analitică, metoda fazorială și metoda numerelor complexe și cere elevilor</i> să caracterizeze pe scurt fiecare metodă.	comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - abordarea analitică presupune aplicarea legii lui Ohm pentru valori efective și a legilor lui Kirchhoff pentru valori instantanee, este o metodă complicată; - abordarea fazorială este mai intuitivă, dar dificil de utilizat în circuitele complicate, tocmai datorită compunerii unui număr mare de vectori; - metoda numerelor complexe probabil se bazează pe reprezentarea vectorilor în planul numerelor complexe și ar putea fi mult mai rapidă.
• Prezintă elevilor un <i>algorithm de rezolvare a rețelor de c. a. folosind metoda fazorială</i>: - identificarea tensiunilor și curenților din rețea; - scrierea legilor lui Kirchhoff pentru valori instantanee pe baza cărora se construiește diagrama fazorială; - stabilirea unui fazor de referință și trasarea diagramei fazoriale, ținând cont de defazațele cunoscute dintre tensiunea la bornele fiecărui element de circuit și intensitatea curentului electric prin acel element de circuit; - corelarea și însumarea fazorilor tensiunilor și intensităților se poate face pe porțiuni de rețea și apoi unirea diagramelor pe baza fazorilor comuni; - cu ajutorul diagramei fazoriale și folosind legea lui Ohm pentru valori efective se rezolvă rețeaua electrică de c.a. • Cere elevilor să aplice acest formalism fazorial la rezolvarea problemei următoare: Circuitul electric, din figura alăturată, în care se cunosc $R_1=R_2=X_L=X_C=10\Omega$, este alimentat la o tensiune alternativă cu valoarea efectivă $U=100V$. Determinați intensitatea efectivă a curentului I prin întregul circuit, impedanța circuitului Z și defazajul φ dintre tensiune și curent. 	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - identifică tensiunile și curenții din circuit: $u, u_1, u_L, u_2, u_C, i, i_1, i_2, i_L, i_C$; - scriu legile lui Kirchhoff pentru valori instantanee: $i=i_1+i_L=i_2+i_C, u_1=u_{R1}=u_L, u_2=u_{R2}=u_C, u=u_1+u_2$  - construiesc diagramele fazoriale pe porțiuni de rețea, <i>fazorii de referință fiind tensiunile U_1 pentru gruparea paralel R_1L și U_2 pentru gruparea paralel R_2C</i>; - folosesc legile lui Ohm pentru valori efective, fac raționamente trigonometrice în cele două triunghiuri ale intensităților și obțin: $U_1 = \frac{R_1 X_L I}{\sqrt{R_1^2 + X_L^2}} = \frac{10 \cdot I}{\sqrt{2}} \text{ și } \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{R_1}{X_L} = 1;$ $U_2 = \frac{R_2 X_C I}{\sqrt{R_2^2 + X_C^2}} = \frac{10 \cdot I}{\sqrt{2}} \text{ și } \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{R_2}{X_C} = 1$ - observă că $U_1=U_2$ și $\varphi_1=\varphi_2=\pi/4$; - realizează diagrama pentru întregul circuit, <i>fazorul de referință fiind intensitatea I</i>; - sesizează că fazorul tensiunii este în fază cu fazorul intensității, deci $\varphi=0$; - din diagrama fazorială pentru întregul circuit găsesc relația $U_1 = \frac{U}{\sqrt{2}}$ și obțin imediat <i>intensitatea efectivă a curentului prin întregul circuit $I=10A$</i>; - impedanța circuitului o calculează din legea lui Ohm: $Z=U/I=10\Omega$.
• *Comunică elevilor ideea că la rezolvarea circuitelor de curent alternativ cu ajutorul numerelor complexe se folosesc aceiași algoritmi ca și în cazul circuitelor de curent continuu.	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete).
• *Prezintă elevilor formalismul numerelor complexe: - pentru studiul circuitelor de c.a. se pot asocia intensităților, tensiunilor, reactanțelor și impedanțelor numere complexe; - valorile instantanee ale mărimilor alternative	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - transformă rețeaua electrică din problema precedentă într-o rețea echivalentă:

sunt date de partea imaginară sau de partea reală a numărului complex asociat;

Mărimea fizică	Numărul complex asociat
$u(t) = U\sqrt{2} \sin \omega t$	$\underline{U} = U\sqrt{2}e^{j\omega t}$ $u(t) = \text{Im } \underline{U}$
$i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi)$	$\underline{I} = I\sqrt{2}e^{j(\omega t - \varphi)}$ $i(t) = \text{Im } \underline{I}$
Impedanța Z	$\underline{Z} = \text{Re } \underline{Z} + j \text{Im } \underline{Z}$ $\underline{Z} = R + jX$
Modulul impedanței	$Z = \underline{Z} = \sqrt{R^2 + X^2}$
Defazajul curent-tensiune	$\varphi = \arg \underline{Z}$ $\tan \varphi = \frac{\text{Im } \underline{Z}}{\text{Re } \underline{Z}} = \frac{R}{X}$
Rezistorul R	$\underline{Z}_R = R$
Bobina ideală L	$\underline{Z}_L = \underline{X}_L = jX_L = j\omega L$
Condensator ideal C	$\underline{Z}_C = \underline{X}_C = -jX_C =$ $= -j \frac{1}{\omega C}$

- folosind reprezentarea în complex, *impedanțele echivalente se pot calcula ca și rezistențele echivalente în curent continuu, adică **impedanța echivalentă*** va fi:

$$\underline{Z}_s = \sum_k \underline{Z}_k \text{ (serie) și } \frac{1}{\underline{Z}_p} = \sum_k \frac{1}{\underline{Z}_k} \text{ (paralel)}$$

- *legea lui Ohm* pentru o porțiune din circuitul de c.a. se scrie la fel ca în c.c. $\underline{I} = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}}$

- *legile lui Kirchhoff* în c.a. se scriu sub forma:

$$\sum_k \underline{I}_k = 0, \quad \sum_k \underline{E}_k = \sum_l \underline{I}_l \underline{Z}_l$$

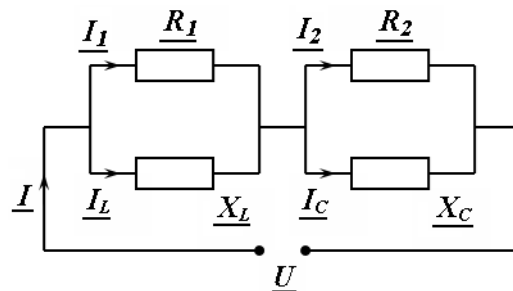
• **Invită elevii** să aplice acest formalism la rezolvarea aceleiași probleme.

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)** și cere elevilor:

1. să aplice, la alegere, formalismul fazorial sau formalismul numerelor complexe la rezolvarea problemei următoare:

Circuitul electric, din figura alăturată, este format din două ramuri grupate în paralel, care conțin rezistoarele R_1 și R_2 , o bobina ideală și un condensator. Se cunosc reactanțele X_L și X_C .

Determinați valorile rezistențelor $R_1 = R_2 = R$ astfel încât circuitul să se comporte rezistiv.



- **asociază** rezistențelor și reactanțelor numerele complexe: $\underline{R}_1 = R_1$, $\underline{R}_2 = R_2$, $\underline{X}_L = jX_L$, $\underline{X}_C = -jX_C$;

- **calculează** *impedanța complexă echivalentă pentru fiecare grupare paralel*:

$$\underline{Z}_{p1} = \frac{\underline{R}_1 \cdot \underline{X}_L}{\underline{R}_1 + \underline{X}_L} = \frac{R_1 \cdot jX_L}{R_1 + jX_L}$$

$$\underline{Z}_{p2} = \frac{\underline{R}_2 \cdot \underline{X}_C}{\underline{R}_2 + \underline{X}_C} = \frac{R_2 \cdot (-jX_C)}{R_2 - jX_C}$$

- în urma înlocuirilor **obțin** valorile:

$$\underline{Z}_{p1} = \frac{10j}{1+j} \text{ și } \underline{Z}_{p2} = \frac{-10j}{1-j}$$

- **calculează** *impedanța complexă a circuitului*:

$$\underline{Z}_p = \underline{Z}_{p1} + \underline{Z}_{p2} = \frac{10j}{1+j} + \frac{-10j}{1-j} = 10$$

- *modulul impedanței complexe este $Z=10$, adică **impedanța circuitului** are valoarea $Z=10\Omega$* ;

- *argumentul impedanței complexe este $\varphi=0$, adică **intensitatea curentului din circuit este în fază cu tensiunea aplicată la capetele circuitului***;

- pentru aflarea *intensității efective* a curentului din circuit **aplică** legea lui Ohm $I = \frac{U}{Z} = 10A$.

- **constată** că obțin aceleași rezultate indiferent de formalismul utilizat;

- **sesizează** că în acest caz formalismul numerelor complexe a permis o rezolvare mai rapidă a problemei.

• **Efectuează tema pentru acasă:**

1. **Formalismul fazorial**

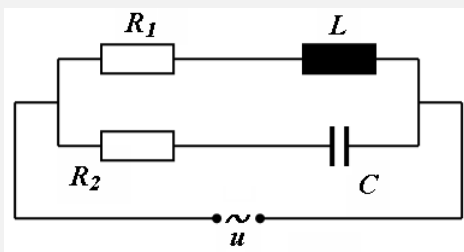
- **scriu** legile lui Kirchhoff pentru valori instantanee:

$$i = i_1 + i_2, \quad u = u_{R1} + u_L, \quad u = u_{R2} + u_C$$

- **construiesc** diagramele fazoriale pe porțiuni de rețea, *fazorii de referință* fiind intensitățile I_1 pentru gruparea serie R_1L și I_2 pentru gruparea serie R_2C ;

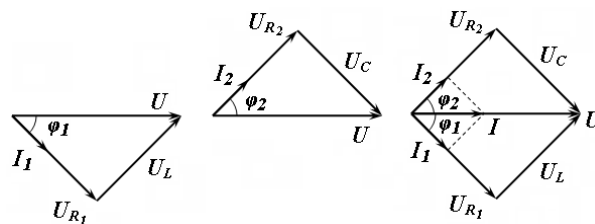
- **sesizează** că fazorul tensiunii este în fază cu fazorul intensității, deci $\varphi=0$;

- **realizează** diagrama pentru întregul circuit, *fazorul de referință fiind tensiunea U* ;



2. să se informeze, documenteze și să prezinte referatul științific privind *Aplicațiile în tehnică ale circuitelor de curent alternativ. Măsurile de protecție în producerea și utilizarea curentului alternativ*, oferind următoarea structură pentru acesta: 1. Introducere; 2. Considerații generale asupra temei abordate; 3. Prezentarea principalelor aplicații ale circuitelor de curent alternativ cu selectarea a ceea ce este deosebit; 4. Prezentarea principalelor măsuri de protecție în producerea și utilizarea curentului alternativ; 5. Interpretarea personală și concluziile constate; 6. Oportunitatea surselor bibliografice.

3. să pregătească prezentările lucrărilor proprii pentru evaluarea finală: *referate bibliografice (prezentări PowerPoint); „Jurnal de observații”; experimente și construcții de dispozitive; colecții de probleme rezolvate; filmări proprii sau filme de montaj etc.*



- folosesc legile lui Ohm pentru valori efective, **fac raționamente** trigonometrice în cele două triunghiuri ale tensiunilor și **obțin**:

$$I_1 = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_L^2}}, \quad \sin \varphi_1 = \frac{U_L}{U} = \frac{I_1 X_L}{U}$$

$$I_2 = \frac{U}{\sqrt{R_2^2 + X_C^2}}, \quad \sin \varphi_2 = \frac{U_C}{U} = \frac{I_2 X_C}{U}$$

- observă că $I_1 \sin \varphi_1 = I_2 \sin \varphi_2$

- efectuează calculele și găsesc: $R = \sqrt{X_L X_C}$

Formalismul numerelor complexe

- asociază rezistențelor și reactanțelor numerele complexe: $\underline{R}_1 = R$, $\underline{R}_2 = R$, $\underline{X}_L = jX_L$, $\underline{X}_C = -jX_C$;

- calculează impedanța complexă echivalentă pentru fiecare grupare: $\underline{Z}_{s1} = R + jX_L$, $\underline{Z}_{s2} = R - jX_C$

- calculează impedanța complexă a circuitului:

$$\underline{Z} = \frac{\underline{Z}_{s1} \cdot \underline{Z}_{s2}}{\underline{Z}_{s1} + \underline{Z}_{s2}} = \frac{(R + jX_L)(R - jX_C)}{(R + jX_L) + (R - jX_C)}$$

- deoarece intensitatea curentului din circuit este în fază cu tensiunea aplicată la capetele circuitului **argumentul impedanței complexe este $\varphi=0$** , adică partea imaginară a impedanței este nulă: $\text{Im } \underline{Z} = X = 0$;

-din condiția $X=0$ obțin în urma efectuării calculelor (care sunt destul de lungi): $R = \sqrt{X_L X_C}$

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul experimentului): 5. 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc.; de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor; de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 10

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):																		
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (circuitul RLC în curent alternativ, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): prezentarea și autoevaluarea portofoliului, aplicații în tehnică ale circuitelor de curent alternativ; măsuri de protecție în producerea și utilizarea curentului alternativ ; • Prezintă elevilor criteriile de evaluare a referatului:	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.; • Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă; • Organizați în grupe, prezintă în clasă referatul științific și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.;																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Criterii de evaluare</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Aspect general</td><td>Modul de realizare a referatului (coperta cu titlul și datele autorului, paginare, etc.)</td></tr> <tr> <td>Redactarea referatului</td></tr> <tr> <td>Prezentarea bibliografiei</td></tr> <tr> <td rowspan="7">Conținut</td><td>Argumentarea temei</td></tr> <tr> <td>Conținutul (corect, riguros, etc.)</td></tr> <tr> <td>Utilizarea unui limbaj corect și a limbajului de specialitate;</td></tr> <tr> <td>Structura conținutului (adecvată, haotică)</td></tr> <tr> <td>Respectarea planului de lucru</td></tr> <tr> <td>Existența și calitatea desenelor, schemelor, fotografiilor etc.</td></tr> <tr> <td>Opinii personale cu privire la tema în discuție</td></tr> <tr> <td rowspan="3">Mod de prezentare</td><td>Coerență, corectitudine și fluentă în prezentare</td></tr> <tr> <td>Prezentare liberă, cvasiliberă, Power Point</td></tr> <tr> <td>Răspunsurile formulate de elev la întrebările profesorului și ale colegilor (corect argumentate)</td></tr> </tbody> </table>	Criterii de evaluare		Aspect general	Modul de realizare a referatului (coperta cu titlul și datele autorului, paginare, etc.)	Redactarea referatului	Prezentarea bibliografiei	Conținut	Argumentarea temei	Conținutul (corect, riguros, etc.)	Utilizarea unui limbaj corect și a limbajului de specialitate;	Structura conținutului (adecvată, haotică)	Respectarea planului de lucru	Existența și calitatea desenelor, schemelor, fotografiilor etc.	Opinii personale cu privire la tema în discuție	Mod de prezentare	Coerență, corectitudine și fluentă în prezentare	Prezentare liberă, cvasiliberă, Power Point	Răspunsurile formulate de elev la întrebările profesorului și ale colegilor (corect argumentate)	Tema referatului: <i>Aplicațiile în tehnică ale circuitelor de curent alternativ. Măsuri de protecție în producerea și utilizarea curentului alternativ</i> <u>Planul de lucru:</u> 1. Argumentul lucrării. 2. Prezentarea, prin comparație, a producerii și utilizării curentului electric continuu și a curentului electric alternativ. 3. Principalele aplicații ale circuitelor de curent alternativ cu selectarea a ceea ce este deosebit: aparate electrotehnice și dispozitive electronice, observarea tensiunilor oscilante în medicină, motoare electrice, transformatoare, etc.(descriere, explicații, desene schematice, imagini). 4. Măsuri de protecție în producerea și utilizarea curentului alternativ, având în vedere: efectele curentului electric asupra organismului uman; efectele producerii curentului electric asupra mediului (hidrocentralele, centralele nucleare-electrice, panourile solare, morile de vânt, etc.); alte efecte ale curentului electric alternativ (pericolul exploziilor electrice; apariția supracurenților, supratensiunilor sau subtensiunilor în instalațiile electrice; împământarea, rolul siguranțelor fuzibile; etc.). 5. Bibliografie
Criterii de evaluare																			
Aspect general	Modul de realizare a referatului (coperta cu titlul și datele autorului, paginare, etc.)																		
	Redactarea referatului																		
	Prezentarea bibliografiei																		
Conținut	Argumentarea temei																		
	Conținutul (corect, riguros, etc.)																		
	Utilizarea unui limbaj corect și a limbajului de specialitate;																		
	Structura conținutului (adecvată, haotică)																		
	Respectarea planului de lucru																		
	Existența și calitatea desenelor, schemelor, fotografiilor etc.																		
	Opinii personale cu privire la tema în discuție																		
Mod de prezentare	Coerență, corectitudine și fluentă în prezentare																		
	Prezentare liberă, cvasiliberă, Power Point																		
	Răspunsurile formulate de elev la întrebările profesorului și ale colegilor (corect argumentate)																		
• Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea portofoliului, pentru <i>evaluarea rezultatelor finale</i>, vizând competențele cheie;¹⁸	• Prezintă portofoliile, expun produsele realizate, evaluează lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în <i>protocolul de evaluare</i>;																		

¹⁸ Criteriile de evaluare finală vor fi expuse în anexele unităților de învățare.

Alături de criteriile furnizate de **competențele specifice înscrise în programele școlare** (vizând, în special, componentele „cunoștințe” și „abilitățile de operare cu noțiunile însușite” corespunzătoare **competenței cognitive/ de rezolvare de probleme**), *evaluarea portofoliului* ar putea avea în vedere și celelalte **competențe-cheie** cum sunt (după Gardner, 1993):

21. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);
22. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);
23. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);

• Anunță verificarea orală/ testul scris pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe <i>competențele specifice înscrise în programele școlare</i>, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;	
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), vizând acțiuni colective în afara clasei, legătura noțiunilor însușite în cadrul unității de învățare parcurse cu temele/ proiectele viitoare etc.	• <i>*Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, la întâlniri cu responsabili ai administrației școlare/ locale, să informeze factori de decizie locali cu privire la calitatea unor produse, măsuri de protecție a mediului, a propriei persoane și altele.</i>

Bibliografie

- (1) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006
- (2) Stelian Ursu, Ion Toma, Rodica Ionescu, Cristina Onea, *Ghid pentru lucrări practice pentru laboratorul de fizică*, clasa a XI-a, Editura Radical, 1996
- (3) *Manuale alternative*: Rodica Ionescu-Andrei, Cristina Onea, Ion Toma, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Grup Editorial ART, București, 2007; Simona Bratu, Adrian Motomancea, Ion Apostol, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Didactică și Pedagogică, București, 2006; Daniel Ovidiu Crocna, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Sigma, București, 2006; Constantin Mantea, Mihaela Garabet, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura BIC ALL, București, 2006; Mihai Popescu, Valerian Tomescu, Smaranda Strazaboschi, Mihai Sandu, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura LVS crepuscul, București, 2006; Octavian Rusu, Constantin Trăistaru, Livia Dinică, Constantin Gavrilă, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Corint, București, 2006

24. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

Unitatea de învățare: XI.10 Oscilații electromagnetice libere. Circuitul oscilant

sau

„De la pendulul elastic la oscilațiile electromagnetice”

sau

„Cum se produc oscilațiile electromagnetice libere prin descărcarea unui condensator pe o bobină?”

sau

„De la pendulul elastic la selectarea radiofrecvențelor cu circuitele oscilante”

Mihancea Katalin

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 5

Conținuturi repartizate unității de învățare: 2.2. Oscilații electromagnetice libere. Circuitul oscilant.

(*) Descărcarea unui condensator pe R și L. Circuitul oscilant. Analogie dintre oscilatorul mecanic și cel electromagnetic. Aplicații ale circuitului oscilant (Programa de fizică pentru clasa a XI-a).

Modelul de învățare asociat: **INVESTIGAȚIA**

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației;
II. Explorare - Experimentare	2. Colectarea probelor, analizarea și interpretarea informațiilor;
III. Reflecție - Explicare	3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;
IV. Aplicare - Transfer	4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele investigației științifice** (definind competențe specifice), ca un grup de lecții lansate de o întrebare deschisă, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor investigației. Procesul cognitiv central este *analogia cu anticiparea efectului* (dezvoltarea noilor cunoștințe prin descoperirea mijloacelor/ variabilelor a căror manevră/ control conduce la efectul/ rezultatul dorit).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o observație neașteptată, și anume: „*Un trunchi de copac plutește pe apă, în timp ce o pietricică se scufundă!*”. Pe parcursul unității de învățare, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea: „*Un corp mic poate avea totuși o densitate mare!*”.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știu sau cred eu despre asta?*

Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației.

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare).

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *planificare sau anticipare*. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): încadrează mișcarea oscilatorie într-un concept mai cuprinzător (caracteristicile mișcării oscilatorii, mărimi fizice, exemple, etc.), prezintă oscilația unui pendul elastic și imaginile, pe ecranul osciloscopului, ale oscilațiilor produse de un circuit oscilant; • Evocă întrebarea de investigat din „Jurnalul de observații științifice” (la dispoziția elevilor în clasă): „<i>Ce corespondență poate exista între oscilațiile unui resort cu bilă și un circuit oscilant?</i>” și cere elevilor să găsească explicații/ răspunsuri/ ipoteze alternative la întrebare, privind cauzele fenomenului observat; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Îndrumă elevii să proiecteze verificarea ipotezelor formulate de ei; Orientează gândirea elevilor către identificarea mărimilor fizice (masă, constantă elastică, capacitate, inductanță, energie potențială, energie cinetică, energia câmpului electric, energia câmpului magnetic) care disting ipotezele formulate, identifică explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere (utilizarea unor instrumente de măsură pentru măsurarea mărimilor necesare); • Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse.¹⁹ • Consultă elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor (la sfârșitul	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale privind mișcarea oscilatorie, exemple de oscilatori mecanici, compară oscilația pendulului elastic cu cea a circuitului oscilant (pe baza imaginii de pe osciloscop); • Formulează ipoteze (răspunsuri) la întrebare, întrebări, de exemplu: „probabil că există transformări energetice și la circuitul oscilant ca și la pendul”; „probabil că descărcarea condensatorului produce creșterea intensității curentului prin bobină”; „probabil că t.e.m. autoindusă în bobină produce reîncărcarea condensatorului”; „probabil că descărcarea și încărcarea condensatorului se produce cu o frecvență dată” „probabil că perioada de oscilație a circuitului oscilant depinde de C și L” și altele; • Evocă/ exersează măsurarea frecvenței oscilațiilor folosind osciloscopul, respectiv determinarea oscilațiilor pendulului elastic; • Disting situații care ar putea fi avute în vedere (variabilele de controlat), pentru a explica producerea oscilațiilor cu circuitul oscilant; • Menționează masa, constanta elastică, capacitatea, inductanța, energia potențială, energia cinetică, energia câmpului electric, energia câmpului magnetic și reformulează ipotezele formulate anterior: „la pendulul elastic energia potențială se transformă în energia cinetică și invers, iar la circuitul oscilant energia câmpului electric se transformă în energia câmpului magnetic și invers”; „reîncărcarea și încărcarea condensatorului se face cu o frecvență dată, precum și oscilația pendulului elastic se produce cu o anumită frecvență”; • Alcătuiesc grupuri de lucru în funcție de variantele de răspuns sau de preferințe; • Identifică produse pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Negociază cu profesorul conținutul și structura portofoliului, convin modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.); • Evocă semnificațiile, accesibilitatea, relevanța <i>criteriilor de evaluare</i> a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor

¹⁹ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Eseu literar/ plastic pe temele studiate etc.

parcurgerii unității de învățare);²⁰

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă), cerându-le să planifice verificarea ipotezelor, să extragă informații de tipul „Ce este un lucru?”.

pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele.

- **Efectuează tema pentru acasă** - având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Colectarea probelor, analizarea și interpretarea informațiilor.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; Lecție de formare a priceperilor și deprinderilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea efectului.* Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției); • Oferă elevilor materiale pentru experimentare (resort, bilă, balanță, cronometru, osciloscop, montaj pentru studiul descărcării condensatorului prin circuitul oscilant) și cere elevilor să experimenteze (să verifice ideea că valoarea rezistenței active totale a circuitului dă caracterul periodic sau neperiodic al descărcării condensatorului, să determine condiția pentru descărcarea periodică, să măsoare mărimile caracteristice folosind osciloscopul, să determine mărimile de care depinde frecvența pendulului elastic, :	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; valuează ipotezele propuse, modalitățile de verificare, evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: - Observă mișcarea pendulului elastic pentru diferite alungiri maxime inițiale; - măsoară și înregistrează: frecvența de oscilație a pendulului elastic pentru corpuri cu mase diferite, respectiv pentru resorturi cu constante elastice diferite; - observă imaginea de pe ecranul osciloscopului a descărcării condensatorului din montajul dat pentru condiția: $R_t \geq 2 \sqrt{L/C}$, respectiv $R_t < 2 \sqrt{L/C}$, - măsoară și înregistrează frecvența oscilațiilor circuitului oscilant pentru diferite valori ale capacității și inductanței; - compară mărimile fizice de care depinde frecvența oscilației pendulului elastic și al circuitului oscilant; Observații: - activitatea se poate organiza pe grupe în așa fel încât unele grupe să studieze mișcarea pendulului elastic, altele să studieze descărcarea aperiodică și cea periodică, iar altele dependența frecvenței de C și L;

²⁰ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

- în cazul în care nu dispunem de osciloscop se poate face simularea prin calculator, programe educaționale, cum ar fi:

http://www.walter-fendt.de/ph14ro/osccirc_ro.htm

- **Cere elevilor** să comunice observațiile;

- Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii **comunică observațiile** privind oscilațiile pendulului elastic și al circuitului oscilant; mărimile de care depinde frecvența oscilației pendulului elastic și cea a circuitului oscilant; condiția pentru R_t pentru descărcarea aperiodică cea periodică;

- **Dacă și-au încheiat activitatea**, elevii se reorientează către grupurile ale căror investigații sunt în curs de desfășurare;

- **Efectuează tema pentru acasă**, ca răspunsuri la întrebări.

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)** și cere elevilor, organizați în grupurile de lucru stabilite, **să conceapă experimente** pentru a răspunde la un set de întrebări: Care sunt transformările energetice în timpul mișcării pendulului elastic, respectiv în cazul circuitului oscilant?
- Care este relația pentru determinarea perioadei pendulului elastic?
- Care este explicația procesului de producere a oscilațiilor în circuitul oscilant?

Secvența a III-a. Reflecție-explicare

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemplu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):						
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): să distingă un patern (model, regulă) cu ajutorul tabelului pentru descrierea procesului de producere a oscilațiilor cu circuitul oscilant.	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; • Analizează datele credibile, argumentează alegerile și reunesc într-un tabel comun masele și volumele măsurate pentru corpurile puse la dispoziție, incluzând măsurătorile pentru apă și adaugă o coloană a rapoartelor masă/ volum; • Formulează ipoteze privind relația așteptată; • Constată că: - Analogia pendul elastic – circuit oscilant oferă posibilitatea stabilirii următoarelor corespondențe între mărimile care le caracterizează:						
	<table> <tr> <th>Mărimi mecanice</th><th>Mărimi electrice</th></tr> <tr> <td>Elongația y</td><td>Sarcina electrică q</td></tr> <tr> <td>Viteza $v = \Delta y / \Delta t$</td><td>Intensitatea curentului</td></tr> </table>	Mărimi mecanice	Mărimi electrice	Elongația y	Sarcina electrică q	Viteza $v = \Delta y / \Delta t$	Intensitatea curentului
Mărimi mecanice	Mărimi electrice						
Elongația y	Sarcina electrică q						
Viteza $v = \Delta y / \Delta t$	Intensitatea curentului						

Constanta elastică k	$i = \Delta q / \Delta t$
Masa m	Inversul capacității $1/C$
Accelerația $a = \Delta v / \Delta t$	Inductanța L
	Viteza de variație a intensității curentului $\Delta i / \Delta t$
Energie potențială $E_p = kx^2/2$	Energie electrică condensator $W_e = q^2/2C$
Energie cinetică $E_c = mv^2/2$	Energie magnetică bobină $W_m = Li^2/2$
Perioada oscilațiilor $T = 2\pi\sqrt{m/k}$	Perioada oscilațiilor $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Legea conservării energiei pentru cele două sisteme considerate ideale (absența frecărilor la pendul și rezistența bobinei neglijabilă), are expresia:

$$ky^2/2 + mv^2/2 = E = \text{const}$$

$$q^2/2C + Li^2/2 = W_{\text{elmag}} = \text{const.}$$

• **Precizează** elevilor că oscilațiile dintr-un circuit oscilant sunt libere, procesul oscilator se produce singur, datorită sarcinii inițiale q_m a condensatorului;

- Oscilațiile libere se produc cu o perioadă proprie T_0 care depinde de valorile capacității C și inductanței L a circuitului oscilant.

- Circuitul LC se numește

- **denumeste** relația pentru perioada oscilațiilor circuitului oscilant: **formula lui Thomson:** $T = 2\pi\sqrt{LC}$

apoi **cere elevilor** să transpună observațiile anterioare *în termeni de masă, constantă elastică, capacitate, sarcină electrică, tensiune electrică, intensitatea curentului electric, inductanță, energie potențială, energie cinetică, energia câmpului electric, energia câmpului magnetic* ;

- **definește** circuitul oscilant și oscilațiile electromagnetice:

- **În circuitul oscilant LC** energia electromagnetică oscilează între forma electrică în condensator și forma magnetică în inductor (bobină), motiv pentru care circuitul LC se numește **circuit oscilant**.

- Oscilațiile energiei electromagnetice se numesc **oscilații electromagnetice**.

• **Cere elevilor** să revină la întrebarea de investigat: „Cum se produc oscilațiile electromagnetice libere prin descărcarea unui condensator pe o bobină?”

și cere elevilor să **formuleze o explicație** a fenomenului observat;

• **Reformulează constatările**, în termeni de masă, constantă elastică, capacitate, sarcină electrică, tensiune electrică, intensitatea curentului electric, inductanță, energie potențială, energie cinetică, energia câmpului electric, energia câmpului magnetic ;

• **Constată** că:

1. În cazul oscilației pendulului elastic energia cinetică se transformă în cea potențială și invers.

2. În circuitul oscilant LC energia electromagnetică oscilează între forma electrică în condensator și forma magnetică în inductor (bobină).

• **Reformulează observațiile** din etapa de explorare-experimentare și **propun explicații** sub forma unor *generalizări (inducții)*;

• **Formulează enunțul (relația, legea)** conform căreia: **Perioada proprie de oscilație a circuitului oscilant depinde de capacitatea condensatorului C și de inductanța bobinei L .**

• **Formulează argumente** la mirarea inițială:

Fazele procesului de producere a oscilațiilor circuitului oscilant sunt:

- **faza I. ($t = 0$):** Sarcina condensatorului q_m este maximă, iar curentul prin circuit este zero. Toată energia preluată de circuit de la sursă este concentrată în câmpul electric dintre plăcile condensatorului, și se poate exprima sub forma $q^2/2C$. Deoarece curentul este nul, în conductor nu există câmp magnetic, nici energie;

- **faza a II-a ($0 < t < T/4$):** Condensatorul a început să se descarce. Prin bobină circulă un curent care crește treptat în intensitate, iar tensiunea între armăturile condensatorului scade, deoarece un număr tot mai mare de electroni pleacă de la armătura încărcată negativ, iar ajungând la armătura încărcată pozitiv îi micșorează sarcina. Energia electrică a condensatorului se

transformă treptat în cea magnetică în inductor.

- **faza a III-a ($t = T/4$):** Condensatorul este complet descărcat, iar intensitatea curentului prin circuit are valoarea maximă. Între plăcile condensatorului nu există nici câmp, nici energie. Toată energia se află în câmpul magnetic din inductor și este $Li^2/2$.

- **faza a IV-a ($T/4 < t < T/2$):** Curentul scade în valoare, însă își păstrează sensul negativ, ceea ce duce la încărcarea plăcii inferioare a condensatorului cu sarcină pozitivă și plăcii superioare cu sarcină negativă. Energia este împărțită între inductor și condensator.

- **faza a V-a ($t = T/2$):** Condensatorul este încărcat cu sarcină maximă q_m , însă cu polaritate opusă față de faza I., iar curentul din circuit este nul. Din nou, toată energia este în câmpul electric al condensatorului. Din acest moment se schimbă sensul curentului în circuit.

- **faza a VI-a ($T/2 < t < 3T/4$):** Condensatorul se descarcă, curentul are sens pozitiv și este crescător. Energia este împărțită între condensator și inductor.

- **faza a VII-a ($t = 3T/4$):** Condensatorul este descărcat complet, curentul este pozitiv și a atins valoarea maximă i_m . Toată energia circuitului este concentrată în câmpul magnetic din inductor.

- **faza a VIII-a ($3T/4 < t < T$):** Curentul pozitiv este descrescător în timp și încarcă condensatorul cu sarcină pozitivă pe placa superioară și negativă pe placa inferioară. Energia este împărțită între inductor și condensator.

- **faza a IX-a ($t = T$):** Este identică cu faza a I. În continuare procesul se repetă identic cu cel descris, adică este un proces periodic.

• Efectuează tema pentru acasă.

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor** să răspundă la întrebări și să rezolve sarcinile de lucru cum sunt:

1. Ce se întâmplă cu oscilațiile, atât la pendul cât și la circuitul oscilant, în cazul real, adică în prezența frecărilor și dacă se ține cont de rezistența bobinei?
2. Ilustrarea grafică a variației în timp a mărimilor caracteristice circuitului LC, în paralel cu variația în timp a mărimilor caracteristice oscilației unui corp cu masa m suspendat de un resort cu constanta elastică k , parcurgând cele IX faze.

Timpul	Sistem LC	Energia	Sistem m, k	Energia

3. Trasarea graficului u_C , i în funcție de timp.

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îți oferă această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: deductiv. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): stabilirea relațiilor căutate, notarea lucrărilor efectuate de elevi; • Oferă elevilor materiale pentru experimentare, implicându-i în rezolvarea a noi probleme, evaluarea procedurilor/ soluțiilor adoptate, stabilirea limitelor de aplicabilitate a conceptelor definite, realizarea de previziuni (interpolări, extrapolări) pe baza condiției de plutire: Ce concluzii păstrăm, ce concluzii eliminăm? Este această explicație/ soluție mai bună decât alta?; Ce explicații/ soluții nu sunt încă susținute de probe? Ce soluție mai bună am putea adopta? Etc. • Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), implicându-i în conceperea raportului final: cere elevilor să întocmească un scurt raport scris privind rezultatele investigațiilor proprii, oferind următoarea structură pentru acestea: 1. <i>Preambul/ Teoria lucrării</i> (definiții ale mărimilor fizice utilizate, enunțuri de legi/ teoreme, descrierea metodei folosite); 2. <i>Materiale necesare</i>; 3. <i>Modul de lucru</i> (operații de măsurare, de calcul, de înregistrare a datelor în tabele, grafice); 4. <i>Date experimentale</i> (tabel de date, prelucrarea datelor, calculul erorilor); 5. <i>Concluzii</i> (enunțuri generale, validarea unui enunț).	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; • Organizați în grupuri de lucru, elevii: g) observă și optimizează circuitul oscilant, principiul de funcționare h) măsoară mărimile caracteristice circuitului oscilant pentru diferite cazuri (se modifică C, L, R) calculează frecvența proprie a circuitului; i) demonstrează experimental formula lui Thomson și o aplică la determinarea frecvenței circuitului oscilant; j) construiesc un circuit oscilant serie și paralel pentru a pune în evidență proprietățile oscilațiilor forțate, și anume: - amplitudinea oscilațiilor forțate depinde de tensiunea electromotoare a generatorului și de relația dintre frecvența generatorului și frecvența proprie a circuitului oscilant, ceea ce înseamnă că circuitul oscilant prezintă caracteristica de selectivitate; - oscilațiile forțate sunt neamortizate; dacă au o amplitudine constantă ele se numesc „întreținute”; - frecvența oscilațiilor forțate este egală cu frecvența t.e.m. a generatorului și nu depinde de inductanța și capacitatea circuitului oscilant; - amplitudinea oscilațiilor forțate devine maximă atunci când frecvența generatorului ν devine egală cu frecvența proprie ν_0 a circuitului, frecvență numită frecvență de rezonanță; - circuitul oscilant devine selectiv, numai dacă frecvența t.e.m. a generatorului este apropiată de frecvența de rezonanță și rezonază la $\nu = \nu_0$. - calculează factorul de calitate Q a circuitului oscilant; • Asumă roluri în grupul de lucru, tipul de produs care va fi prezentat (construcții de dispozitive, lucrări de laborator, demonstrații/ determinări experimentale, rezolvare de probleme din culegeri, eseu, lucrări plastice și literare etc.), convin modul de prezentare (planșe, postere, portofolii, prezentări PowerPoint, filme și filmări proprii montate pe calculator etc.); avansează ideile privind structura și conținutul raportului; • Negociază în grup conținutul și structura raportului final, convin modalitatea de prezentare (construcții, referat, eseu, poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.); • Întocmesc un scurt raport (oral, scris) privind rezultatele investigațiilor proprii, consecințe ale explicațiilor găsite.

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 5

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea <i>temelor efectuate acasă</i> și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, <i>norme de protecția muncii în laborator</i> etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): prezentarea și evaluarea raportului final; • Cere elevilor să determine experimental lărgimea de bandă a unui circuit oscilant realizeze previziuni (interpolări, extrapolări) pe baza relației $B = v_0/Q$, adică la același Q lărgimea de bandă crește cu frecvența de rezonanță; • să distingă/ clasifice substanțele/ corpurile în funcție de densitate, să aplice noțiunile înșușite la amestecuri de substanțe etc.; • Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea raportului final (portofoliului) pentru <i>evaluarea rezultatelor finale</i>, vizând competențele cheie²¹; • Anunță verificarea orală/ testul scris pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.; • Prezintă portofoliile/ produsele realizate/ rapoartele de lucru, expun produsele realizate, evaluează lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în <i>protocolul de evaluare</i>;

²¹ **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în *anexele* unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele înșușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

25. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);
26. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);
27. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);
28. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face
29. **rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.**

evaluării sumative bazate pe *competențele specifice înscrise în programele școlare*, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă): acțiuni colective în afara clasei, legături cu teme viitoare etc.

• **Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, întâlniri cu responsabili ai administrației locale și altele.*

Bibliografie

- (1) ** *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*, Center for Science, Mathematics, and Engineering Education, The National Academies Press, Washington 2000;
- (2) Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
- (3) Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
- (4) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
- (5) Anthony Cody, <http://tlc.ousd.k12.ca.us/~acody/density1.html>;
- (6) David S. Jakes, Mark E. Pennington, H. A. Knodle, www.biopoint.com;
- (7) Marilyn Martello, <http://mypages.iit.edu/~smile/ph9613.html>;
- (8) <http://teachers.net/lessons/posts/1.html>;
- (9) <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
- (10) http://www.teach-nology.com/teachers/lesson_plans/science/physics/;
- (11) Cristea, Gh., Ardelean, I., *Elemente fundamentale de fizică*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1985;
- (12) *** *Fizică, manual pentru clasa a XI-a*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1989;
- (13) Halliday, D., Resnick, R., *Fizică Vol.II*, Editura Didactică și Pedagogică, București 1975.
- (14) <http://www.walter-fendt.de/ph14ro/index.html>

Unitatea de învățare: XI.11 Câmpul electromagnetic. Unde electromagnetice

sau

„Tehnologia indispensabilă, fără de care mulți dintre noi nu ar mai putea trăi a început cu un sistem de ecuații...!”

sau

„Se pot face floricele cu telefonul mobil?”

Mihancea Katalin

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 6

Conținuturi repartizate unității de învățare: 2.3. Câmpul electromagnetic. Unda electromagnetică. Câmpul electromagnetic. Producerea și propagarea undelor electromagnetice. Energia transportată de o undă electromagnetică. 2.4. Clasificarea undelor electromagnetice. Surse de unde electromagnetice. Clasificarea undelor electromagnetice. *Proprietățile undelor electromagnetice* 2.5. Aplicații ale undelor electromagnetice. Aplicații științifice și tehnice ale undelor electromagnetice. *Interacțiunea radiațiilor electromagnetice cu sistemele biologice*. Poluarea electromagnetică. Măsuri de protecție (Programa de fizică pentru clasa a XI-a/ 2006).

Modelul de învățare asociat: **PROIECTUL**

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Planul operațional (motivarea proiectului și analiza de nevoi, stabilirea criteriilor de evaluare a produsului și a criteriilor de realizare - etapele de parcurs);
II. Explorare - Experimentare	2. Colectarea materialelor, analizarea și interpretarea informațiilor, realizarea preliminară a produsului;
III. Reflecție - Explicare	3. Testarea criteriilor de realizare, formularea unor concluzii, revizuirea etapelor de parcurs;
IV. Aplicare - Transfer	4. Verificarea produsului (criteriile de evaluare) și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea produsului (de învățare).

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele proiectului** (definind competențe specifice), ca o succesiune lecții focalizate pe conceperea și realizarea unor produse („cu finalitate reală”, Cergăhit, I. ș.a., 2001), însușirea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor proiectului. Procesul cognitiv central este *planificarea sau anticiparea* (dezvoltarea noilor cunoștințe pe baza îndeplinirii unui plan).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o observație incitantă, de exemplu: „*Tehnologia indispensabilă, fără de care mulți dintre noi nu ar mai putea trăi a început cu un sistem de ecuații!*”

Pe parcursul unității de învățare, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea/ideile: „*Câmpul electromagnetic reprezintă ansamblul câmpurilor electric și magnetic, care oscilează și se generează reciproc.*” „*Prin circuitul oscilant deschis alimentat de un generator de oscilații electromagnetice se poate descătușa energia electromagnetică ca să se propage în spațiul înconjurător sub forma undelor electromagnetice cu viteza luminii.*” „*Undele electromagnetice se pot clasifica după lungimea lor de undă în vid, adică după frecvența lor.*” „*De ce nu se produce rouă după nopțile înnoirate?*” „*Se pot face floricele cu telefonul mobil?*” (efectele undelor electromagnetice asupra corpului omenesc)

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știu sau cred eu despre asta?*

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 1. Planul operațional (motivarea proiectului și analiza de nevoi, stabilirea criteriilor de evaluare a produsului și a criteriilor de realizare - etapele de parcurs);

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor și expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *planificare sau anticipare*. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un <i>organizator cognitiv</i> (prelegere introductivă): focalizarea prezentării pe încadrarea <i>temei unității de învățare</i> într-un concept mai general (oscilații și unde), pe aspecte istorice etc., prin intermediul unor imagini captivante, filme (v. Bibliografie 14, 15, 16), întrebări incitante, probleme, studiu de caz, produse tehnologice, norme de protecția muncii etc. ilustrând <i>tema</i>; • Oferă elevilor un <i>portofoliu de teme</i> propuse spre realizare, urmând să fie evaluate în finalul unității de învățare, sub forme ca: (1) demonstrații/ modelări experimentale: studiul circuitului oscilant deschis, etaj de amplificator de RF modulat în bază, emițător cu un etaj, studiul receptorului de radio; (2) construcții: etaj de amplificator de RF modulat în bază, emițător cu un etaj; (3) referate științifice având ca temă: - <i>Teoria câmpului electromagnetic sau: De la ecuațiile lui Maxwell la undele electromagnetice.</i> - <i>Istoria undelor electromagnetice.</i> - <i>Cum se clasifică undele electromagnetice după frecvență și domeniul de utilizare?</i> - <i>Cum se emit, se propagă și cum sunt receptate undele electromagnetice?</i> - <i>Care sunt aplicațiile undelor electromagnetice și cum au contribuit ele la dezvoltarea civilizației umane?</i> - <i>Care sunt efectele interacțiunii radiațiilor electromagnetice cu sistemele biologice și ce măsuri de protecție se pot lua pentru diminuarea efectelor negative?</i> - <i>Nanotehnologia în protecția împotriva efectelor interacțiunii radiațiilor electromagnetice asupra sistemele biologice.</i> (4) postere, desene, eseuri literare etc., evocând noile cunoștințe etc.; • Cere elevilor să evoce cunoștințele proprii legate de proiectele propuse (ceea ce elevii știu), să distingă <i>noțiunile relevante</i> (câmp electric, câmp magnetic, câmp electromagnetic, circuite oscilante, frecvență, lungime de undă, propagarea undelor, telecomunicații); • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură); • Precizează elevilor aspecte legate de teoria câmpului electromagnetic, undele electromagnetice și ecuația undelor plane electromagnetice.	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale privind undele electromagnetice, aparatele, dispozitivele ca aplicații ale undelor electromagnetice; • Se orientează asupra realizării unor proiecte, alcătuiesc grupuri de lucru, evaluează tema pentru care au optat (interesantă, accesibilă, relevantă, productivă, complexă etc.); • Asumă roluri în grupul de lucru, negociază tipul de produs care va fi prezentat (construcții, demonstrații/ determinări experimentale, rezolvare de probleme din culegeri, eseu științific, eseu plastic sau literar etc.); • Evocă aspecte interesante, curiozități, dificultăți legate de proiectul ales, experiențe personale, observații în mediul înconjurător, deosebind fenomenele în termeni câmp electric, câmp magnetic, câmp electromagnetic, circuite oscilante, frecvență, lungime de undă, propagarea undelor, telecomunicații; • Evocă/ exersează determinarea dependenței temporal spațială a componentelor vectoriale electric și magnetic ai unei electromagnetice sinusoidale. • Reformulează constatările: La baza teoriei electromagnetismului, teorie care studiază producerea și propagarea undelor electromagnetice, se află patru ecuații fundamentale

cunoscute sub numele de ecuațiile lui Maxwell.

Acestea sunt reprezentate de:

- **Legea lui Gauss pentru câmpul electric:** fluxul câmpului electric printr-o suprafață închisă este dat de raportul dintre sarcina electrică conținută în interiorul acestei suprafețe și permitivitatea electrică a mediului;

- **Legea lui Gauss pentru câmpul magnetic:** fluxul câmpului magnetic printr-o suprafață închisă este zero;

- **Legea lui Ampère:** circulația câmpului magnetic pe o curbă închisă este dată de produsul dintre permeabilitatea magnetică a mediului și intensitatea curentului electric delimitat de curba închisă;

- **Legea inducției lui Faraday:** circulația câmpului electric pe o curbă închisă este dată de viteza de variație a fluxului câmpului magnetic prin suprafața ce se sprijină pe curba închisă;

Comparând cele patru ecuații cu ecuația de propagare a undelor mecanice, Maxwell a constatat că cele patru mărimi care caracterizează câmpul electromagnetic sunt funcții variabile în timp care se propagă cu viteza:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

Deci, dacă într-o regiune din spațiu se creează un câmp electric variabil în timp, acesta generează la rândul lui un câmp magnetic tot variabil în timp cu linii închise și reciproc, în jurul unui câmp magnetic variabil în timp ia naștere un câmp electric ale cărui linii sunt închise.

Ansamblul câmpurilor electrice și magnetice, care oscilează și se generează reciproc se numește **câmpul electromagnetic**.

Un câmp electromagnetic care se propagă în spațiu constituie o **undă electromagnetică**.

Aceasta constatare făcută pentru prima dată de Maxwell, în 1865, a constituit actul de naștere al teoriei undelor electromagnetice care, după aproape 20 ani au fost confirmate experimental de H. Hertz.

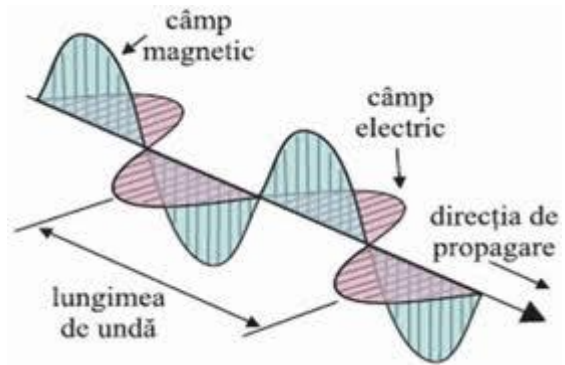
Această constatare făcută de Maxwell a fost contestată de contemporanii săi, însă Maxwell a adăugat încă o afirmație îndrăzneată referitoare la natura electromagnetică a luminii, și anume, el a calculat viteza undelor electromagnetice în vid:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}} \frac{m}{s} = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = c$$

Valoare care corespunde cu viteza luminii în vid, demonstrând astfel că și **lumina este o undă electromagnetică**.

Cele două componente ale unei electromagnetice, câmpul electric, $\vec{E}$, și câmpul magnetic, $\vec{B}$, sunt perpendiculare pe direcția de propagare, adică unda electromagnetică este transversală.

În plus, vectorul câmp magnetic este perpendicular pe planul format de direcția de propagare și vectorul câmp electric, iar datorită faptului că atunci când $\vec{B} = 0$ și $\vec{E} = 0$, cei doi vectori oscilează în fază:



Lungimea de undă a undelor electromagnetice într-un mediu omogen oarecare este dată de relația

$$\lambda = v / \nu.$$

În experiențele lui Hertz lungimea de undă era

$$\lambda = (0,6 \pm 0,01) \text{ m}.$$

Dependența temporal-spațială a componentelor $\vec{E}$ și $\vec{B}$

$\vec{E}$ din unda electromagnetică se poate determina considerând că în originea axelor de coordonate Oxyz se generează unde electromagnetice, forma de variație a mărimilor vectorilor

$\vec{E}$ și $\vec{B}$ fiind sinusoidală:

$$E_z = E_{0z} \sin \omega t; \quad B_x = B_{0x} \sin \omega t;$$

Sensul de propagare a undei este dat de sensul de înaintare a unui burghiu drept care este rotit în sensul suprapunerii vectorului $\vec{E}$ peste vectorul $\vec{B}$, cu un unghi mai mic de π . În cazul de față unda se propagă în sensul semiaxe pozitive Oy.

Pentru a determina relația de interdependență temporală și spațială dintre $\vec{E}$ și $\vec{B}$ se consideră un punct A, situat la distanța y pe direcția de propagare. La timpul t vom avea aceeași stare în A care exista în O cu timpul t' mai înainte, adică în timpul cât i-a trebuit undei să ajungă din O în A.

Dacă viteză de propagare a undei într-un mediu omogen și izotrop este v, atunci $t' = y/v$.

Înlocuind relația lui t' și $\omega = 2\pi/T$ în relațiile lui E_z și B_x vom obține pentru punctul A expresiile pentru valorile instantanee ale intensității câmpului electric E și inducției magnetice B ale undei electromagnetice într-un punct având coordonata y pe direcția de propagare :

$$E = E_0 \sin 2\pi (t/T - y/\lambda)$$

$$B = B_0 \sin 2\pi (t/T - y/\lambda)$$

Din cele două relații rezultă că în orice punct dintr-un plan normal la direcția de propagare vectorii $\vec{E}$ și $\vec{B}$ au aceeași valoare la un moment dat, adică frontul undelor descris de ecuațiile de mai sus este plan, motiv pentru care ecuațiile respective se mai numesc **ecuațiile undelor plane sinusoidale**, iar unda este periodică în timp și spațiu.

O mărime principală care caracterizează unda electromagnetică este densitatea volumică instantanee a energiei undei electromagnetice.

În spațiul în care există câmp electric, unității de volum îi revine energia dată de $w_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$

, iar în câmpul magnetic densitatea de energie este dată de $w_m = B^2/2\mu_0$.

- **Consultă elevii** (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili **un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor** (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare)²²;

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă), cerându-le să detalieze proiectele, să evalueze resursele, să extragă din diferite surse informații despre câmpul electromagnetic, producerea și propagarea undelor electromagnetice, energia transportată de o undă electromagnetică, de tipul „Ce este un lucru?”.

- **Evocă** semnificațiile, accesibilitatea, relevanța *criteriilor de evaluare* a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele.
- **Efectuează tema pentru acasă** - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Colectarea materialelor, analizarea și interpretarea informațiilor, reprezentarea și realizarea preliminară a produsului („proiectului”);

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea rezultatelor; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea efectului.* Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; evocă proiectele pentru care elevii au optat și stimulează elevii să prezinte informațiile colectate/ produsele realizate; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): ipoteze privind plutirea corpurilor; norme de protecția muncii în laborator; • Oferă elevilor materiale pentru experimentare (circuit oscilant deschis, multimetru digital, osciloscop, sursă de alimentare) și cere elevilor (eventual, prin fișe de lucru) să experimenteze eventual,	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de parcurs etc.; • Formulează ipoteze privind <i>relațiile studiate</i>; • Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: - observă modelul circuitului oscilant deschis și producerea undelor electromagnetice prin intermediul unui circuit oscilant deschis (emițător). - observă dependența dintre lungimea antenei și

²² **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare**: verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

orientând gândirea elevilor către verificarea următoarelor idei:

- „*Prin circuitul oscilant deschis alimentat de un generator de oscilații electromagnetice se poate descătușa energia electromagnetică ca să se propage în spațiul înconjurător sub forma undelor electromagnetice cu viteza luminii.*”

- analogia dintre o antenă semiundă și un tub sonor de lungime $\lambda/2$ închis la ambele capete;
- calcularea lungimii antenei în funcție de frecvența oscilației;
- acordarea frecvenței oscilatorului prin modificarea capacității cu ajutorul condensatorului variabil conectat în serie;);

• **Cere elevilor** să comunice rezultatele obținute;

frecvența proprie și **compară** fenomenul cu cel al unui tub sonor de lungime $\lambda/2$ închis la ambele capete;

- **observă acordarea** frecvenței antenei la cea a emițătorului prin reglarea făcută cu ajutorul condensatorului variabil legat în serie cu antena și vizualizând pe osciloscop obținerea amplitudinii maxime a oscilației (rezonanță).

- **observă** caracterul dual al circuitului oscilant deschis, adică cel de emițător, respectiv receptor;

• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii **comunică rezultatele** privind:

- producerea undelor electromagnetice cu ajutorul unui circuit oscilant deschis (emițător);
- recepționarea undelor electromagnetice cu ajutorul unei antene acordate pe frecvența emițătorului;

• **Dacă și-au încheiat activitatea**, elevii se reorientează către grupurile ale căror investigații sunt în curs de desfășurare;

• **Reformulează constatările:**

Se știe că într-un circuit oscilant LC se produc oscilații electromagnetice dar în acest caz câmpul este practic localizat în elementele circuitului (bobină și condensator), fără a se propaga în spațiu. Pentru a obține un câmp electromagnetic care se propagă (unde), trebuie realizat un circuit oscilant deschis care rezultă prin îndepărtarea armăturilor condensatorului, una de alta, și prin întinderea spirelor bobinei încât să se ajungă la un fir conductor. Când un astfel de fir este străbătut de un curent alternativ de înaltă frecvență, în spațiul din jurul său se generează unde electromagnetice. Circuitul oscilant deschis se numește și dipol oscilant sau antenă. Sarcinile din dipol produc un câmp electric peste care se suprapune câmpul generat de variația în timp a câmpului magnetic produs de curentul din dipol. Prin suprapunerea acestor două câmpuri rezultă, în momentul când curentul în conductor este zero, un câmp electric cu linii de câmp închise. Acest câmp electric se “desprinde” de dipol și începe să se propage. În semiperioada următoare, procesul se repetă, dar sensul câmpurilor electric și magnetic este inversat.

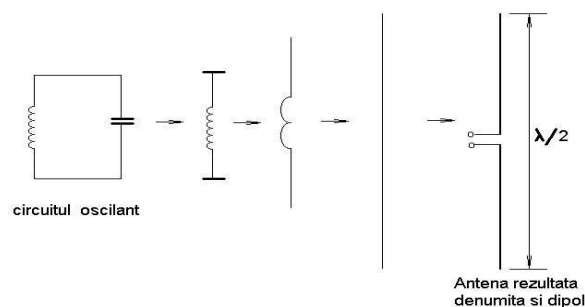
Circuitul oscilant deschis sau dipolul poate produce și capta unde electromagnetice de o anumită frecvență.

Antena ca circuit oscilant, va avea o frecvență proprie de oscilație invers proporțională cu lungimea firului.

Dipolul semiundă are lungimea firului egală cu jumătatea din lungimea de undă proprie:

$$l = \lambda_0 / 2$$

Are același principiu ca și un tub închis la ambele capete în care se produc noduri la capete, analog, la capetele antenei se produc noduri (de curent), iar la mijlocul antenei un ventru (de curent);



Dacă antenna trebuie să funcționeze pe diferite lungimi de undă este necesară **acordarea** ei, adică trebuie să se modifice lungimea de undă proprie. Lungimea de undă se poate mări prin introducerea în circuitul antenei a unei bobine, iar pentru micșorarea lungimii de undă proprii se conectează în serie un condensator. Prin intermediul unui **condensator variabil** se face acordarea antenei pe frecvența dorită

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)** și cere elevilor, organizați în grupurile de lucru stabilite, pentru a răspunde la un set de întrebări: - Cum se clasifică undele electromagnetice?
- Care este legătura dintre radiațiile termice și efectul de seră?
- De ce nu se produce rouă după nopțile înnoirate?
- Ce aplicații au radiațiile infraroșii și cele ultraviolete?

- **Efectuează tema pentru acasă** - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a III-a. Reflecție-explicare:

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Testarea criteriilor de realizare, formularea unor concluzii, evaluarea și revizuirea etapelor parcurse;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor: comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemplu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate în lecția anterioară și prin tema efectuată acasă, să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției); • Invită elevii să distingă un patern care să	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare, evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează informațiile colectate etc.; • Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii analizează

explice cum se clasifică undele electromagnetice.

datele credibile (ce date păstrăm, ce date eliminăm?) și **raportează concluziile/ explicațiile** pe care le înregistrează întreaga clasă:

Clasificarea undelor electromagnetice cel mai des se face după lungimea lor de undă în vid (sau după frecvența lor).

Denumirile pe care le poartă undele din diferite domenii de frecvență le-au fost date **după fenomenul ce stă la baza producerii lor**.

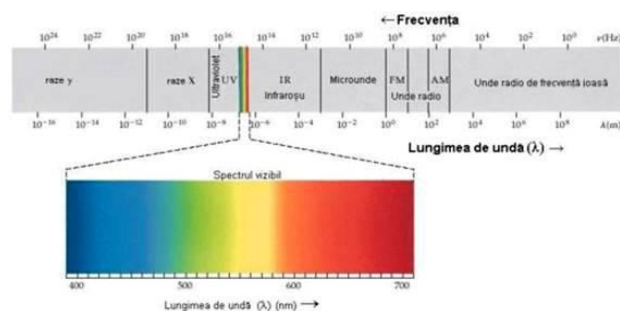
1. Undele hertziene: se produc în urma excitării oscilațiilor electronilor (curenților) în circuitele LC sau în cavitățile rezonatoare;

2. Radiații termice: apar în urma oscilației sarcinilor electrice atomice din corpuri, datorită mișcării de agitație termică;

3. Radiațiile de sincrotron: apar în urma mișcării accelerate a sarcinilor electrice în câmp magnetic transversal;

4. Radiațiile de frânare: apar la frânarea bruscă a electronilor în câmpul nucleului atomic;

Clasificarea undelor electromagnetice după domeniul de utilizare este redată în figura alăturată, astfel deosebit:



- Unde radio:

- lungi ($\lambda = 30 \text{ km} - 750 \text{ m}$)
- medii ($\lambda = 750 \text{ km} - 50 \text{ m}$)
- scurte ($\lambda = 50 \text{ m} - 10 \text{ m}$)
- ultrascurte ($\lambda = 10 \text{ m} - 30 \text{ cm}$)

Se utilizează în special în transmisiile radio și TV.

- **Microunde** : $\lambda = 30 \text{ cm} - 1 \text{ mm}$;

Se folosesc în sistemele de telecomunicații, în radar și în cercetarea științifică, funcționarea unor aparate;

- **Radiațiile infraroșii**: $\lambda = 10^{-3} \text{ m} - 7,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$;

În general sunt produse de corpurile încălzite, dar există și instalații electronice care emit unde infraroșii;

- **Radiațiile vizibile**: $\lambda = 7,8 \cdot 10^{-7} \text{ m} - 3,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$;

- **Radiațiile ultraviolete**: $\lambda = 3,8 \cdot 10^{-7} \text{ m} - 6 \cdot 10^{-10} \text{ m}$;

Este generată de către moleculele și atomii dintr-o descărcare electrică în gaze. Soarele este o sursă puternică de radiații ultraviolete;

- **Radiațiile X (Roentgen)**: $\lambda = 10^{-10} - 5 \cdot 10^{-12} \text{ m}$;

Sunt produse de tuburi speciale în care un fascicul de electroni, accelerat cu ajutorul unei tensiuni electrice de ordinul zecilor de mii de volți, bombardează un electrod;

- **Radiațiile γ** : $\lambda = 5 \cdot 10^{-12} - 10^{-13} \text{ m}$.

Sunt produse de către nucleeele atomilor.

Radiația electromagnetică, indiferent de frecvență, prezintă următoarele **proprietăți**:

- interferență
- reflexie
- refracție

- absorbție
- difracție

Radiația electromagnetică are o natură duală: pe de-o parte, ea se comportă în anumite procese ca un flux de particule (fotoni), de exemplu la emisie, absorbție, și în general în fenomene cu o extensie temporală și spațială mică. Pe de altă parte, în propagare și alte fenomene extinse pe durate și distanțe mari radiația electromagnetică are proprietăți de undă.

Unele dintre aceste proprietăți se pot pune în evidență prin studiul radiațiilor termice, respectiv la studiul fenomenelor optice.

• **Distribuie elevilor** materiale (balon de sticlă, lumânare, vas cu apă, stativ, sursă de căldură (radiator), oglindă, tub de sticlă, dop de cauciuc, plastilină) și **cere elevilor**: a) să realizeze termoscoape în modul descris mai jos:

- în dopul de cauciuc perforat să se introducă tubul de sticlă cu lungimea de aprox. 30-60 cm;
- cu dopul cu tub să se închidă balonul de sticlă;
- termoscopul astfel obținut se fixează cu gura în jos, cu o clamă, pe un stativ ;
- capătul tubului de sticlă se introduce într-un vas cu apă colorată;
- se încălzește aerul din termoscop ținându-l între palme, pentru a lăsa lichid să intre în el, lăsându-l să urce aprox. la o înălțime egală cu 1/3 din lungimea tubului;
- unul din baloanele de sticlă să fie înnegrit cu fum;

b) Să efectueze experimente, cu termoscopul astfel construit și celelalte materiale avute la dispoziție pentru a pune în evidență fenomenele de reflexie, absorbție, a radiațiilor termice, efectul de seră;

• **Cere elevilor să distingă un patern (model, regulă)** cu ajutorul tabelului/ graficului, care să explice de ce unele corpuri plutesc pe apă, iar altele se scufundă;

• **Precizează** elevilor că fumul sau norii reflectă radiațiile termice care părăsesc solul ceea ce are ca urmare diminuarea răcirii aerului în locul respectiv.

• **Înregistrează** observațiile și concluziile;

• **Constată** că:

- termoscopul acoperit cu fum se încălzește mai puternic, decât cel transparent;
- termoscopul se încălzește chiar dacă între el și sursa de căldură se pune un obstacol, radiațiile ajung la el după ce sunt reflectate de o suprafață reflectantă așezată sub obstacol, perpendicular pe acesta, în așa fel încât radiațiile reflectate să ajungă pe balonul termoscopului;

• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii:

- **reformulează constatările**
 - radiațiile termice se reflectă;
 - radiațiile termice sunt absorbite mai puternic de corpurile negre;
 - efectul de seră este rezultatul „captării”, radiațiilor termice ajunse într-un anumit spațiu printr-o suprafață transparentă;
- **propun explicații** (sub forma unor *generalizări/inducții*): Radiațiile termice prezintă proprietățile undelor electromagnetice.

• **Cere elevilor** să revină la **mirarea inițială**: „De ce nu se produce rouă după nopțile înnoirate?” și să **formuleze** un argument la observație;

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să **răspundă la întrebări**, cum sunt:

1. Care sunt aplicațiile științifice și tehnice ale undelor electromagnetice?
2. Care este procedeul de emisie, propagare și recepția undelor electromagnetice de radiofrecvență?
3. Care sunt efectele interacțiunii radiațiilor electromagnetice cu sistemele biologice?
4. Ce se înțelege prin poluarea electromagnetică?
5. Ce măsuri de protecție se iau pentru a diminua efectele nocive ale radiațiilor electromagnetice?

• **Formulează un argument** la mirarea inițială: în nopțile senine se formează brumă sau rouă, respectiv ele sunt mai geroase deoarece radiațiile termice emanate de corpurile de pe suprafața solului nu mai sunt reflectate de nori, astfel aerul se răcește mai puternic.

• **Efectuează tema pentru acasă** - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îți oferă această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Verificarea produsului (criteriile de evaluare) și raportarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor (de comunicare, cognitive, sociale etc.);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *deductiv*. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecțiile 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin tema efectuată acasă, să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției); • Oferă elevilor materiale pentru experimentare (walky-talky sau jucării telecomandate) implicându-i în evaluarea produselor realizate, a procedurilor/ soluțiilor adoptate, stabilirea limitelor de aplicabilitate a conceptelor definite: Ce concluzii păstrăm, ce concluzii eliminăm? Este acest model potrivit pentru tema aleasă? Este această explicație/ soluție mai bună decât alta?; Ce explicații/ soluții nu sunt încă susținute de probe? Ce soluție mai bună am putea adopta? Etc. • Cere elevilor să:	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare, evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează informațiile colectate etc.; • Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: k) descriu emisia, propagarea și recepția undelor electromagnetice de radiofrecvență; l) extind modul de emisie, propagare și receptare a undelor radio la cele folosite la telefonie mobilă, GPS, radiolocație; m) experimentează modul de emisie, propagare și receptare a undelor electromagnetice de radiofrecvență; • Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii

- **determine experimental** procedeul de emisie, propagare și recepție a undelor radio, să **realizeze previziuni** (interpolări, extrapolări) pe baza observațiilor făcute, să **descrie** modul de funcționare a aparatelor folosite în radiolocație, telefonie mobilă, radioastronomie, detectoare de metale, rezonanța magnetică nucleară (RMN), telecomanda, cuptorul cu microunde, etc.

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă), implicând elevii în conceperea *raportului final*: **cere elevilor** să întocmească un scurt raport scris privind rezultatele investigațiilor proprii; avansează idei privind structura și conținutul raportului prezentat de elevi.

determină experimental/ demonstrează/ aplică: emisia, propagarea și recepția undelor electromagnetice de radiofrecvență;

- verifică existența transmisiei utilizând dispozitivele de emisie-recepție;
- vizualizează, cu ajutorul osciloscopului, frecvența emițătorului (osciloscopul să fie conectat la etajul final amplificator de radiofrecvență pentru a obține o amplitudine suficientă pentru vizualizare);

• **Negociază** în grup **conținutul și structura** produsului final, convin **modalitatea de prezentare** (poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.);

• **Efectuează tema pentru acasă** - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea produselor de învățare obținute.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 5-6 (am pus 2 ore, pentru a avea timp suficient pentru prezentarea proiectelor)

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin tema efectuată acasă, să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției); • Implică elevii în prezentarea și evaluarea proiectului/ raportului final, vizând competențele cheie²³;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare, evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează informațiile colectate etc.; • Expun produsele realizate și prezintă în fața clasei rapoartele de lucru;

²³ **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în **anexele** unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele înșușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

30. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);

31. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);

• **Anunță verificarea orală/ testul scris** pentru lecția următoare, **reamintește elevilor criteriile evaluării sumative** bazate pe *competențele specifice înscrise în programele școlare*, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă):** acțiuni colective în afara clasei, legături cu teme/ proiecte viitoare etc.

• **Își propun să expună produsele realizate** în expoziții școlare, întâlniri cu responsabili ai administrației locale și altele.

Bibliografie

- (10) Cerghit, I. ș.a., *Prelegeri pedagogice*, Ed. Polirom, Iași 2001;
- (11) Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
- (12) Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
- (13) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., Buc. 2006;
- (14) <http://mypages.iit.edu/~smile/physinde.html>;
- (15) <http://teachers.net/lessons/posts/1.html>;
- (16) <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
- (17) http://www.teach-nology.com/teachers/lesson_plans/science/physics/;
- (18) <http://www.scribube.com/stiinta/fizica/Undele-electromagnetice-Poluar81593.php>
- (10) Cristea, Gh., Ardelean, I, *Elemente fundamentale de fizică*, Ed. Dacia, Cluj-Nap., 1985;
- (15) *** *Fizică, manual pentru clasa a XI-a*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1989;
- (16) Halliday, D., Resnick, R., *Fizică Vol.II*, Editura Didactică și Pedagogică, Buc., 1975.
- (17) Luca, E., ș.a. *Fizica generală*, Editura Didactică și Pedagogică, 1981;
- (14) <http://www.youtube.com/watch?v=bjOgNVH3D4Y&feature=related>
- (15) <http://www.youtube.com/watch?v=4CtnUETLIFs&feature=related>
- (16) <http://www.youtube.com/watch?v=9k-seI24k8M>

32. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);

33. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

Unitatea de învățare: XI.12 Dispersia luminii. (*) Interpretare electromagnetică

sau

„De ce apare curcubeul după ploaie?”

sau

„Pot să fac un curcubeu?”

Mihancea Katalin

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 4

Conținuturi repartizate unității de învățare: 3.1. Dispersia luminii. (*) Interpretare electromagnetică.

Dispersia luminii. *Culoarea*. Dispersia luminii în natură și aplicații ale dispersiei luminii. (*) Interpretarea electromagnetică a dispersiei (Programa de fizică pentru clasa a XI-a/ 2009).

Modelul de învățare asociat: **EXPERIMENTUL**

Competențe specifice: derivate din **modelul experimentului**, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice (Modelul de predare)
I. Evocare - Anticipare	1. Sesizarea problemei, formularea ipotezelor și planificarea experimentului;
II. Explorare - Experimentare	2. Realizarea dispozitivului experimental și colectarea datelor;
III. Reflecție - Explicare	3. Prelucrarea datelor și elaborarea concluziei;
IV. Aplicare - Transfer	4. Testarea concluziei și a predicțiilor bazate pe ea și prezentarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele experimentului** (definind competențe specifice), ca o succesiune de lecții declanșate de sesizarea unei probleme a cărei soluție presupune realizarea unui experiment în condiții de laborator, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor experimentului. Procesul cognitiv central este *inducția sau generalizarea* (dezvoltarea noilor cunoștințe pe baza observării unor exemple și contraexemple ale conceptului de învățat).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de situații-problemă, de exemplu: „De ce apare curcubeul după ploaie?” sau „Pot să fac un curcubeu?”. Pe parcurs, gândirea elevilor se va dezvolta către ideea: „Curcubeul este rezultatul dispersiei luminii în picăturile fine de apă din atmosferă.”, respectiv: „Putem reproduce formarea curcubeului, având la dispoziție o sursă de lumină (cu lumină albă, naturală) și medii transparente, omogene limitate de fețe neparalele.”

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știu sau cred eu despre asta?*

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 1. Avansarea ipotezelor și planificarea experimentului;

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *planificare sau anticipare*. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): încadrarea fenomenului	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale (în diverse maniere: oral, scris, prin desene, experimente,

de dispersie într-un concept mai cuprinzător (fenomene optice, unde electromagnetice, spectrul vizibil al undelor electromagnetice, refracția luminii, etc.), aspecte istorice ale descoperirii lui Newton etc., produse tehnologice care *ilustrează întrebarea din tema unității de învățare*; **stimulează** atenția și interesul elevilor pentru ceea ce urmează să fie învățat, prin intermediul unor povești, imagini captivante, film didactic, lansarea unei întrebări incitante, unei probleme, studiu de caz (cu soluție experimentală), pe care focalizează prezentarea, astfel încât elevii să fie atenți la expunere pentru a afla răspunsul, ca de exemplu:



<http://www.youtube.com/watch?v=vurEhqoQbLE>

• **Vizează cunoștințele anterioare** ale elevilor, **preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere** cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea bancului optic), **norme de protecția muncii în laborator** etc.);

• **Cere elevilor** să evoce *definiția dispersiei luminii* (bazându-se pe cunoștințele din clasele anterioare) și **prezintă** aspectele teoretice legate de dispersia undelor electromagnetice și refracția prin prismă (cu slide-uri și desenate, scrise pe tablă);

mimare etc.) privind dispersia luminii, necesitatea cunoașterii în activitatea zilnică etc.;

• **Evocă** refracția undelor electromagnetice (a luminii), spectrul vizibil al undelor electromagnetice, indicele de refracție, **observă schema** refracției luminii prin prisma optică;

• **Constată că** dispersia reprezintă descompunerea luminii naturale în radiațiile componente la trecerea printr-un mediu transparent și omogen limitat de fețe neparalele.

• **Reformulează constatările:**

Se știe că unda luminoasă este o undă electromagnetică, adică o undă reprezentată de doi vectori, $\vec{E}$ și $\vec{B}$, care în timp ce oscilează după două direcții perpendiculare între ele, se și propagă în spațiu după o direcție normală la planul ce conține acești doi vectori. Efectele luminoase sunt produse de vectorul electric al undei $\vec{E}$.

În vid viteza de propagare a unei electromagnetice este constantă și poate fi calculată conform relației:

$$c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$$

Într-un mediu oarecare, caracterizat prin constantele ϵ_r și μ_r , viteza undelor electromagnetice prevăzută de teoria lui Maxwell este dată de expresia:

$$v = c/\sqrt{\epsilon_r\mu_r}$$

Indicele de refracție al unui mediu străbătut de undele electromagnetice este dată de formula:

$$n = c/v.$$

Rezultă relația valabilă îndeosebi pentru radiații cu lungimea de undă mare:

$$n = \sqrt{\epsilon_r\mu_r}$$

Această formulă exprimă o legătură între refracția radiației electromagnetice printr-un mediu dat

(caracterizată prin n) și proprietățile electrice și magnetice ale mediului caracterizate prin ϵ_r și μ_r .

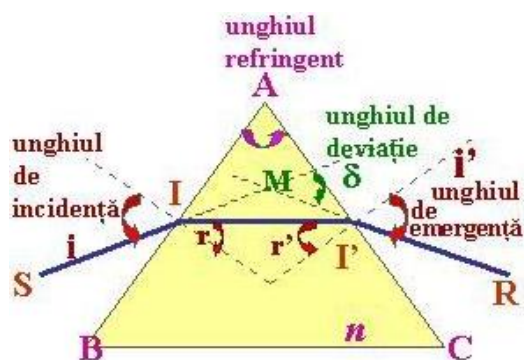
La frecvențe mari, adică lungimi de undă scurte, experiența contrazice relația de mai sus, și anume se constată că indicele de refracție depinde de lungimea de undă.

Mărimea care arată cât de repede se modifică indicele de refracție n cu lungimea de undă este dispersia mediului; dacă la două lungimi de undă λ_1 și λ_2 corespund indicii de refracție n_1 , respectiv n_2 , atunci dispersia medie a mediului este:

$$v = \frac{n_2 - n_1}{\lambda_2 - \lambda_1} = \frac{\Delta n}{\Delta \lambda}$$

Fenomenul de variație a indicelui de refracție cu lungimea de undă se numește *dispersie*.

Prisma optică este un mediu transparent mărginit de două fețe plane care fac între ele un unghi diedru. Dreapta după care se intersectează aceste plane se numește *muchia prismei*, iar unghiul dintre fețe se numește unghi refringent sau *unghiul prismei*.



Se consideră o rază de lumină monocromatică incidentă (SI) pe fața AB a prismei. Indicele de refracție n a prismei fiind mai mare decât cel al aerului. Raza se refractă în punctul I, apropiindu-se de normală, conform legii refracției:

$$\sin i = n \sin r$$

Întâlnind fața AC a prismei raza de lumină suferă încă o refracție în punctul de emergență I' , depărtându-se de normală, după legea:

$$n \sin r' = \sin i'$$

Unghiul dintre direcția SI a razei incidente și direcția $I'R$ a razei emergente se numește **unghi de deviație δ** .

$$\delta = i + i' - A, \text{ unde } A \text{ este unghiul refringent:}$$

$$A = r + r'.$$

Din relația $\delta = i + i' - A$ se poate vedea că unghiul de deviație variază cu unghiul de incidență.

O prismă specială este cea a cărei secțiune principală este un triunghi dreptunghic isoscel, ea numindu-se prismă cu reflexie totală.

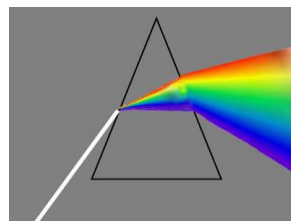
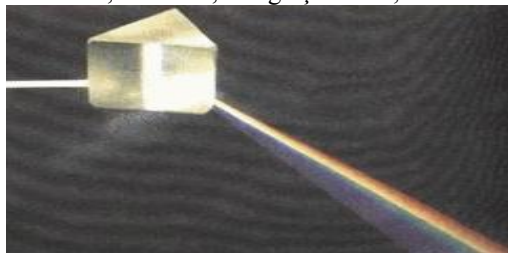
- Plecând de la *întrebarea din temă*, **demonstrează experimental** (folosind o lampă de proiecție, cuvă cu apă, oglindă) că fenomenul de dispersie se poate observa folosind prisma de apă creată, **prezintă elevilor** modul de obținere a

- **Formulează** ipoteze cu privire la explicarea fenomenelor observate la trecerea luminii prin prisma optică;

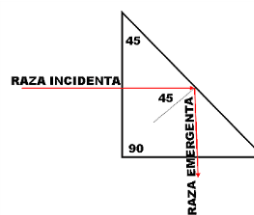
spectrului luminii albe cu ajutorul prisme optice și **ghidează gândirea** elevilor către observarea fenomenului de dispersie și prin alte metode; Experimentul se poate vedea accesând link-ul <http://www.youtube.com/watch?v=T5qohnfcC9U> în prezentarea domnului Prof. Dr. Ing. Zeno Schlett, de la Universitatea de Vest, Facultatea de Fizică.

- **Oferă grupelor de elevi** materiale pentru realizarea unui banc optic (suport, lampă de proiecție, fantă, prismă, ecran) și **cere elevilor**:
 - **să realizeze** (monteze) bancul optic;
 - **să verifice** starea de funcționare a montajului;
 - **să selecteze** dintre materialele oferite pe cele care au constatat că funcționează optim;
 - **să observe**:
 1. fenomenul de dispersie a luminii, apariția spectrului luminii albe;
 2. mersul razelor prin prisma cu reflexia totală, în cele două cazuri;
 - **să înregistreze** și **să comunice** observațiile realizate și ipotezele cu privire la dispersia luminii prin prisma optică;

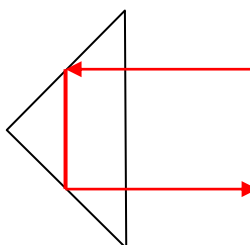
- Organizați în grupuri de lucru:
 - **realizează** bancul optic pe baza modelului prezentat;
 - **verifică** starea de funcționare;
 - **înregistrează** observațiile făcute;
 - • Organizați în grupuri de lucru, **constată** că:
 1. la ieșirea din prismă apare spectrul de culori observat și în cazul curcubeului;
 2. ordinea culorilor este: Roșu, Orange, Galben, Verde, Albastru, Indigo și Violet;



3. prin prisma a cărei secțiune principală este un triunghi dreptunghic isoscel, are loc fenomenul de reflexie totală:



sau



- **Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale**, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele

- **Identifică produse** pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.;

efectuate în clasă și acasă și produse diverse;²⁴

- **Consultă elevii** (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili **un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor**;²⁵

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă), cerând elevilor să gândească și să prezinte, după preferințe, alcătuirea *portofoliului* necesar evaluării finale.

- **Negociază** cu profesorul conținutul și structura portofoliului, convin modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.);
- **Evocă** semnificațiile, accesibilitatea, relevanța *criteriilor de evaluare* a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele;
- **Efectuează tema pentru acasă** - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând în grupe/ individual.

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Realizarea dispozitivului experimental și colectarea datelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea efectului*. Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute/ ipotezele formulate cu privire la dispersia luminii. • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): ipoteze privind relația dintre indicele de refracție a prismei și unghiul de incidență; • Demonstrează elevilor modul de utilizare a bancului optic, oferă elevilor (pe grupe): suport, lampă de proiecție, fantă, prismă, ecran, coală de hârtie, raportor, riglă; • cere elevilor:	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare, evocă</i> dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; • Organizați în grupuri de lucru: - elevii pot sesiza dependența dintre unghiul de deviație și unghiul de incidență (prin idealizarea/ abstractizarea rezultatelor obținute); - elevii fac măsurătorile (urmând indicațiile

²⁴ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Eseu literar/ plastic pe temele studiate etc.

²⁵ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

- să realizeze montajul;
- să deseneze pe coala de hârtie conturul prisme și raza incidentă, respectiv cea emergentă, apoi după îndepărtarea prisme să ducă normalele în punctele de incidență;
- să măsoare A , i , r , i' , r' pe desenul realizat;
- să modifice unghiul de incidență și să repete pașii pentru minim 10 unghiuri de incidență diferite;
- să înregistreze într-un tabel datele înregistrate,
- să formuleze ipoteze cu privire la relația dintre unghiul de deviație și unghiul de incidență;

• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor: 1. să reprezinte grafic relația dintre unghiul de deviație și unghiul de incidență pentru seturile de valori înregistrate; 2. determine din grafic unghiul de deviație minimă; 3. să identifice valoarea unghiului de incidență pentru $\delta_{\min}$. 4. să compare A_{mediu} calculat cu valoarea măsurată. 5. să identifice sursele de erori;

profesorului) și înregistrează datele obținute în tabelul următor (valoarea lui n rămâne necompletată):

Nr. det.	i	i'	r	r'	δ	A	A_{mediu}	ΔA	$\delta_{\min}$	n
	(grade)								grade	
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										
8.										
9.										
10.										

• Efectuează tema pentru acasă.

Secvența a III-a. Reflecție-explicare:

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Prelucrarea datelor și elaborarea concluziei;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: inductiv. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemple (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute, să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă și să distingă reguli/ pattern-uri în datele colectate, pe baza reprezentărilor grafice realizate, prin idealizarea/ abstractizarea acestora; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): relația dintre unghiul de deviație și unghiul de incidență și relația dintre indicele de refracție și $\delta_{\min}$. • Denumeste relația pentru $\delta_{\min}$ și cere elevilor: - să definească unghiul de deviație minimă;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; • Comunică rezultatele obținute prin efectuarea temei pentru acasă și observă: - graficul prezintă un minim pentru $i = i'$ și $r = r'$; - valoarea lui A_{mediu} calculat pe baza datelor înregistrate diferă de valoarea lui A măsurată direct. - unele surse de erori se datorează desenării incorecte a razelor pe hârtie și măsurării incorecte a unghiurilor; • Caracterizează condiția de realizare a unghiului de deviație minim; • Enunță definiția pentru $\delta_{\min}$.

- **să deducă** relația pentru indicele de refracție al prisme folosind relațiile cunoscute;

Unghiul de deviație minim este unghiul de deviație în cazul mersului simetric al razelor prin prismă, adică în cazul în care $i = i'$ și $r = r'$, adică:

$$\delta_m = 2i - A.$$

- **Deduc** expresia matematică a indicelui de refracție a prisme, obținând relația:

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

- **Cere elevilor** să calculeze indicele de refracție al prisme, utilizând datele din tabelul întocmit și **să comunice** constatările lor;

- **Denumeste** condiția de emergență și **cere elevilor**:

- **să deducă** relația corespunzătoare condiției;
- **să calculeze** valoarea unghiului limită pentru prisma folosită la experiment și **să comunice** constatările lor;

- **Calculează** valoarea indicelui de refracție și **comunică** rezultatul.

- **Constată** că există mici deosebiri între valorile obținute în cadrul grupelor de lucru și **discută** sursele de erori;

- **Deduc relația** corespunzătoare condiției de emergență, conform căreia:

Condiția de emergență reprezintă condiția ca o rază ce intră în prismă prin fața AB să poată ieși prin fața AC. Pentru a fi îndeplinită această condiție, trebuie să nu se producă reflexie totală pe fața AC, adică:

$$r' \leq l, \text{ unde } l \text{ este unghiul limită.}$$

Folosind $A = r + r'$, rezultă: $r \geq A - l$, sau $\sin r \geq \sin(A - l)$.

Ținând cont de legea refracției în I , ultima inegalitate poate fi scrisă sub forma:

$$\frac{\sin i}{n} \geq \sin(A - l)$$

Unghiul maxim de incidență este $i_{\max} = \pi/2$, iar $1/n = \sin l$, astfel:

$$\sin l \geq \sin(A - l)$$

$$\text{sau } A \leq 2l.$$

Se poate observa că pentru $A > 2 \arcsin 1/n$, toate razele intrate în prismă se vor reflecta total pe fața AC.

- **Calculează** valoarea unghiului limită pentru prisma folosită și **comunică** constatările;

- **Efectuează** tema pentru acasă.

- **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă)** și cere elevilor să utilizeze relațiile obținute în rezolvarea de probleme (culegere de probleme). și să realizeze un portofoliu cu tema „**Dispersia luminii și prisma optică**”, care să cuprindă rezultatele activității experimentale, aspecte teoretice și domeniile de utilizare a dispersiei și a prisme optice în practică;

Secvența a IV-a. Aplicare - Transfer

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Testarea concluziei și a predicțiilor bazate pe ea și prezentarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc.; de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor; de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

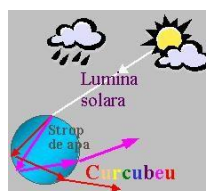
Procesul cognitiv/ scenariul lecției:

- *deductiv.* Elevul observă o definiție a conceptului de însușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile.

- *analogie cu anticiparea mijloacelor.* Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea <i>temelor efectuate acasă</i> și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea modulelor din trusa de laborator, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): - descompunerea luminii naturale prin dispersie și revine la întrebarea inițială: „De ce apare curcubeul după ploaie?”, cerând elevilor să prezinte noi argumente la întrebare; - prezentarea și autoevaluarea portofoliului, Dispersia luminii; • Denumeste condițiile de producere a curcubeului și cere elevilor să explice producerea acestui fenomen;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.; • Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă aspecte interesante, dificultăți întâlnite, noi probleme, argumente la întrebarea inițială etc.; • Formulează ipoteze privitoare la formarea curcubeului: - curcubeul apare datorită dispersiei luminii în picăturile de apă din atmosferă;



- culorile se disting, deoarece fiecare culoare părăsește „prisma”, sub un alt unghi în funcție de lungimea de undă avută;
- în cazul luminii naturale, spectrul de dispersie cuprinde cele șapte radiații vizibile componente, cea mai deviată fiind radiația violetă și cea mai puțin deviată, radiația

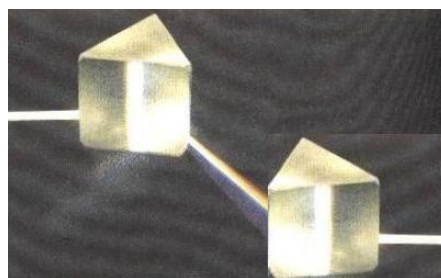
• **Cere elevilor:**

- **să realizeze** discul lui Newton prin decuparea unui cerc din hârtie de desen și colorându-l în cele 7 culori componente, apoi să-l rotească cu un creion sau titirez;
 - **să prezinte** o altă modalitate, prin folosirea prismelor, pentru a obține culoarea albă, din spectrul de culori;
 - **să comunice** constatările lor;
 - **să formuleze o concluzie** în ceea ce privește dispersia în cazul luminii naturale;
- **să prezinte** domenii în care sunt folosite prisme optice, respectiv exemple de aparate optice care utilizează prisme;

roșie;

• **Organizați în grupe**, elevii **realizează** dispozitivul și **comunică** constatările:

- prin rotirea discului culorile se combină, se suprapun în fața ochilor, iar discul va avea culoarea de gri spre alb;
- **constatări:** - punând o altă prismă în drumul spectrului de culori, raza emergentă va avea culoarea albă.
- fenomenul de sinteză a luminii, este inversul dispersiei
- Lumina albă este un amestec al tuturor culorilor.
- **concluzie:** culorile din spectrul obținut reprezintă componentele luminii naturale;



• **Enunță concluzia:**

În cazul luminii neutrale, spectrul de dispersie cuprinde cele șapte radiații vizibile componente ale acesteia; Procesul de dispersie este cu atât mai accentuat cu cât frecvența radiației luminoase este mai mare, adică lungimea de undă este mai mică. Deoarece radiația violetă are cea mai mare frecvență, respectiv cea mai mică lungime de undă, are deviația cea mai mare, iar radiația roșie având frecvența cea mai mică, respectiv cea mai mare lungime de undă, va fi avea deviația cea mai mică.

• **Enumeră** câteva aplicații ale prisme optice:

- periscopul, spectroscopul, stereomicroscop, polarimetru, etc.

• **Implică elevii** în prezentarea și autoevaluarea portofoliului, pentru *evaluarea rezultatelor finale*, vizând **competențele cheie**;²⁶

• **Anunță verificarea orală/ testul scris** pentru lecția următoare, **reamintește** elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe *competențele*

• **Prezintă** portofoliile, **expun** produsele realizate, **evaluează** lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în *protocolul de evaluare*;

²⁶ Criteriile de evaluare finală vor fi expuse în *anexele* unităților de învățare.

Alături de criteriile furnizate de **competențele specifice înscrise în programele școlare** (vizând, în special, componentele „cunoștințe” și „abilitățile de operare cu noțiunile însușite” corespunzătoare **competenței cognitive/ de rezolvare de probleme**), *evaluarea portofoliului* ar putea avea în vedere și celelalte **competențe-cheie** cum sunt (după Gardner, 1993):

34. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);
35. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);
36. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);
37. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

specifice înscrise în programele școlare, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;

• **Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă** (ca temă pentru acasă), vizând acțiuni colective în afara clasei, legătura noțiunilor însușite în cadrul unității de învățare parcurse cu teme/ proiectele viitoare etc.

• **Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, la întâlniri cu responsabili ai administrației școlare/ locale, să informeze factori de decizie locali cu privire la calitatea unor produse, măsuri de protecție a mediului, a propriei persoane și altele.*

Bibliografie

- (1) http://ro.wikipedia.org/wiki/Dispersia_undelor_electromagnetice
- (2) <http://lumina.wikidot.com/prisma-optica>
- (3) <http://www.youtube.com/watch?v=T5qohnfcC9U>
- (4) Cerghit, I. ș.a., *Prelegeri pedagogice*, Ed. Polirom, Iași 2001;
- (5) Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
- (6) Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
- (7) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., Buc. 2006;
- (8) <http://mypages.iit.edu/~smile/physinde.html>;
- (9) <http://teachers.net/lessons/posts/1.html>;
- (10) <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
- (11) http://www.teach-nology.com/teachers/lesson_plans/science/physics/
- (12) <http://www.scribube.com/stiinta/fizica/Undele-electromagnetice-Poluar81593.php>
- (13) Cristea, Gh., Ardelean, I, *Elemente fundamentale de fizică*, Ed. Dacia, Cluj-Nap., 1985;
- (14) *** *Fizică, manual pentru clasa a XI-a*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1989;
- (15) Halliday, D., Resnick, R., *Fizică Vol.II*, Editura Didactică și Pedagogică, Buc., 1975.
- (16) Luca, E., ș.a. *Fizica generală*, Editura Didactică și Pedagogică, 1981;
- (17) <http://www.youtube.com/watch?v=vurEhqoQbLE>

Unitatea de învățare: XI.13 Interferența luminii

sau

„Interferență nelocalizată și interferență localizată”

sau

„Două raze de lumină se pot anula una pe cealaltă, rezultând întuneric!
Dacă lumina anulează lumina, unde a dispărut energia?”

Bratu Rodica

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 8

Conținuturi repartizate unității de învățare: 3.2. Interferența. Noțiuni de bază. Coerența. Analiza calitativă și cantitativă a fenomenului de interferență 3.2.1. Dispozitivul Young. Interferența nelocalizată. Dispozitivul lui Young . (*) Alte dispozitive interferențiale echivalente cu dispozitivul Young 3.2.2. Interferența localizată. Aplicații. Lama cu fețe plane și paralele. Pana optică. Aplicații în tehnică ale interferenței localizate (Programa de fizică pentru clasa a XI-a).

Modelul de învățare asociat: EXERCITIUL

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Prezentarea modelului (conceptual, procedural) de exersat;
II. Explorare - Experimentare	2. Identificarea/ analiza componentelor/ secvențelor modelului de exersat;
III. Reflecție - Explicare	3. Compararea cu modelul original;
IV. Aplicare - Transfer	4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele exercițiului** (definind competențe specifice), ca o succesiune de lecții determinate de „cerința formării unei deprinderi complexe” (Cerghit, I. ș.a., 2001), învățarea plecând de la predarea conceptului/ modelului de însușit și progresând odată cu etapele formării unui „model real” al deprinderii. Procesul cognitiv central este *deducția* sau *particularizarea* (dezvoltarea noilor cunoștințe, prin studiul consecințelor modelului de însușit).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei poate fi declanșat de situații-problemă: „Când privim o perlă sau o scoică, aripile transparente ale libelulelor, fluturi sau pene de păun, suntem imediat atrași de culorile lor. Putem vedea interferența luminii?. Există locuri unde lumina anulează lumina, dar și locuri unde lumina întărește lumina? Două raze de lumină se pot anula una pe cealaltă, rezultând întuneric!”.

Pe parcurs, gândirea elevilor se dezvoltă către distincția dintre interferență constructivă și interferență distructivă, către faptul că *toată energia ce a dispărut într-un loc apare în alt loc, de obicei foarte apropiat, adică se respectă legea de conservare a energiei*, iar culorile de care suntem captivați când privim baloanele de săpun sau, petele de ulei de pe un trotuar umed, sunt denumite *culorile lamelor subțiri și reprezintă franje de interferență rezultate în urma interferenței luminii albe prin pelicule fine*.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știi sau cred eu despre asta?*

Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 1. Prezentarea modelului (conceptual, material, procedural) de exersat;

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); lecție de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: planificare sau anticipare. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): relația conceptului de interferență – fenomen specific ondulatoriu, caracteristic tuturor undelor indiferent de natura lor - cu tema unității de învățare, o situație problemă edificatoare etc.); <i>Conform principiului independenței fasciculelor de lumină, fasciculele de lumină se suprapun fără să interacționeze între ele. Există însă situații în care undele luminoase produc interferențe. Care sunt aceste situații și în ce măsură mai este respectat acest principiu al opticii geometrice?</i> • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (interferența undelor mecanice, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Evocă observații proprii, comunică răspunsurile în clasă;
• Comunică scopul prelegerii: explicarea termenilor de interferență, câmp de interferență, coerență, stabilirea condițiilor de obținere a interferenței staționare și cere elevilor să argumenteze cum este distribuită energia undelor în figura de interferență.	• Evocă aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă);
• Definește (operațional) fenomenul de interferență a undelor și cere elevilor să descrie rezultatul interferenței undelor mecanice.	• Formulează (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând câmpul de interferență al undelor mecanice pe suprafața unui lichid aflat în repaus): - <i>undele de aceeași frecvență produse pe suprafața unui lichid aflat în repaus, de două surse punctiforme, interferă constructiv și distructiv;</i> - <i>figura de interferență se caracterizează prin alternanța regiunilor unde amplitudinea oscilațiilor este maximă cu regiunile unde amplitudinea este nulă;</i> - <i>franjele de interferență sunt hiperbole - există câte două franje de interferență simetrice față de mediatoarea segmentului care unește cele două surse.</i>
• Comunică elevilor ideea că în cazul undelor mecanice rezultatul interferenței se poate observa privind amplitudinea rezultantă, în cazul luminii rezultatul interferenței nu este direct observabil, el se poate aprecia după intensitatea luminoasă în punctul respectiv.	• Evocă observații proprii referitoare la rezultatul interferenței în cazul undelor luminoase și comunică părerile în clasă(explicații neștiințifice).
• Definește (operațional) noțiunea de	• Evocă observații proprii referitoare la faptul că lumina este

intensitate a câmpului luminos într-un punct, ca o mărime proporțională cu pătratul amplitudinii câmpului electric în punctul respectiv, precizând că se va considera doar componenta electrică a câmpului electromagnetic, deoarece numai intensitatea câmpului electric contribuie la senzația vizuală.	o undă electromagnetică, la componenta electrică și magnetică a câmpului electromagnetic și comunică părerile în clasă.
• Definește (operațional) undele coerente și cere elevilor să prezinte posibilități de obținere a undelor coerente.	• Evocă observații proprii referitoare la sursele de lumină coerente, respectiv, necoerente și comunică părerile în clasă (explicații neștiințifice): - sesizează că sursele de lumină obișnuite nu sunt coerente; - pot intui că obținerea undelor luminoase coerente este posibilă prin divizarea luminii provenită de la o singură sursă.
• Solicită elevilor să stabilească condițiile de obținere a interferenței staționare, urmărind ideile: - două surse punctiforme S_1 și S_2 emit unde luminoase de aceeași frecvență având câmpurile electrice paralele, aceeași amplitudine E_0 și faza inițială $\varphi_0=0$; - legile de variație în timp ale intensității câmpului electric emis de cele două surse sunt funcții armonice; - undele care pleacă de la cele două surse se întâlnesc într-un punct P ales arbitrar și situat la distanțele r_1, respectiv, r_2 de cele două surse; - aplicarea principiului superpoziției permite aflarea oscilației rezultante în punctul P. • Definește (operațional) drumul optic și cere elevilor să găsească intensitatea luminoasă în punctul P. • Orientează gândirea elevilor către formularea concluziilor referitoare la condițiile necesare obținerii interferenței staționare.	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - reprezintă schematic cele două surse punctiforme S_1, S_2 și punctul P situat la distanțele r_1, respectiv, r_2 de cele două surse; - scriu ecuațiile câmpului electric în punctele S_1 și S_2 $E_1(t) = E_0 \sin \omega t$ și $E_2(t) = E_0 \sin \omega t$ - folosesc ecuația unei plane și exprimă ecuațiile celor două oscilații paralele în punctul P $E_{1P}(t) = E_0 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot r_1\right)$ $E_{2P}(t) = E_0 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot r_2\right)$ - aplică principiul superpoziției și află amplitudinea oscilației rezultante în punctul P, $A = 2E_0 \cdot \cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)\right]$ - pentru alte medii țin seama de indicii de refracție al mediului și înlocuiesc diferența de drum geometric $(r_2 - r_1)$ cu diferența de drum optic $n(r_2 - r_1)$; - găsesc intensitatea luminoasă în punctul P ales arbitrar $I \approx 4E_0^2 \cdot \cos^2\left[\frac{n\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)\right]$ - observă că în orice punct din câmpul de interferență, amplitudinea este constantă în timp dacă <i>diferența de drum este constantă în timp</i>, iar atunci și intensitatea luminoasă este constantă în timp; - realizează că dacă această situație este valabilă pentru toate punctele din câmpul de interferență atunci <i>interferența este staționară</i>; - constată că pentru a obține <i>interferență staționară</i> trebuie ca undele care se suprapun să aibă <i>aceeași frecvență și diferența de drum constantă în timp (diferența de fază constantă în timp)</i>.
• Comunică elevilor ideea că în câmpul de interferență al undelor coerente vor exista zone mai luminoase și zone mai întunecoase și cere elevilor să determine condițiile de maxim și minim de interferență.	• Formulează (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă): - stabilesc punctele P din câmpul de interferență în care intensitatea luminoasă este maximă, respectiv minimă, adică determină condițiile de: <i>maxim de interferență</i> $\delta_{\max} = n(r_2 - r_1) = 2k \frac{\lambda}{2}$ și <i>minim de interferență</i> $\delta_{\min} = n(r_2 - r_1) = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$.
• Ghidează elevii să realizeze un bilanț al rezultatului interferenței (interferență constructivă și interferență distructivă), să	• Formulează aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă): - <i>rezultatul interferenței este condiționat de valoarea</i>

argumenteze cum se distribuie energia în interferența staționară (franje luminoase și franje întunecate) și să analizeze câmpul de interferență (franjele de interferență).	<i>diferenței de fază și implicit de valoarea diferenței de drum dintre undele care interferă;</i> - dacă diferența de drum este un număr par de semilungimi de undă rezultatul interferenței este un maxim – interferență constructivă; - dacă diferența de drum este un număr impar de semilungimi de undă rezultatul interferenței este un minim – interferență distructivă; - în punctele corespunzătoare maximelor de interferență există un exces energetic ($I_{\max}=4I_0$), iar în punctele corespunzătoare minimelor de interferență există un deficit energetic ($I_{\min}=0$), în ansamblu energia se conservă; - interferența determină redistribuirea spațială a energiei undeii cu respectarea legii de conservare a energiei; - analizează câmpul de interferență prin analogie cu interferența undelor mecanice în cazul în care cele două surse coerente sunt punctiforme, identifică franjele de interferență în acest caz și sesizează că forma franjelor de interferență depinde de geometria dispozitivului utilizat pentru obținerea interferenței.
• Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse;²⁷	• Identifică produse pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Negociază cu profesorul conținutul și structura portofoliului, convin modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.);
• Consultă elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare)²⁸;	• Evocă semnificațiile, accesibilitatea, relevanța <i>criteriilor de evaluare</i> a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele;
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le, de exemplu: 1. să rezume ideile și constatările de până acum; 2. pornind de la ideea că interferența luminii poate avea loc și dacă vectorii $\vec{E}_1$ și $\vec{E}_2$ sunt orientați arbitrar unul în raport cu celălalt să găsească acea situație în care totuși undele nu interferă.	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 2. Identificarea componentelor/ secvențelor modelului de exersat;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

²⁷ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Esau literar/ plastic pe temele studiate etc.

²⁸ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea efectului.* Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <i>prelegere intensificată. 1. Activitatea pregătitoare:</i> comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?;</i> 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (obținerea interferenței staționare în optică, etc.);	• Formulează (în perechi) ideile lor, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare, evocă</i> informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.: Dacă vectorii $\vec{E}_1$ și $\vec{E}_2$ sunt orientați arbitrar unul în raport cu celălalt, conform principiului superpoziției rezultă: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ și $(\vec{E})^2 = (\vec{E}_1)^2 + (\vec{E}_2)^2 + 2\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2$ Produsul scalar $\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2$ este nul (unde nu interferează) numai dacă cei doi vectori sunt perpendiculari unul în raport cu celălalt.
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): investigarea experimentală a interferenței luminii; norme de protecția muncii în laborator;	
• Revine la studiul experimental al interferenței undelor mecanice care provin de la două surse punctiforme cu ajutorul cuvei de produs unde și cere elevilor să anticipeze o dispunere similară a unui sistem experimental care să permită suprapunerea a două unde luminoase și obținerea figurii de interferență.	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - îmaginează un aranjament alcătuit din două surse mici de lumină aflate la o distanță mică d una de alta și un ecran plasat la o distanță mare D față de planul celor două surse - <i>dispunere similară cu cea din cuva cu apă;</i> - cunoscând rezultatele de la interferența undelor circulare se așteaptă să obțină pe ecran un sistem de regiuni luminoase și întunecoase; - dacă folosesc <i>două surse de lumină obișnuite nu obțin figuri de interferență pe ecran</i>, indiferent de variația lui d sau L, ecranul este întotdeauna uniform iluminat; - dacă folosesc <i>două surse speciale de lumină aflate în fază (două lasere)</i>, atunci se pot vedea figuri de interferență.
• Comunică elevilor ideea că pentru obținerea undelor luminoase coerente, fluxul luminos emis de o sursă de lumină monocromatică se împarte printr-un procedeu oarecare în două fascicule care ulterior se reîntâlnesc. Procedeele de separare sunt: <i>divizarea frontului de undă și divizarea amplitudinii unde.</i>	• Evocă observații proprii referitoare la obținerea undelor luminoase coerente și comunică părerile în clasă (explicații neștiințifice).
• Propune elevilor un studiu al dispozitivului Young cu ajutorul căruia a fost realizat primul experiment de interferență a undelor luminoase:	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând schema de principiu a dispozitivului Young): - <i>unde emise de sursa de lumină S ajung la cele două fante S_1 și S_2 care, conform principiului lui Huygens,</i>

- realizează schema de principiu a dispozitivului Young, cu prezentarea unor detalii importante (lărgimile fantelor, distanța dintre fante, distanța de la sursă la planul fantelor și distanța de la planul fantelor la ecran) și cere elevilor să explice obținerea undelor coerente cu acest dispozitiv.	devin surse secundare; - unde secundare emise de sursele S_1 și S_2 sunt coerente deoarece provin de pe aceeași suprafață de undă; - aceste unde coerente interferă, figura de interferență se obține pe ecranul E aflat în spatele celor două fante.
• Oferă elevilor materiale pentru experiment: banc optic, sursă de lumină obișnuită sau sursă laser, suporturi culisante, filtre monocromatice, fantă simplă, fantă dublă (sau <i>diapozitiv de fante Young</i>- un diapozitiv de celuloid negru pe care s-au trasat două linii transparente apropiate, având rol de fante), lentilă convergentă, ecran.	• Organizați în grupuri de lucru, elevii: citesc cu atenție instrucțiunile din fișa de activitate experimentală și pun întrebări pertinente profesorului; selectează și organizează corespunzător materialele necesare desfășurării experimentului; efectuează determinări experimentale, formulează concluzii.
• Invită elevii să studieze experimental interferența luminii cu dispozitivul Young și cere elevilor: - să producă și să observe franjele de interferență; - să schiteze mersul razelor de lumină prin dispozitivul experimental; - să înlocuiască cele două fante cu altele situate la o altă distanță și să observe din nou figura de interferență (dacă există <i>diapozitivul de fante Young</i>); - să modifice distanța de la planul fantelor la ecran și să observe din nou figura de interferență; - să descrie figura de interferență formată când se folosește lumină monocromatică, respectiv, lumină albă.	• Efectuează experimentul: - observă franjele de interferență pe ecran pentru un anumit aranjament experimental; - realizează un desen aproximativ al mersului razelor de lumină prin dispozitivul experimental; - modifică pe rând distanța dintre fante, respectiv, distanța de la planul fantelor la ecran și observă modificări ale figurii de interferență în fiecare caz; - efectuează experimentul folosind pe rând lumină monocromatică și lumină albă; - rezultatul interferenței undelor pe ecran este sub forma unor benzi rectilinii luminoase și întunecate paralele între ele; - dacă se folosește lumină monocromatică, se obțin franje de o singură culoare luminoasă și întunecate dispuse alternativ; - dacă se folosește lumină albă, pe ecran se obține o franjă centrală albă, iar de o parte și de alta franje colorate începând cu violet și terminând cu roșu.
• Propune elevilor alte explorări ale interferenței luminii folosind de data aceasta <i>diapozitivul de fante Young</i> (distanța dintre fante până la 1 mm), o sursă obișnuită de lumină (bec sau lumânare), un laser și cere elevilor să obțină franje de interferență în lumină albă și în lumină monocromatică.	• Efectuează experimente simple demonstrative: - observă franje de interferență în lumină albă dacă privesc sursa obișnuită de lumină aflată la câțiva metri prin diapozitivul de fante Young ținut aproape de ochi; - obțin franje de interferență în lumină monocromatică pe un perete aflat la 4-5m distanță de sursa laser, dacă așează între laser și perete diapozitivul de fante Young.
• Cere elevilor să formuleze concluzii cu privire la figurile de interferență observate în cazurile studiate experimental și la regiunea din spațiu în care are loc interferența (poziția ecranului în câmpul de interferență).	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - franjele obținute pe ecran sunt rectilinii, paralele și echidistante; - pentru observarea figurii de interferență ecranul poate fi deplasat oriunde în spatele celor două fante.

• Propune elevilor alte explorări ale interferenței luminii folosind fenomenul cunoscut sub numele de <i>culorile lamelor subțiri</i> și cere elevilor: - să privească și să descrie peliculele balonașelor de săpun(soluție glicerică); - să descrie aspectul petelor de ulei sau de benzină care apar pe suprafața apei de pe străzi; - să prezinte exemple din natură asemănătoare; - să formuleze concluzii cu privire la localizarea franjelor de interferență în exemplele prezentate.	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - în toate aceste cazuri se observă irizații colorate în culorile curcubeului; - prezintă exemple asemănătoare(pietre sidefate, aripile fluturilor, penele păsnilor,etc.); - sesizează că aceste franje se pot vedea cu ochiul liber, acomodat pentru vederea la distanță mare; - pot formula concluzia că franjele de interferență în aceste exemple sunt localizate la infinit.
	
• Definește (operațional) <i>interferența nelocalizată și interferența localizată</i> și face precizarea că: - se obține <i>interferență nelocalizată</i> dacă sursele de lumină coerente sunt punctiforme sau filiforme, undele coerente fiind obținute fie de la două imagini ale unei surse luminoase, prin divizarea frontului de undă, fie de la o sursă luminoasă și o imagine a acesteia; - se obține <i>interferență localizată</i> cu raze de lumină paralele, emise de surse de lumină întinse, care se reflectă și refractă pe ambele fețe ale peliculelor sau lamelor subțiri transparente.	• Evocă observații proprii referitoare la obținerea interferenței localizate și nelocalizate și comunică părerea în clasă(explicații neștiințifice). 
• Cere elevilor să găsească un criteriu pentru a identifica sau distinge între cele două tipuri de interferență:	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - <i>rezultatul interferenței nelocalizate este observabil pe un ecran care poate fi așezat oriunde în câmpul de interferență, adică regiunea din spațiu în care are loc interferența este destul de mare;</i> - <i>rezultatul interferenței localizate este observabil cu ochiul liber, acomodat pentru vederea la distanță mare, pe suprafața peliculelor subțiri.</i>
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să descrie, de exemplu: 1. să rezume ideile și constatările de până acum; 2. să se documenteze și să prezinte sub forma unui eseu sau referat științific <i>Interferența luminii în natură</i>.	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

Secvența a III-a. Reflecție-explicare:

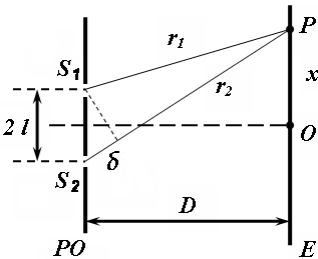
Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

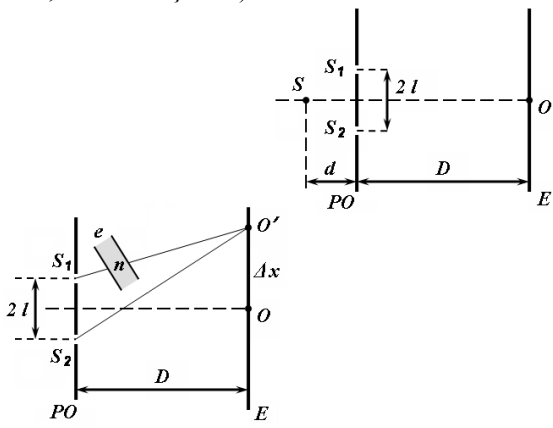
Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 3. Compararea cu modelul original;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor: comunicare, cognitive, sociale etc.

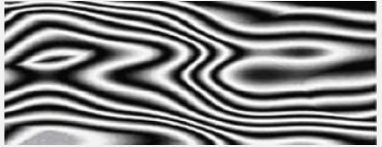
Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexempluri (Meyer, G., 2000, p. 145).

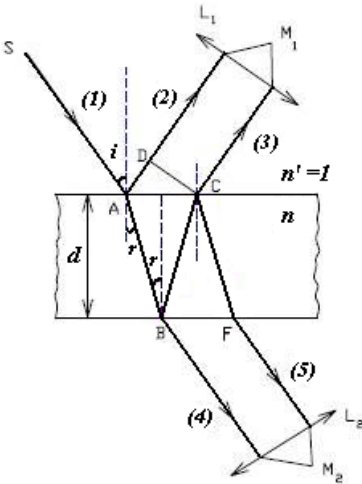
Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (interferența luminii etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): interferența luminii cu dispozitivul Young ; norme de protecția muncii în laborator;	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă;
• Propune explicarea cantitativă a funcționării dispozitivului Young și cere elevilor să estimeze starea de interferență într-un punct din câmpul de interferență: - să realizeze o schemă simplificată a dispozitivului Young, în care fantele să fie la distanța $2l$ una de alta și ecranul la distanța D de planul fantelor; - să considere un punct P pe ecran, situat la distanța x de față de planul de simetrie al sistemului;  - să calculeze diferența de drum dintre două raze care interferă în punctul P; - să aplice condițiile de maxim și minim de interferență și să găsească poziția maximelor și minimelor de interferență pe ecran; - să analizeze starea de interferență pe ecran.	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - reprezintă schema simplificată a dispozitivului Young, cu respectarea notațiilor indicate; - fac raționamente geometrice, utilizează funcții trigonometrice, țin cont că <i>distanța dintre fante este mult mai mică decât distanța dintre planul fantelor și planul de observație al franjelor de interferență</i>, folosesc aproximația unghiurilor mici și calculează diferența de drum dintre două raze care interferă în punctul P: $\delta = \frac{2l}{D} \cdot x$ - aplică condiția de maxim de interferență și calculează poziția maximelor pe ecran: $x_k = k \frac{\lambda D}{2l}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \text{maximul de ordin } k;$ - aplică condiția de minim de interferență și calculează poziția minimelor pe ecran: $x_k = (2k + 1) \frac{\lambda D}{4l}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \text{minimul de ordin } k;$ - <i>în punctul central se formează maximul central luminos, franja centrală;</i> - <i>maximele de ordin superior sunt plasate simetric în raport cu franja centrală și sunt separate prin minime de interferență.</i>
• Definește (operațional) noțiunea de interferență și cere elevilor găsească expresia matematică a interferenței și să analizeze dependența interferenței de geometria sistemului și de mediul în care se află sistemul.	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - calculează interferența: $i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{2l}$ - observă că interferența nu depinde de ordinul de interferență; - fac aprecieri asupra modalităților de modificare a interferenței – prin modificarea lungimii de undă, distanței dintre fante, distanței de la planul surselor la planul de observație al franjelor.
• Cere elevilor să analizeze interferența în	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în

<i>lumină albă</i>, urmărind ideile: - lumina albă este un amestec de unde cu diferite lungimi de undă; - pozițiile maximelor de interferență depind de lungimea de undă.	clasă (notate pe caiete): - <i>radiațiile cu lungimi de undă diferite nu interferă între ele, fiecare radiație monocromatică determină apariția unui sistem propriu de franje;</i> - <i>interfranjele depind de lungimea de undă;</i> - <i>poziția maximului central nu depinde de lungimea de undă, deci franja centrală este albă;</i> - <i>deoarece $\lambda_R > \lambda_V$ se obține $x_{kR} > x_{kV}$, deci maximele de interferență de diferite culori sunt puțin deplasate unul față de altul și se obțin franje colorate începând cu violet și terminând cu roșu.</i>
• Invită elevii să utilizeze aplicația interactivă AEL care simulează obținerea interferenței folosind dispozitivul Young și cere elevilor să analizeze starea de interferență în funcție de: - modificarea lungimii de undă (roșu, galben, albastru, verde); - modificarea distanței dintre fante și a distanței dintre fante și ecran; - modificarea mediului în care se află sistemul (aer, apă).	• Utilizează softul educațional care simulează obținerea franjelor de interferență folosind dispozitivul Young: - modifică lungimea de undă (λ) și observă franje colorate în culoarea lungimii de undă respective; - modifică distanța ($2l$) dintre fante și observă că interfranja crește dacă această distanță scade; - dacă modifică distanța (D) dintre fante și ecran constată că interfranja crește cu creșterea distanței; - prin modificarea mediului în care se află sistemul se modifică și interfranja, scade cu creșterea indicelui de refracție.
• Invită elevii să determine experimental lungimea de undă folosind dispozitivul Young: - distribuie materialele necesare (banc optic, fantă dublă din trusa de optică, sursă laser, riglă gradată, ruletă, ecran); - precizează condițiile optime pentru observarea franjelor de interferență; - cere elevilor să găsească un mod simplu de a determina interfranja și de a calcula lungimea de undă; - să redacteze referatul lucrării realizate, oferind următoarea structură pentru acestea: 1. <i>Preambul/ Teoria lucrării</i>; 2. <i>Materiale necesare</i>; 3. <i>Modul de lucru</i>; 4. <i>Date experimentale</i>; 5. <i>Concluzii</i>.	• Organizați în grupuri de lucru elevii determină lungimea de undă cu dispozitivul Young: - obțin franje de interferență respectând instrucțiunile din fișa de lucru; - măsoară lățimea unui grup de 5-10 franje pe ecran și calculează interfranja; - exprimă lungimea de undă din formula interfranței și calculează lungimea de undă a radiației; - repetă experimentul pentru diferite poziții ale ecranului și mediază rezultatele obținute; - datele experimentale sunt înregistrate într-un tabel; - interpretează rezultatele, identifică sursele de erori și calculează erorile; - realizează și prezintă referatul lucrării de laborator;
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să găsească deplasarea franjelor de interferență în următoarele situații: Se realizează interferența luminoasă cu ajutorul dispozitivului Young. Sursa de lumină este plasată la distanța d de panoul cu fante și emite radiații cu lungimea de undă λ. Distanța dintre fantele dispozitivului este $2l$, iar ecranul pe care se observă franjele de interferență se află la distanța D de panoul cu fante paralel cu acesta. Calculați deplasarea sistemului de franje în cazurile: a. se deplasează sursa S pe direcție verticală, în sus, cu y; b. se readuce sursa S în poziția inițială și în calea fascicului provenit de la sursa S_1 se introduce o lamă subțire cu grosimea e dintr-un material cu indice de refracție n.	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.). 

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (deplasarea franjelor în cazul interferenței cu dispozitivul Young etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; <i>Diferența de drum optic</i> dintre undele ce interferă pe ecran, corespunzătoare maximului central, în aceste cazuri este: a. $\frac{2l \cdot y}{d} + \frac{2l \cdot \Delta x}{D} = 0$, deci $\Delta x = -\frac{D}{d} y$, deplasarea sistemului de franje de interferență se face în sens contrar sensului de deplasare al sursei S. b. $\frac{2l \cdot \Delta x}{D} - e(n-1) = 0$, deci $\Delta x = e(n-1) \frac{D}{2l} = e(n-1) \frac{i}{\lambda}$, deplasarea sistemului de franje de interferență se face în sensul fantei acoperite de lamă.
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): interferența luminii pe lama cu fețe plan-paralele; norme de protecția muncii în laborator;	
• Comunică elevilor ideea că <i>lama cu fețe plan paralele</i> este un alt <i>dispozitiv interferențial</i> cu ajutorul căruia se poate studia interferența luminii și face precizarea că în acest caz se pot obține <i>franje de interferență prin reflexie și prin transmisie</i>.	• Evocă observații proprii referitoare la obținerea reflexiei și refracției luminii prin lama cu fețe plan-paralele și comunică părerile în clasă.
• Implică elevii în estimarea stării de interferență a luminii pe lama cu fețe plan-paralele <i>prin reflexie</i> și cere elevilor și cere elevilor: - să considere o lamă subțire transparentă, de grosime d și indice de refracție n, pe care cade, sub un unghi de incidență i, o radiație luminoasă provenită de la o sursă îndepărtată S și să reprezinte printr-un desen mersul razelor de lumină prin lama cu fețe plan-paralele; - să explice cum se formează undele coerente în acest caz și unde sunt localizate franjele de interferență; - să calculeze diferența de drum optic dintre razele care interferă; - să particularizeze pentru incidență normală; - să analizeze starea de interferență în acest caz.	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - reprezintă printr-un desen mersul razelor de lumină prin lama cu fețe plan-paralele, cu respectarea notațiilor indicate; - explică mersul razelor de lumină prin lama cu fețe plan-paralele: <i>unda incidentă (1)</i> când ajunge la prima față a lamei este divizată: o parte se reflectă, <i>unda emergentă (2)</i>, iar cealaltă parte pătrunde în lamă prin refracție, apoi se reflectă pe a doua față a lamei și iese din lamă prin refracție, <i>unda emergentă (3)</i>; - sesizează că <i>undele emergente (2) și (3) sunt paralele</i> (conform legilor reflexiei și refracției) și <i>sunt coerente</i> deoarece provin din aceeași undă incidentă (1); - afirmă că <i>undele emergente (2) și (3) interferează la infinit, deci formează franje de interferență localizate la infinit</i>; - fac raționamente geometrice, utilizează funcții trigonometrice, folosesc legea a doua a refracției, țin cont că reflexia pe prima față a lamei se face pe un mediu mai dens și calculează diferența de drum dintre <i>undele emergente (2) și (3)</i>: $\delta = 2nd \cos r + \frac{\lambda}{2}$;

	- în cazul incidenței normale, $i=0$ și $r=0$, $\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2}$ - sesizează că toate undele incidente paralele sub unghiul de incidență (i) vor genera unde emergente paralele cu undele (2) și (3) care interferă, rezultatul interferenței depinde de diferența de drum δ ; - franjele de interferență pot fi observate cu ochiul liber, acomodat pentru infinit, sau dacă se utilizează o lentilă convergentă se formează în planul focal imagine al lentilei L_1.
• Implică elevii în estimarea stării de interferență a luminii pe lama cu fețe plan-paralele <i>prin transmisie</i> și cere elevilor: - să explice cum se formează undele coerente în acest caz și unde sunt localizate franjele de interferență; - să calculeze diferența de drum optic dintre razele care interferă; - să analizeze starea de interferență în acest caz.	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - reprezintă printr-un desen mersul razelor de lumină prin lama cu fețe plan-paralele în acest caz; - identifică unda incidentă (1) pe lamă și cele două unde emergente (4) și (5) rezultate în urma reflexiilor și refracțiilor repetate pe cele două suprafețe ale lamei; - sesizează că undele emergente (4) și (5) sunt paralele (conform legilor reflexiei și refracției) și sunt coerente deoarece provin din aceeași undă incidentă (1); - afirmă că undele emergente (4) și (5) interferă la infinit, deci formează franje de interferență localizate la infinit; - fac raționamente geometrice, utilizează funcții trigonometrice, folosesc legea a doua a refracției, țin cont că prin reflexie nu mai apare saltul de fază de π radiani și calculează diferența de drum dintre undele emergente (4) și (5): $\delta = 2nd \cos r$; - sesizează că toate undele incidente paralele sub unghiul de incidență (i) vor genera unde emergente paralele cu undele (4) și (5) care interferă, rezultatul interferenței depinde de diferența de drum δ ; - franjele de interferență pot fi observate cu ochiul liber, acomodat pentru infinit, sau dacă se utilizează o lentilă convergentă se formează în planul focal imagine al lentilei L_2.
• Cere elevilor să explice diferența dintre franjele de interferență obținute prin reflexie și prin transmisie.	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - deoarece în cazul interferenței prin transmisie diferența de drum optic nu mai conține pierdere de $\lambda/2$, <i>franjelor luminoase de la interferența prin reflexie le corespund franjele întunecate de la interferența prin transmisie.</i>
• Comunică elevilor ideea că franjele de interferență pe lama cu fețe plan-paralele din motive de simetrie sunt inele concentrice numite și inele de egală înclinare (franje de egală înclinare) și cere elevilor să explice de ce inelele sunt bine conturate dacă lama este perfect plan-paralelă.	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - la formarea franjelor de egală înclinare, luminoase sau întunecate, contribuie toate razele care ajung pe lamă sub același unghi de incidență, deci dacă lama nu este perfect plan-paralelă inelele prezintă neregularități.
• Propune elevilor studierea interferenței prin reflexie pe lama cu fețe plan-paralele în următoarea situație: lama cu fețe plan-paralele de indice de refracție n se află pe un strat de indice de refracție $n_1 > n$ și cere elevilor să calculeze	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - reprezintă printr-un desen mersul razelor de lumină prin lama cu fețe plan-paralele în acest caz; - fac raționamente geometrice, utilizează funcții

grosimea minimă a lamei astfel încât la incidență aproape normală să se obțină <i>interferență prin reflexie distructivă</i> (unde reflectate pe cele două fețe ale lamei să interfereze distructiv).	trigonometrice, folosesc legea a doua a refracției, țin cont că reflexia se face cu pierdere de $\lambda/2$ pe ambele suprafețe de separație și calculează diferența de drum dintre <i>unde emergente</i> (2) și (3) în cazul incidenței normale, $i = 0$ și $r = 0$, $\delta = 2nd$ - interferența este distructivă dacă diferența de drum optic este $\delta_{\min} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$, iar grosimea minimă a lamei se obține pentru $k=0$, adică $d_{\min} = \frac{\lambda}{4n}$.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să rezolve următoarea problemă: O peliculă subțire de acetone (indice de refracție $n = 1,25$) este întinsă pe suprafața unei plăci groase de sticlă (indice de refracție $n_1 = 1,5$). Pe această peliculă cad sub incidență normală unde luminoase de lungime de undă variabilă. Când privim undele reflectate observăm că minimul de interferență apare la $\lambda_1 = 600nm$, iar maximum la $\lambda_2 = 700nm$. Calculați grosimea peliculei de acetone. (Societatea de științe fizice și chimice din România, Probleme rezolvate de fizică)	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

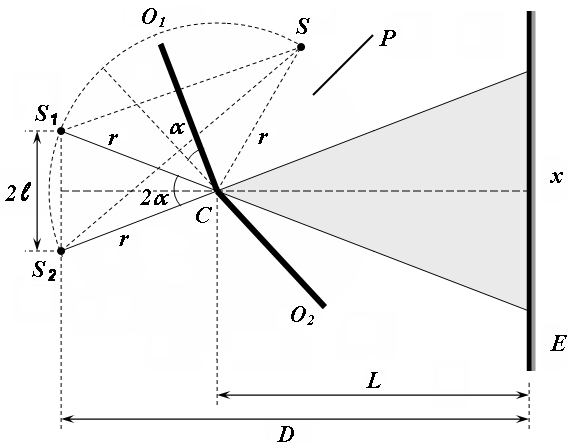
Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor;

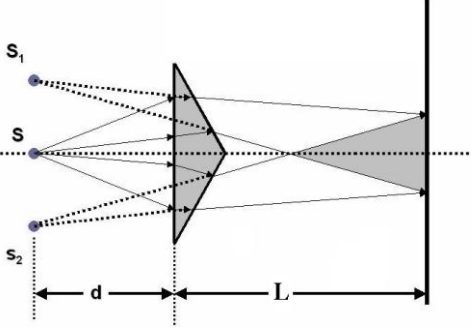
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.

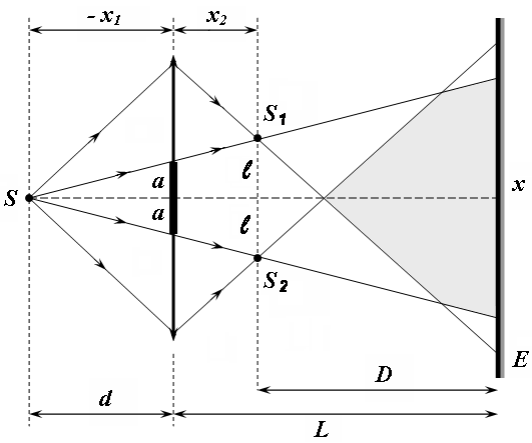
Procesul cognitiv/ scenariul lecției: deductiv. Elevul observă o definiție a conceptului de însoșit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile.

Lecția 5

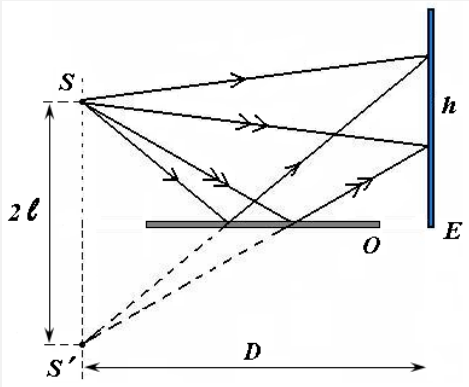
Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: prelegere intensificată. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate, să distingă reguli/ patern-uri în informațiile obținute prin efectuarea temei pentru acasă, să prezinte rezultatele; • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): dispozitive interferențiale echivalente cu dispozitivul Young;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.; - reflexia are loc cu pierdere de $\lambda/2$ pe ambele suprafețe de separație, iar incidența fiind normală, <i>diferența de drum</i> dintre unde coerente este $\delta = 2nd$; - din condiția de minim de interferență: $(2k_1 + 1)\frac{\lambda_1}{2} = 2nd \text{ se obține } d = \frac{(2k_1 + 1)}{4n} \lambda_1$ - din condiția de maxim de interferență:

	$2k_2 \frac{\lambda_2}{2} = 2nd \text{ se obține } d = \frac{k_2}{2n} \lambda_2 \text{ de unde rezultă:}$ $k_1 = k_2 = 3 \Rightarrow d = 0,84 \mu\text{m}.$
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (interferența luminii cu dispozitivul Young, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): obținerea undelor coerente prin divizarea frontului de undă, interferanța, figura de interferență.
• *Comunică elevilor ideea că dispozitivele interferențiale echivalente cu dispozitivul Young folosesc undele coerente obținute: - de la două imagini ale aceluiași izvor luminos (oglinzile lui Fresnel, biprisma Fresnel, bilentila lui Billet); - de la o sursă luminoasă și o imagine a acesteia (oglinza Lloyd).	• *Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): obținerea a două surse coerente fie prin formarea a două imagini ale aceleiași surse luminoase, fie prin folosirea unei surse luminoase și a unei imagini a sa.
• *Invită elevii să studieze interferența luminii cu dispozitivul interferențial cunoscut sub denumirea <i>Oglinzile lui Fresnel</i>. • Prezintă o schemă simplificată a acestui dispozitiv interferențial și cere elevilor: - să descrie modul în care se obțin cele două surse coerente; - să explice rolul ecranului protector/paravanului; - să deseneze și să explice mersul razelor de lumină prin dispozitiv; - să deducă formula interfranței plecând de la relația interfranței stabilită în cazul dispozitivului Young; - să găsească urma câmpului de interferență și să analizeze starea de interferență.	• *Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - construiesc imaginile virtuale S_1 și S_2 ale sursei S, în cele două oglinzi plane O_1 și O_2 care fac între ele un unghi apropiat de 180° și obțin astfel două surse coerente S_1 și S_2; - observă că ecranul protector/paravanul împiedică lumina de la sursa S să ajungă în câmpul de interferență; - reprezintă printr-un desen mersul razelor de lumină prin dispozitiv în acest caz; - stabilesc din geometria figurii și folosind legile reflexiei că cele trei surse S, S_1 și S_2 se găsesc pe un cerc de rază r egală cu distanța dintre sursa S și muchia comună a oglinzilor; - fac raționamente geometrice, utilizează funcții trigonometrice, țin cont că unghiul α format de una dintre oglinzi cu direcția celei de-a doua este foarte mic și calculează distanța dintre cele două surse coerente, $2l \approx 2r\alpha$, iar prin <i>analogie</i> cu dispozitivul Young distanța dintre ecran și planul surselor, $D = r + L$ (L este distanța de la ecranul E la intersecția celor două oglinzi); - aplică formula interfranței stabilită în cazul dispozitivului Young și găsesc expresia interfranței în acest caz: $i = \frac{(r+L)}{2r\alpha} \lambda$; - folosesc aproximația unghiurilor mici și stabilesc urma câmpului de interferență pe ecranul E: $X \approx 2L\alpha$; - sesizează că numărul total de franje observate pe ecran
	- realizează că în aceste condiții franjele de interferență vor avea aspectul unor benzi paralele luminoase și întunecate.
• *Invită elevii să studieze interferența luminii cu dispozitivul interferențial cunoscut sub denumirea <i>Biprisma Fresnel</i>. • Prezintă o schemă simplificată a acestui dispozitiv interferențial și cere elevilor: - să descrie modul în care se obțin cele două surse	• *Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - observă că acest dispozitiv este format din două prisme identice subțiri (unghi refringent mic), cu aceeași bază, iar sursa de lumină S se află pe axa de simetrie la distanța d de planul prismelor;

coerente; - să deseneze și să explice mersul razelor de lumină prin dispozitiv; - să deducă formula interfranței plecând de la relația interfranței stabilită în cazul dispozitivului Young; - să găsească urma câmpului de interferență și să analizeze stare de interferență. 	- construiesc imaginile virtuale S_1 și S_2 ale sursei S, folosind refracția luminii emise sursa S în cele două prisme și obțin astfel două surse coerente S_1 și S_2; - reprezintă printr-un desen mersul razelor de lumină prin dispozitiv în acest caz; - stabilesc din geometria figurii și folosind legile refracției că cele trei surse S, S_1 și S_2 se află în același plan; - fac raționamente geometrice, utilizează formulele prismei, lucrează în aproximația unghiurilor mici deoarece se folosesc fascicule lumină cu deschiderea unghiulară mică și calculează distanța dintre cele două surse coerente, $2l \approx 2(n-1)Ad$, iar prin <i>analogie</i> cu dispozitivul Young distanța de la sursele virtuale la ecran, $D = d+L$ (L este distanța de la ecranul E la planul prismelor); - aplică formula interfranței stabilită în cazul dispozitivului Young și găsesc expresia interfranței în acest caz: $i = \frac{(d+L)}{2(n-1)Ad} \lambda$; - folosesc aproximația unghiurilor mici și stabilesc urma câmpului de interferență pe ecranul E: $X \approx 2(n-1)AL$; - sesizează că numărul total de franje observate pe ecran $N = \frac{X}{i}, \text{ de unde obțin } N = \frac{4(n-1)^2 dLA^2}{(d+L)\lambda}$ - realizează că în aceste condiții franjele de interferență vor avea aspectul unor benzi paralele luminoase și întunecate.
• Invită elevii să utilizeze aplicația interactivă AEL care simulează obținerea interferenței folosind biprismă Fresnel și cere elevilor să analizeze starea de interferență în funcție de: - modificarea lungimii de undă (roșu, galben, albastru, verde); - modificarea distanței (d) dintre sursă și prismă și a distanței (D) dintre surse și ecran; - modificarea unghiul prismei (A).	• Utilizează softul educațional care simulează obținerea franjelor de interferență folosind biprismă Fresnel: - modifică lungimea de undă (λ) și observă franje colorate în culoarea lungimii de undă respective; - modifică distanța (d) dintre sursă și prismă și observă că interfranța crește dacă această distanță scade; - dacă modifică distanța (D) dintre surse și ecran constată că interfranța crește cu creșterea distanței; - modifică unghiul prismei (A) și observă că interfranța crește dacă unghiul scade.
•* Invită elevii să studieze interferența luminii cu dispozitivul interferențial cunoscut sub denumire <i>Bilentele Billet</i>. • Prezintă o schemă simplificată a acestui dispozitiv interferențial și cere elevilor: - să descrie modul în care se obțin cele două surse coerente; - să deseneze și să explice mersul razelor de lumină prin dispozitiv; - să deducă formula interfranței plecând de la relația interfranței stabilită în cazul dispozitivului Young; - să găsească urma câmpului de interferență și să analizeze stare de interferență.	•* Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - observă că acest dispozitiv este format din două jumătăți ale unei lentile biconvexe separate la o mică distanță una de alta, iar această distanță este obturată pentru a împiedica pătrunderea luminii provenite direct de la sursa S în câmpul de interferență; - construiesc imaginile virtuale S_1 și S_2 ale sursei S, folosind refracția luminii emise sursa S în cele două semilente și obțin astfel două surse coerente S_1 și S_2; - reprezintă printr-un desen mersul razelor de lumină prin dispozitiv în acest caz; - fac raționamente geometrice, utilizează formula lentilelor subțiri și calculează distanța dintre cele două surse coerente, $2l = 2a\left(1 - \frac{f}{d}\right)$, distanța de la

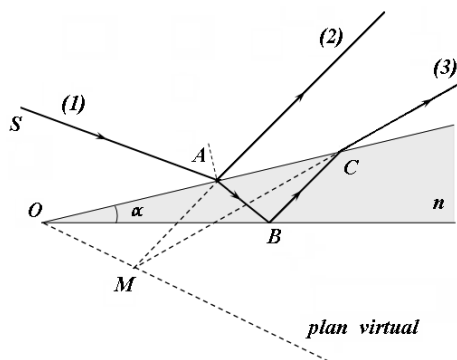
	sursele virtuale la ecran, $D = L - \frac{fd}{d-f}$ (f este distanța focală a lentilei, d distanța dintre sursa S și bilentile, $2a$ distanța ce separă cele două semilente, L este distanța de la ecranul E la bilentile); - aplică formula interfranței stabilită în cazul dispozitivului Young și găsesc expresia interfranței $i = \frac{\left(L - \frac{fd}{d-f}\right)}{2a\left(1 - \frac{f}{d}\right)} \lambda;$ - stabilesc urma câmpului de interferență pe ecranul E $X = \frac{2a(L+d)}{d}$; - sesizează că numărul total de franje observate pe ecran $N = \frac{X}{i};$ - realizează că în aceste condiții franjele de interferență vor avea aspectul unor benzi paralele luminoase și întunecate.
• Cere elevilor să esențializeze concluziile privind dispozitivele interferențiale care folosesc undele coerente obținute de la două imagini ale aceluiași izvor luminos.	• Formulează (în perechi) constatările/ concluziile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - aceste dispozitive interferențiale sunt toate reductibile la dispozitivul Young; - de fiecare dată trebuie determinată distanța $2l$ dintre sursele coerente și distanța D de la sursele coerente la ecranul de observație al franjelor; - interfranța se calculează cu aceeași formulă; - franjele de interferență sunt benzi paralele luminoase și întunecate; - rezultatul interferenței este observabil pe un ecran care poate fi așezat oriunde în câmpul de interferență, adică interferența este nelocalizată.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să se documenteze și să descrie, de exemplu: Într-o experiență de interferență cu ajutorul oglinzii Lloyd, o undă luminoasă provenind direct de la sursa S interferă cu unda reflectată de oglinda O. Franjele de interferență sunt observate pe un ecran E aflat la distanța D de sursă. a. reprezentați printr-un desen mersul razelor de lumină prin dispozitiv; b. deduceți diferența de drum dintre razele care interferă într-un punct P de pe ecran; c. găsiți formula interfranței; d. arătați printr-un desen cum poate limita lungimea oglinzii urma câmpului de interferență; e. analizați starea de interferență.	• Efectuează tema pentru acasă.

Lecția 6

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea <i>temelor efectuate acasă</i> și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate, să distingă reguli/ patern-uri în informațiile obținute prin efectuarea temei pentru acasă, să prezinte rezultatele; 	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.; a. - realizează o schemă simplificată a oglinzii Lloyd respectând notațiile indicate; - reprezintă printr-un desen mersul razelor de lumină prin dispozitiv în acest caz; - construiesc imaginea virtuală S' a sursei S, folosind reflexia luminii emise sursa S în oglinda O; - obțin astfel două surse coerente S și S'; b. calculează diferența de drum dintre razele care interferă într-un punct P de coordonată x, având în vedere faptul că reflexia unei luminoase pe oglindă se face cu pierdere de $\lambda/2$, $\delta = \frac{2lx}{D} - \frac{\lambda}{2}$, unde l este distanța de la sursa S la planul oglinzii O, D distanța de la planul surselor coerente S și S' la ecranul E; c. $i = \frac{\lambda D}{2l}$ d. construiesc razele care pleacă de la sursa S și se reflectă la marginile oglinzii O și obțin urma câmpului de interferență (limita zonei de interferență); e. deoarece reflexia pe oglindă se face cu pierdere de $\lambda/2$, franja centrală este întunecată, iar franjele de interferență vor avea aspectul unor benzi paralele luminoase și întunecate și sunt nelocalizate.
• Invită elevii să utilizeze aplicația interactivă AEL care simulează obținerea interferenței folosind oglinda Lloyd: Softul educațional pune la dispoziția o sursă de lumină, o oglindă plană și un ecran și cere elevilor să aranjeze cele trei elemente astfel încât pe ecran să obțină figura de interferență. Elevii au dreptul la trei încercări.	• Utilizează softul educațional care simulează obținerea franjelor de interferență folosind oglinda Lloyd: - aranjează cele trei elemente așa încât obțin franje de interferență; - modifică lungimea de undă (λ) și observă franje colorate în culoarea lungimii de undă respective;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): pana optică, pana optică de unghi variabil;	
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (lama cu suprafețe plan-paralele, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): obținerea undelor coerente prin divizarea amplitudinii.
• Implică elevii în estimarea <i>stării de interferență a luminii</i> pe pana optică și cere elevilor: - să considere o lamă subțire transparentă, delimitată de două suprafețe plane care fac între ele un unghi α mic ($\alpha < 5^\circ$), având indicele de refracție n, pe care cade, sub un unghi de	• Se concentrează asupra sarcinii de rezolvat și se implică activ în rezolvarea acestei sarcini: - reprezintă printr-un desen mersul razelor de lumină prin pana optică, cu respectarea notațiilor indicate; - identifică unda incidentă (1) pe pană și cele două unde emergente (2) și (3) rezultate în urma reflexiilor pe cele două suprafețe ale penei;

incidență i , o radiație luminoasă provenită de la o sursă îndepărtată S și să **reprezinte** printr-un desen mersul razelor de lumină prin pana optică;

- să **explice** cum se formează undele coerente în acest caz și unde sunt localizate franjele de interferență;



- să **analizeze** cazul incidenței normale;
- să **deducă** diferența de drum optic dintre razele care interferă în cazul incidenței normale;
- să **deducă** interfranja în cazul incidenței normale;
- să **analizeze** starea de interferență în acest caz.
- **Precizează** că starea de interferență într-un punct de pe pană este determinată de grosimea penei în punctul respectiv, motiv pentru care se numesc **franje de egală grosime**.

- **sesizează** că undele emergente (2) și (3) sunt neparalele (conform legilor reflexiei și refracției) și sunt coerente deoarece provin din aceeași undă incidentă (1);
- **afirmă** că franjele de interferență se formează la intersecția prelungirii razelor emergente (2) și (3), deci aceste franje sunt localizate într-un plan virtual ce trece prin vârful penei;

- **pot întui** că în cazul unui fascicul incident normal pe suprafața superioară a penei, planul de localizare a franjelor se va afla în interiorul penei în imediata apropiere a suprafeței penei, adică **franjele sunt practic localizate pe pană**;

- **respectând** cele stabilite la studiul lamei cu fețe plan-paralele și **considerând** că pana optică este formată dintr-o mulțime de straturi subțiri cu fețele plan-paralele și cu grosimi diferite, **deduc** diferența de drum optic dintre razele care interferă în condiții de incidență normală, pentru o grosime oarecare, d , a penei

$$\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2};$$

- **scriu** condiția de maxim de interferență pentru o

grosime a penei, d_k , $2nd_k + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$ și pentru maximul

$$\text{următor } (k+1) \quad 2nd_{k+1} + \frac{\lambda}{2} = (k+1)\lambda;$$

- din geometria figurii **observă** că interfranja

$$i = \frac{d_{k+1} - d_k}{\tan \alpha} \text{ și folosind aproximația unghiurilor mici}$$

$$\text{găsesc pentru interfranjă formula: } i = \frac{\lambda}{2\alpha n};$$

- **observă** că interfranja crește dacă unghiul penei scade;

- deoarece interfranja nu depinde de ordinul de

interferență, **afirmă** că franjele de interferență sunt

drepte, echidistante, paralele între ele și cu muchia penei;

- în cazul luminii albe franjele sunt colorate, iar în lumină monocromatică maximele luminoase au o singură culoare.

- ***Comunică elevilor** ideea studierii unei *pene optice de unghi variabil*, prin care se obține o figură de interferență cunoscută sub numele de *inelele lui Newton*.

- **Evocă** observații, experiențe și **comunică răspunsurile** în clasă (notate pe caiete).

- ***Prezintă elevilor** o schemă simplificată a acestui dispozitiv interferențial: o lentilă plan-convexă L_2 (indice de refracție n_2) cu distanță focală mare este așezată cu fața curbă pe o lamă cu fețe plan-paralele L_1 (indice de refracție n_2). Între lentilă și lamă se formează un spațiu de aer sau de lichid (indice de refracție n_1) a cărei grosime crește de la centru spre margini. Acest spațiu este o pană optică cu unghi variabil simetrică în jurul punctului O , de contact, între lentilă și lamă.

- ***Se concentrează** asupra sarcinii de rezolvat și **se implică activ** în rezolvarea acestei sarcini:

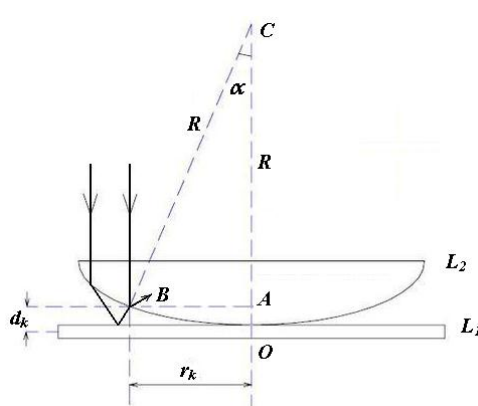
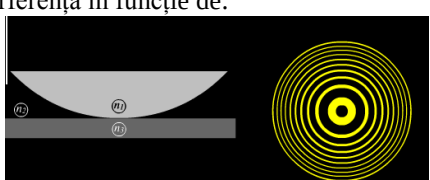
- **observă** că se poate aplica principiul penei optice, undele luminoase reflectate pe cele două suprafețe ale penei sunt coerente (suprafața de sprijin a lentilei și suprafața inferioară a penei), deci interferă;

- **sesizează** că locurile de egală grosime în pană vor forma cercuri de rază r având centrul în punctul de contact dintre lentilă și lamă;

- **deduc** diferența de drum optic dintre razele coerente care interferă într-un punct M corespunzător grosimii d , în situația în care lumina cade normal pe fața plană a lentilei, $n_1 < n_2$, $r \ll R$ și reflexia pe suprafața inferioară a penei se face cu pierdere de $\lambda/2$: $\delta = 2n_1d + \frac{\lambda}{2}$;

- **fac raționamente** geometrice, țin cont că $d \ll R$ și găsesc

$$d = \frac{r^2}{2R};$$

• Cere elevilor: - să descrie modul în care se obțin franje de interferență cu acest dispozitiv; - să deducă diferența de drum optic dintre razele care interferă, în cazul unui fascicul de lumină monocromatică, care cade perpendicular, sau aproape perpendicular, pe lentilă; - să calculeze raza inelului luminos de ordin k și raza inelului întunecat de ordin k, știind că în aceste condiții se obțin franje de interferență  circulare, cu centrul în punctul de contact dintre cele două suprafețe, numite <i>inelele lui Newton</i>; -să analizeze și să descrie starea de interferență; • Precizează se pot obține franje de interferență și în lumină transmisă, dar fenomenul este complementar, în centrul figurii de interferență se află un maxim de interferență.	- din condiția de <i>maxim de interferență</i> în punctul M, obțin raza inelului luminos de ordin k: $n_1 \frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda, \quad r_k = \sqrt{\frac{R\lambda}{2n_1}} (2k-1), \quad k=0,1,2,\dots$ - din condiția de <i>minim de interferență</i> în punctul M, obțin raza inelului întunecat de ordin k: $n_1 \frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}, \quad r_k = \sqrt{\frac{R\lambda}{n_1}} k, \quad k=0,1,2,\dots$ - observă că după cum diferența de drum optic este un număr sau impar de semilungimi de undă, în punctul M este maxim sau minim de interferență, deci se poate scrie o singură formulă: $n_1 \frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = k \frac{\lambda}{2}$, în care valorile pare ale lui k corespund franjelor luminoase și valorile impare ale lui k corespund franjelor întunecoase; - calculează raza unui inel în aceste condiții: $r_k = \sqrt{\frac{R\lambda}{2n_1}} (k-1), \quad k=1,2,3,\dots$ - din ultima formulă, pentru $k=1$ obțin $r_1=0$, adică în punctul de contact între lentilă și placă apare un minim de interferență.
• Invită elevii să utilizeze aplicația interactivă AEL care simulează obținerea inelelor lui Newton și cere elevilor să analizeze starea de interferență în funcție de:  - modificarea lungimii de undă (roșu, galben, albastru, verde); - modificarea razei lentilei plan convexe; - modificarea indicilor de refracție ai lentilei (n_1), ai penei optice (n_2) și ai lamei (n_3).	• Utilizează softul educațional care simulează obținerea inelelor lui Newton: - modifică lungimea de undă (λ) și observă inele colorate în culoarea lungimii de undă respective și inele întunecate, iar raza inelelor depinde de valoarea lungimii de undă; - modifică razei lentilei plan convexe și observă că raza inelului de ordin k scade dacă raza lentilei scade, dar în același timp crește numărul inelelor care se formează (inelele se îndesesc spre margine); - dacă modifică cei trei indici de refracție constată că se modifică aspectul figurii de interferență, în funcție de relația dintre indicii de refracție, în centrul figurii poate să se formeze minim sau maxim de interferență.
• Cere elevilor să esențializeze concluziile privind dispozitivele interferențiale, urmărind ideile: - obținerea undelor coerente; - interferență constructivă și distructivă; - interferență nelocalizată și localizată; - utilizarea unor dispozitive interferențiale simple;	• Formulează (în perechi) constatările/ concluziile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - obținerea undelor coerente este posibilă prin <i>divizarea luminii provenită de la o singură sursă</i> (divizarea frontului de undă, formarea a două imagini ale aceleiași surse luminoase, folosirea unei surse luminoase și a unei imagini a sa); - rezultatul interferenței este un <i>maxim – interferență constructivă</i> (franje luminoase), respectiv, un <i>minim – interferență distructivă</i> (franje întunecate), după cum de diferența de drum optic dintre unde care interferă este un număr <i>par sau impar de semilungimi de undă</i>; - interferența este <i>nelocalizată</i> dacă rezultatul interferenței este observabil pe un ecran care poate fi așezat oriunde în câmpul de interferență (franje sunt

	rectilinii, paralele și echidistante), iar în cazul interferenței <i>localizate</i> franjele de interferență sunt inele concentrice localizate la infinit (franje de egală înclinare) sau sunt drepte, paralele și echidistante localizate pe pelicule subțiri (franje de egală grosime); - <i>utilizarea unor dispozitive interferențiale simple are ca scop determinarea cu precizie a lungimilor de undă ale radiațiilor luminoase, a grosimilor lamelor transparente foarte subțiri și a indicilor de refracție al materialelor din care sunt confecționate lamele transparente.</i>
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor: 1. Să se analizeze și să rezolve următoarea situație: Se studiază inelele lui Newton în lumină reflectată cu lungimea de undă λ. În locul lentilei plan convexe se folosește o lentilă biconvexă. S-a măsurat pentru raza inelului întunecat de ordinul k valoarea r_1, atunci lentila s-a așezat cu una dintre fețe pe lama de sticlă și valoarea r_2, atunci când lentila s-a așezat cu cealaltă față pe lama de sticlă (indice de refracție n). Calculați distanța focală a lentilei.	• Efectuează tema pentru acasă.

Lecția 7

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <i>prelegere intensificată</i>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate, să distingă reguli/ patern-uri în informațiile obținute prin efectuarea temei pentru acasă, să prezinte rezultatele;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.; - aplică formula pentru raza unui inel întunecat $r_k = \sqrt{k\lambda R} \text{ și exprimă raza unei fețe a lentilei } R = \frac{r_k^2}{k\lambda};$ - obțin astfel razele de curbura ale celor două fețe ale lentilei: $R_1 = \frac{r_1^2}{k\lambda}$, respectiv, $R_2 = \frac{r_2^2}{k\lambda}$; - din formula lentilelor subțiri determină distanța focală a lentilei: $f = \frac{r_1^2 r_2^2}{k\lambda(n-1)(r_1^2 + r_2^2)}$; - este o posibilitate de determinare, fie a distanței focale a lentilei (ca în acest caz), fie a lungimii de undă a luminii folosite (în cazul în care se cunoaște distanța focală a lentilei).
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): studiul interferenței localizate - inelele lui Newton- lucrare de laborator.	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete).
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): obținerea inelelor lui Newton.

(obținerea undelor coerente prin divizarea amplitudinii, norme de protecția muncii în laborator etc.);																																				
• Cere elevilor să studieze experimental producerea inelelor lui Newton și să determine : 1. raza de curbură a lentilei plan convexe dacă se cunoaște lungimea de undă a inelelor luminoase; 2. lungimea de undă a luminii folosite dacă se cunoaște distanța focală a lentilei plan convexe. <i>(lucrare de laborator – pe grupe)</i> • Oferă elevilor materiale și fișe de activitate experimentală pentru experiment: dispozitiv pentru producerea inelelor lui Newton, sursă de lumină(tub Geissler, spot luminos), filtre colorate, folie polietilenă gradată în 1/2mm, echer. (Stelian Ursu, Ion Toma, Rodica Ionescu, Cristina Onea, Ghid pentru lucrări practice pentru laboratorul de fizică, clasa a XI-a, Editura Radical, 1996) • Cere elevilor: 1. Determinarea razei de curbură a lentilei plan convexe, dacă se cunosc lungimile de undă ale radiațiilor folosite pentru obținerea inelelor lui Newton prin reflexie: -să realizeze montajul experimental, să producă și să observe inelele lui Newton prin reflexie; - să calculeze raza unui inel întunecat de ordin k, când observarea prin reflexie a inelelor lui Newton se face sub un unghi de incidență i pe o suprafață ce delimitează pana de aer; - să măsoare în lumina dată de tubul Geissler diametrele inelelor întunecate și să înregistreze în același timp și ordinul inelului; - să repete experimentul pentru mai multe valori ale unghiului de incidență i, privind în lungul ipotenuzei unui echer; - să înregistreze datele experimentale într-un tabel; -să reprezinte grafic $\sqrt{k} = f(d_k)$; - să calculeze panta graficului; - să determine raza de curbură a lentilei plan convexe, cunoscând lungimile de undă ale inelelor luminoase; - să medieze rezultatele obținute din graficele trasate; 2. Determinarea lungimii de undă a luminii folosite pentru obținerea prin reflexie a inelelor lui Newton, dacă se cunoaște distanța focală a lentilei plan convexe: - să reia toate determinările experimentale pentru obținerea prin reflexie a inelelor lui Newton, dar de data aceasta, elevii cunosc raza de curbură a lentilei plan convexe și trebuie să folosească o sursă de lumină cu lungimea de undă necunoscută.	• Organizați în grupuri de lucru, elevii: citesc cu atenție instrucțiunile din fișa de activitate experimentală și pun întrebări pertinente profesorului; selectează și organizează corespunzător materialele necesare desfășurării experimentului; efectuează determinări experimentale. • Organizați în grupuri de lucru, elevii: - efectuează experimentul în condițiile cerute în fișa de activitate experimentală; - folosesc același raționament ca în cazul unui fascicul de lumină monocromatică, care cade perpendicular pe lentilă, dar țin cont că observarea prin reflexie a inelelor lui Newton se face sub un unghi de incidență i față de suprafața plană a lentilei plan convexe: diferența de drum optic pentru o pană de aer de grosime d are în această situație expresia $\delta = 2d \cos r + \frac{\lambda}{2}$, iar din condiția de minim de interferență $\frac{r_k^2}{R} \cos r + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$, obțin raza inelului întunecat de ordin k: $r_k = \sqrt{\frac{R\lambda}{\cos r}} k$ - sesizează că, deoarece observarea inelelor se face privind în lungul ipotenuzei unui echer (privind razant cu ochiul liber) $i=90^0$, $\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r} = \frac{\sqrt{n^2 - 1}}{n}$; - găsesc raza inelului întunecat de ordinul k: $r_k = \sqrt{\frac{R\lambda n}{\sqrt{n^2 - 1}}} k$, unde n este indicele de refracție al sticlei; - măsoară în lumina dată de tubul Geissler (roșii la tubul cu neon, verzi sau violete la cel cu argon și vapori de mercur) diametrele inelelor întunecate și înregistrează în fiecare caz și ordinul inelului; - datele experimentale sunt înregistrate într-un tabel: a. Lumină roșie aprinsă, $\lambda_r = 640,2\text{nm}$ <table><tr><th rowspan="2">Ordinul</th><th>$d_k(\text{mm})$</th><th>$d_k(\text{mm})$</th><th>$d_k(\text{mm})$</th></tr><tr><th>Exp.I (i_1)</th><th>Exp.II(i_2)</th><th>Exp.III(i_3)</th></tr><tr><td>k=0</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>k=1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>k=2</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>k=3</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>k=4</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>k=5</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>k=6</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> b. Lumină verde, $\lambda_{ve} = 579\text{nm}$, același tabel c. Lumină violetă, $\lambda_{vi} = 491,6\text{nm}$, același tabel - trasează graficul (prin puncte) $\sqrt{k} = f(d_k)$ și verifică liniaritatea graficului; - calculează panta dreptelor obținute $\tan \alpha = \frac{\sqrt{k}}{d_k} = \frac{\sqrt{k}}{2r_k}$; - calculează raza de curbură lentilei plan convexe.	Ordinul	$d_k(\text{mm})$	$d_k(\text{mm})$	$d_k(\text{mm})$	Exp.I (i_1)	Exp.II(i_2)	Exp.III(i_3)	k=0				k=1				k=2				k=3				k=4				k=5				k=6			
Ordinul	$d_k(\text{mm})$		$d_k(\text{mm})$	$d_k(\text{mm})$																																
	Exp.I (i_1)	Exp.II(i_2)	Exp.III(i_3)																																	
k=0																																				
k=1																																				
k=2																																				
k=3																																				
k=4																																				
k=5																																				
k=6																																				

	$R = \frac{\sqrt{n^2 - 1}}{4n\lambda \cdot \text{tg}^2 \alpha};$ - calculează valoarea medie a rezultatelor obținute; - interpretează rezultatele, identifică sursele de erori și calculează erorile; - realizează și prezintă referatul lucrării de laborator; - reiau toate determinările experimentale pentru obținerea prin reflexie a inelelor lui Newton, dar de data aceasta cunosc raza de curbură a lentilei plan convexe, dar folosesc o sursă de lumină cu lungimea de undă necunoscută; - determină în același mod lungimea de undă necunoscută.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor: a. să redacteze, pe baza caietelor de notițe, <i>referatul lucrării</i> realizate, oferind următoarea structură pentru acesta: 1. <i>Preambul/ Teoria lucrării</i> (definiții ale mărimilor fizice utilizate, enunțuri de legi/ teoreme, descrierea metodei folosite); 2. <i>Materiale necesare</i>; 3. <i>Modul de lucru</i> (operații de măsurare, de calcul, de înregistrare a datelor în tabele, grafice); 4. <i>Date experimentale</i> (tabel de date, prelucrarea datelor, calculul erorilor); 5. <i>Concluzii</i> (enunțuri generale, validarea unui enunț). b. să se informeze, documenteze și să prezinte referatul științific privind <i>Interferența luminii în natură și tehnică</i>, oferind următoarea structură pentru acesta: 1. Introducere; 2. Considerații generale asupra temei abordate; 3. Prezentarea domeniilor de aplicații ale interferenței luminii cu selectarea a ceea ce este deosebit; 4. Interpretarea personală și concluziile constatăte; 5. Oportunitatea surselor bibliografice.	• Efectuează tema pentru acasă.

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 8

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea <i>temelor efectuate acasă</i> și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile</i>	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.;

de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (interferența luminii, norme de protecția muncii în laborator etc.);																			
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): aplicații ale fenomenului de interferență în natură și tehnică;	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă;																		
• Prezintă elevilor criteriile de evaluare a referatului: <table border="1" data-bbox="244 427 782 1182"> <thead> <tr> <th colspan="2">Criterii de evaluare</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Aspect general</td><td>Modul de realizare a referatului (coperta cu titlul și datele autorului, paginatie, etc.)</td></tr> <tr> <td>Redactarea referatului</td></tr> <tr> <td>Prezentarea bibliografiei</td></tr> <tr> <td rowspan="7">Conținut</td><td>Argumentarea temei</td></tr> <tr> <td>Conținutul (corect, riguros, etc.)</td></tr> <tr> <td>Utilizarea unui limbaj corect și a limbajului de specialitate;</td></tr> <tr> <td>Structura conținutului (adecvată, haotică)</td></tr> <tr> <td>Respectarea planului de lucru</td></tr> <tr> <td>Existența și calitatea desenelor, schemelor, fotografiilor etc.</td></tr> <tr> <td>Opinii personale cu privire la tema în discuție</td></tr> <tr> <td rowspan="3">Mod de prezentare</td><td>Coerență, corectitudine și fluentă în prezentare</td></tr> <tr> <td>Prezentare liberă, cvasiliberă, Power Point</td></tr> <tr> <td>Răspunsurile formulate de elev la întrebările profesorului și ale colegilor (corect argumentate)</td></tr> </tbody> </table>	Criterii de evaluare		Aspect general	Modul de realizare a referatului (coperta cu titlul și datele autorului, paginatie, etc.)	Redactarea referatului	Prezentarea bibliografiei	Conținut	Argumentarea temei	Conținutul (corect, riguros, etc.)	Utilizarea unui limbaj corect și a limbajului de specialitate;	Structura conținutului (adecvată, haotică)	Respectarea planului de lucru	Existența și calitatea desenelor, schemelor, fotografiilor etc.	Opinii personale cu privire la tema în discuție	Mod de prezentare	Coerență, corectitudine și fluentă în prezentare	Prezentare liberă, cvasiliberă, Power Point	Răspunsurile formulate de elev la întrebările profesorului și ale colegilor (corect argumentate)	• Organizați în grupe, prezintă în clasă referatul științific și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.; Tema referatului: Interferența luminii în natură și în tehnică Planul de lucru: 1. Argumentul lucrării. 2. Prezentarea, prin comparație, a interferenței nelocalizate și a interferenței localizate. 3. Exemple de situații, unde se observă adeseori fenomenul de interferență în natură (descriere, explicații, desene schematice, imagini, culorile lamelor subțiri). 4. Aplicații în tehnică ale interferenței localizate: informațiile obținute din studierea deplasării sistemului de franje(determinarea grosimii unor piese transparente alcătuite din materiale cu indice de refracție cunoscut, a indicelui de refracție când se cunoaște grosimea, a lungimii de undă când se cunosc n și d), verificarea planeității suprafețelor, optica albastră, filtrele interferențiale, etc. 5. Utilizarea unor dispozitive interferențiale în determinarea unor caracteristici ale luminii (interferometre cu două fascicule, interferometre cu fascicule multiple): măsurarea precisă a distanțelor, măsurarea precisă a unghiurilor (distanțelor unghiulare dintre stelele duble, diametrul unghiular stelar, determinarea dimensiunilor unor particule submicroscopice), controlul calității suprafețelor polizate (oglinzi, lentile) ale sistemelor optice), holografia (producerea și observarea unei holograme). 6. Bibliografie
Criterii de evaluare																			
Aspect general	Modul de realizare a referatului (coperta cu titlul și datele autorului, paginatie, etc.)																		
	Redactarea referatului																		
	Prezentarea bibliografiei																		
Conținut	Argumentarea temei																		
	Conținutul (corect, riguros, etc.)																		
	Utilizarea unui limbaj corect și a limbajului de specialitate;																		
	Structura conținutului (adecvată, haotică)																		
	Respectarea planului de lucru																		
	Existența și calitatea desenelor, schemelor, fotografiilor etc.																		
	Opinii personale cu privire la tema în discuție																		
Mod de prezentare	Coerență, corectitudine și fluentă în prezentare																		
	Prezentare liberă, cvasiliberă, Power Point																		
	Răspunsurile formulate de elev la întrebările profesorului și ale colegilor (corect argumentate)																		
• Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea portofoliului, pentru evaluarea rezultatelor finale, vizând competențele cheie²⁹;	• Prezintă portofoliile, expun produsele realizate, evaluează lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în protocolul de evaluare;																		
• Anunță verificarea orală/ testul scris pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe competențele specifice înscrise în programele școlare, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/																			

²⁹ **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în **anexele** unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele însușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

38. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);

39. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);

40. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);

41. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

de rezolvare de probleme;	
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), vizând acțiuni colective în afara clasei, legătura noțiunilor însușite în cadrul unității de învățare parcurse cu temele/ proiectele viitoare etc.	• *Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, la întâlniri cu responsabili ai administrației școlare/ locale, să informeze factori de decizie locali cu privire la calitatea unor produse, măsuri de protecție a mediului, a propriei persoane și altele.

Bibliografie

- (1) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006
- (2) Societatea de științe fizice și chimice din România, *Probleme rezolvate de fizică*, Editura Universul , București, 1993
- (3) Stelian Ursu, Ion Toma, Rodica Ionescu, Cristina Onea, *Ghid pentru lucrări practice pentru laboratorul de fizică*, clasa a XI-a, Editura Radical, 1996
- (4) *Manuale alternative*: Rodica Ionescu-Andrei, Cristina Onea, Ion Toma, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Grup Editorial ART, București, 2007; Simona Bratu, Adrian Motomancea, Ion Apostol, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Didactică și Pedagogică, București, 2006; Daniel Ovidiu Crocna, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Sigma, București, 2006; Constantin Mantea, Mihaela Garabet, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura BIC ALL, București, 2006; Mihai Popescu, Valerian Tomescu, Smaranda Strazaboschi, Mihai Sandu, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura LVS crepuscul, București, 2006; Octavian Rusu, Constantin Trăistaru, Livia Dinică, Constantin Gavrila, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura Corint, București, 2006

Unitatea de învățare: XI.14

Difracția luminii

sau

Marginile umbrei unui obiect sunt estompate? (trecerea de la întuneric la lumină este bruscă ?)

sau

De ce suprafața unui compact disc apare colorată în culorile curcubeului?

Dorina Cucu

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 5

Conținuturi repartizate unității de învățare: Difracția luminii la marginea unui paravan; Difracția printr-o fantă în lumină paralelă (difracția Fraunhofer); Difracția luminii prin rețeaua de difracție; Aplicații ale difracției luminii în știință și în tehnică.

Modelul de învățare asociat: **INVESTIGAȚIA**

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației;
II. Explorare - Experimentare	2. Colectarea probelor, analizarea și interpretarea informațiilor;
III. Reflecție - Explicare	3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;
IV. Aplicare - Transfer	4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele investigației științifice** (definind competențe specifice), ca un grup de lecții lansate de o întrebare deschisă, învățarea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor investigației. Procesul cognitiv central este *analogia cu anticiparea efectului* (dezvoltarea noilor cunoștințe prin descoperirea mijloacelor/ variabilelor a căror manevrare/ control conduce la efectul/ rezultatul dorit).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o observație neașteptată, și anume: „*Marginile umbrei unui obiect sunt estompate?*”. Pe parcurs, gândirea elevilor se va dezvolta către ideea: „*Lumina ocolește obstacolele de dimensiuni comparabile ca ordin de mărime cu lungimea ei de undă*”.

Secvența I. Evocare-anticipare

Generic: *Ce știu sau cred eu despre asta?*

Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 1. Formularea întrebării și avansarea ipotezelor alternative, examinarea surselor de informare și proiectarea investigației.

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare).

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *planificare sau anticipare*. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): încadrarea fenomenului	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale privind comportarea undelor luminoase atunci când

de difracție a luminii într-un concept mai cuprinzător (fenomene electromagnetice, optica ondulatorie), aspecte istorice ale descoperirii și studierii fenomenului de difracție a luminii (originea cuvântului difracție, Francesco Grimaldi, Auguste Fresnel, Joseph von Fraunhofer, etc.), metoda zonelor Fresnel utilizată în studiul fenomenului, produse tehnologice (rețeaua de difracție, spectroscopul cu rețea de difracție, etc.);	întâlnesc în calea lor diverse obstacole (pană, fir de păr, frunzișul des al unui arbore etc.);
• Evocă întrebarea de investigat din „Jurnalul de observații științifice” (la dispoziția elevilor în clasă): „<i>Marginile umbrei unui obiect sunt estompate?</i>” și cere elevilor să găsească explicații/ răspunsuri/ ipoteze alternative la întrebare, privind cauzele fenomenului observat;	• Formulează ipoteze (răspunsuri) la întrebare, întrebări, de exemplu: de exemplu: „oare nu este o iluzie optică?”; „probabil că razele de lumină se curbează în apropierea obiectelor”; „probabil că trecerea de la umbră la lumină depinde de mărimea obiectelor a căror umbră o observăm” și altele;
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor (caracterul de undă al luminii, principiul Huygens-Fresnel, intensitatea luminii într-un punct, etc.), <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice</i> (trecerea luminii la marginea obiectelor este un alt fenomen decât refracția), <i>nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator, caracterul de undă al luminii, comportarea acesteia la interacțiunea cu obstacolele întâlnite, măsurători ale lungimii de undă a unei radiații monocromatice, asemănări și deosebiri între interferență și difracție, etc.);	• Evocă/ exersează enunțul principiului Huygens-Fresnel/construcția lui Huygens, exprimă matematic intensitatea luminoasă într-un punct, condițiile de maxim și de minim de interferență, evidențiază caracteristicile franjelor de interferență obținute pe ecran în cazul folosirii dispozitivului lui Young; măsurarea interfranței, a lărgimii figurii de interferență, etc.
• Îndrumă elevii să proiecteze verificarea ipotezelor formulate de ei; orientează gândirea elevilor către identificarea naturii ondulatorii a luminii și a mărimilor fizice caracteristice (lungime de undă, fază, intensitatea undei într-un punct, etc.) care pot face distincție între ipotezele formulate;	• Disting situații care ar putea fi avute în vedere (variabilele de controlat: dimensiunile obstacolelor, lungimea de undă a luminii, pătrunderea luminii în zona de umbră a obstacolelor), pentru a explica ocolirea de către lumină a obstacolelor întâlnite (dimensiunile obstacolelor, lungimea de undă a luminii, etc.) • Alcătuiesc grupuri de lucru în funcție de variantele de răspuns sau de preferințe;
• Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse.³⁰ a. Experimente: <i>Construirea unui spectroscop cu rețea de difracție; Studiul difracției luminii prin fereastra transparentă (element de siguranță) a unei bancnote;</i> b. Referate științifice legate de: - b1. Istoria fizicii „Jean Augustin Fresnel și oglinda crestată”; - b2. Aplicații tehnologice: „Influența difracției asupra calității imaginii	• Identifică produse pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Negociază cu profesorul conținutul și structura portofoliului, convin modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.);

³⁰ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Eseu literar/ plastic pe temele studiate etc.

obținute cu microscopul”; Spectroscopul cu rețea de difracție”; b3. Interdisciplinaritate: „Inelele de difracție ale corpurilor cerești” ; „Difracția undelor radio în atmosfera terestră”; c. Filme, fotografii cu tema: „Difracția luminii observată în natură”; d. Prezentare PowerPoint cu tema: „Comparație între difracția Fraunhofer și difracția Fresnel”;	
• Consultă elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare);³¹	• Evocă semnificațiile, accesibilitatea, relevanța criteriilor de evaluare a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să planifice verificarea ipotezelor, să extragă informații de tipul „Ce este?” (umbra și penumbra, rețeaua de difracție, puterea de separare a unui instrument optic, etc.) și „Ce se întâmplă?” (la trecerea luminii la marginea unui obstacol, la trecerea luminii printr-un orificiu foarte îngust, etc.).	• Efectuează tema pentru acasă - având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 2. Colectarea probelor, analizarea și interpretarea informațiilor.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; Lecție de formare a priceperilor și deprinderilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: analogie cu anticiparea efectului. Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

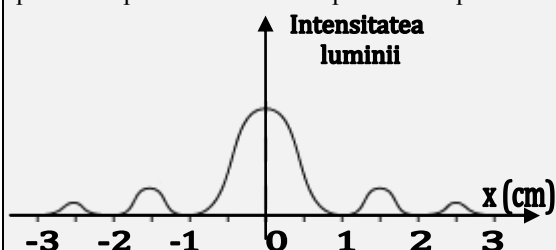
Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor (construcția lui Huygens, condițiile de maxim și minim de interferență, etc.), preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează ipotezele propuse, modalitățile de verificare, evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.;

³¹ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.);	
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): difracția luminii la marginea unui paravan, difracția luminii paralele printr-o fantă (difracția Fraunhofer), zonele lui Fresnel, rețeaua de difracție, aplicații ale fenomenului de difracție, etc.;	
• Oferă elevilor materiale: bancuri optice, becuri, lasere didactice (de mică putere), paravane cu o fantă (se vor folosi fante având diverse deschideri), lentile convergente cu suport, ecrane și cere elevilor (pe baza schemei montajului experimental desenat pe tablă): - să realizeze montajul experimental folosind becul/laserul; - să selecteze dintre distanțele bec-lentilă convergentă folosite, acea distanță care permite obținerea unei figuri de difracție cât mai clare; - să observe diferențele dintre figurile de difracție formate la folosirea becului și apoi a laserului; - să modifice, în cadrul fiecărui experiment, distanța dintre paravanul cu fantă și ecran; - să descrie figura de difracție și să o compare cu figura de interferență; - să măsoare lărgimea maximului central de difracție (în cazul folosirii laserului) și să observe cum depinde ea de deschiderea fantei; - să înregistreze și să comunice observațiile realizate și ipotezele cu privire la: - o aspectul figurii de difracție; - o dependența dintre lărgimea franjelor de difracție și deschiderea fantei;	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii: - realizează montajele experimentale prezentate; - înregistrează diferențele dintre figurile de difracție obținute prin folosirea becului/laserului; - modifică distanțele bec-lentilă, schimbă fantele, efectuează experimentele cu bec/laser, în condițiile solicitate de profesor;
• Cere elevilor să comunice observațiile;	• Organizați în grupuri de lucru, elevii constată că: ▪ se formează pe ecran franje de difracție, maximul central fiind cel mai intens; intensitățile celorlalte maxime scad pe măsura distanțării lor față de maximul central; - franjele de difracție obținute la folosirea becului ca sursă de lumină sunt colorate în culorile spectrului; franjele de difracție sunt cu atât mai largi cu cât deschiderea fantei este mai mică; • Dacă și-au încheiat activitatea, elevii se reorientează către grupurile ale căror investigații sunt în curs de desfășurare;
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor, organizați în grupurile de lucru stabilite, să conceapă experimente (de ex., <i>să studieze difracția luminii solare prin orificiul practicat cu un ac de gămlie într-o foiță de staniol și să compare figura obținută cu aceea pe care o observă când în foiță sunt practicate două orificii plasate la câțiva mm unul de celălalt</i>) pentru a răspunde la un set de întrebări:	• Efectuează tema pentru acasă, ca răspunsuri la întrebări.

În figura de mai jos este reprezentată dependența intensității luminii pe ecran în funcție de poziția punctelor pe ecranul aflat în spatele unui paravan.



- precizați dacă paravanul are una sau mai multe fante;
- ce diferență există între graficul corespunzător situațiilor în care paravanul are o fantă respectiv două fante?
- care este lățimea maximului central?

Secvența a III-a. Reflecție-explicare

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

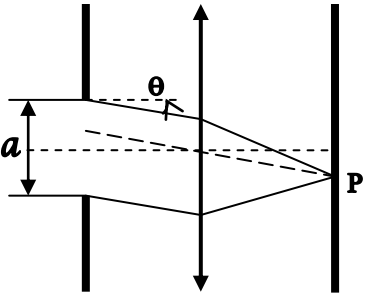
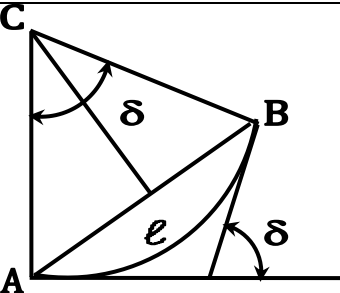
Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 3. Testarea ipotezelor alternative și propunerea unei explicații;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemple (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; • Analizează datele credibile, argumentează alegerile și reunesc într-un tabel comun masele și volumele măsurate pentru corpurile puse la dispoziție, incluzând măsurătorile pentru apă și adaugă o coloană a rapoartelor masă/ volum;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): să distingă un patern (model, regulă) folosind zonele lui Fresnel pentru a putea explica de ce trecerea de la umbră la lumină nu se face brusc.	• Formulează ipoteze privind dependența intensității luminoase de poziția punctelor pe ecran, defazajul dintre undele secundare care se suprapun în limitele maximului central, etc.;
• Cere elevilor să reprezinte diagrama fazorială a intensităților câmpurilor electrice emise de zonele imaginare în care a fost împărțit frontul unei incidente tangent la paravanul cu fantă și care se suprapun într-un punct de pe ecran, câmpuri provenite de la undele secundare emise sub unghiul θ și să determine intensitatea luminoasă într-un punct P de pe ecran. Precizează elevilor că zonele lui Fresnel se obțin trasând cercuri ale căror raze diferă una de	• Construiesc diagrama fazorială pentru un număr de 4 zone, analizând contribuția fiecărei zone la intensitatea luminoasă a punctului P; • Analizează comparativ situația în care numărul zonelor lui Fresnel este mai mic cu cea în care numărul zonelor este foarte mare; • Constată că: ☞ zonele imaginare în care a fost împărțit frontul unei incidente emit unde secundare, între undele emise de o sursele dintr-o zonă existând mici

cealaltă prin $\lambda/2$, deci două zone alăturate vor trimite în punctul P unde aflate în opoziție de fază; 	diferențe de fază (practic undele emise de sursele secundare dintr-o zonă ajung în fază în punctul P); ☞ la un număr mic de zone diagrama fazorială are forma unei porțiuni dintr-un poligon cu mai multe laturi; ☞ la un număr mare de fâșii diagrama fazorială devine un arc de cerc de lungime ℓ; • Determină: ☞ diferența de drum dintre razele marginale ce cad pe fantă (ce trec la limitele superioară și inferioară ale fantei); ☞ diferența de fază δ dintre razele de lumină marginale; ☞ intensitatea luminii în punctul P de pe ecran, cunoscând că ea este proporțională cu pătratul amplitudinii intensității câmpului electric rezultant; 
• Precizează elevilor că folosind metoda zonelor lui Fresnel (sau principiul Huygens-Fresnel) se poate explica pătrunderea luminii în zona de umbră a obstacolului și că fenomenul este dependent de dimensiunile obstacolului; definește difracția luminii ca fenomenul prin care lumina ocolește obstacolele întâlnite, pătrunzând în zona lor de umbră, fenomen ce se poate evidenția când dimensiunile obstacolelor sunt comparabile ca ordin de mărime cu lungimea de undă a luminii; apoi cere elevilor să transpună observațiile anterioare în explicarea experimentului efectuat în clasă;	• Reformulează constatările, aplicând metoda zonelor lui Fresnel (sau principiul Huygens-Fresnel) și determinarea (cantitativă sau calitativă a distribuției intensității luminii pe ecran); • Constată că undele secundare provenite de la zonele Fresnel, după trecerea prin fantă, interferă; • Reformulează observațiile din etapa de explorare-experimentare și propun explicații sub forma unor <i>generalizări (inducții)</i>: ☞ maximul central este cel mai intens pentru că, în acest caz $\theta = 0$ și toate undele secundare ajung în fază (diagrama fazorială conține doar vectori având aceeași direcție și același sens) ☞ maximele secundare au intensități din ce în ce mai mici (cu cât unghiul θ crește, intensitatea luminoasă în punctul P scade); • Formulează enunțul (relația, legea) conform căruia lumina ocolește obstacolele având dimensiuni comparabile cu lungimea ei de undă;
• Cere elevilor să revină la întrebarea de investigat: <i>Marginile umbrei unui obiect sunt estompate?</i> și cere elevilor să formuleze o explicație a fenomenului observat; • Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să răspundă la întrebări, cum sunt: 1. Pot fi separate fenomenele de difracție și de interferență? Justificați răspunsul vostru. 2. Folosindu-se o sursă laser ce emite lumină cu lungimea de undă $\lambda = 500 \text{ nm}$ și un paravan cu o fantă a cărei lărgime este egală cu $a = 1 \text{ mm}$, estimați care este valoarea unghiului θ pentru care intensitatea luminii în punctul P este egală cu zero.	• Formulează un argument la mirarea inițială: marginile umbrei unui obiect sunt estompate, deoarece, lumina pătrunde în zona de umbră a obiectului și figura observată este rezultatul compunerii undelor secundare; • Efectuează tema pentru acasă.

Secvența a IV-a. Aplicare

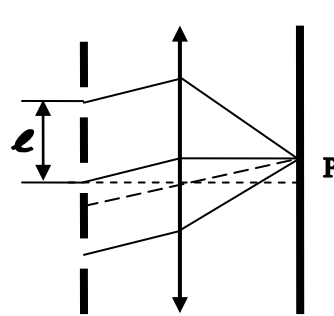
Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 4. Includerea altor cazuri particulare și comunicarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *deductiv*. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea rețelei de difracție, studiul difracției luminii albe și luminii laser prin rețeaua de difracție, măsurarea lungimii de undă a radiației laser, etc.);	• Organizați în grupuri, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare, evocă</i> dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): studiul rețelei de difracție, stabilirea condițiilor de maxim și minim de difracție la utilizarea rețelei de difracție, notarea lucrărilor efectuate de elevi;	• Constată că la obținerea rețelei de difracție zgârieturile rețelei de difracție reprezintă zone opace, iar spațiile dintre zgârieturi sunt transparente;
• Oferă elevilor materiale pentru experimentare (<i>banc optic, rețele de difracție, surse laser didactice, becuri, lentile convergente</i>), implicându-i în rezolvarea a noi probleme (<i>realizare montajului experimental desenat pe tablă și studiul figurii de difracție în noile condiții</i>), evaluarea procedurilor/ soluțiilor adoptate (<i>deducerea condițiilor de maxim și minim de difracție pentru explicarea figurii de difracție obținute</i>), stabilirea limitelor de aplicabilitate a conceptelor definite, realizarea de prezivțiuni (interpolări, extrapolări) <i>pe baza construcției lui Fresnel în cazul rețelei de difracție</i>: Ce concluzii păstrăm, ce concluzii eliminăm? (<i>De ce maximul central al figurii de difracție este alb, iar maximele secundare sunt colorate în culorile spectrului, în cazul în care pe rețea cade un fascicul paralel de lumină albă</i>) Este această explicație/ soluție mai bună decât alta?; Ce explicații/ soluții nu sunt încă susținute de probe? Ce soluție mai bună am putea adopta? Etc.	• Organizați în grupuri de lucru, elevii: - construiesc montajul experimental; - notează observațiile privind figurile de difracție obținute în cazul folosirii ca sursă de lumină a becului respectiv a laserului; - face ipoteze cu privire la distribuția pe ecran a intensității luminoase, având în vedere contribuția zonelor Fresnel  - construiesc montajul experimental; - notează observațiile privind figurile de difracție obținute în cazul folosirii ca sursă de lumină a becului respectiv a laserului; - face ipoteze cu privire la distribuția pe ecran a intensității luminoase, având în vedere contribuția zonelor Fresnel - construiesc montajul experimental pentru fiecare fantă a dispozitivului; - determină diferența de drum dintre două raze care se suprapun într-un punct P de pe ecran; - stabilesc condițiile de maxim și minim de difracție folosind rețeaua de difracție; - explică, folosind figura de difracție obținută în cazul în care pe rețea cade un fascicul paralel de lumină albă;
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), implicându-i în conceperea raportului final: cere elevilor să întocmească un scurt raport scris privind rezultatele investigațiilor proprii, oferind următoarea structură pentru acestea: 1. <i>Preambul/ Teoria lucrării</i> (definiții ale mărimilor fizice	• Asumă roluri în grupul de lucru, tipul de produs care va fi prezentat (construcții de dispozitive, lucrări de laborator, demonstrații/ determinări experimentale, rezolvare de probleme din culegeri, eseu, lucrări plastice și literare etc.), convin modul de prezentare (planșe, postere, portofolii, prezentări PowerPoint, filme și filmări proprii montate pe calculator etc.); avansează idei

utilizate, enunțuri de legi/ teoreme, descrierea metodei folosite); 2. <i>Materiale necesare</i> ; 3. <i>Modul de lucru</i> (operații de măsurare, de calcul, de înregistrare a datelor în tabele, grafice); 4. <i>Date experimentale</i> (tabel de date, prelucrarea datelor, calculul erorilor); 5. <i>Concluzii</i> (enunțuri generale, validarea unui enunț).	privind structura și conținutul raportului; • Negociază în grup conținutul și structura raportului final, convin modalitatea de prezentare (construcții, referat, eseu, poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.); • Întocmesc un scurt raport (oral, scris) privind rezultatele investigațiilor proprii, consecințe ale explicațiilor găsite.
---	---

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul investigației): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea rezultatelor;

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 5

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea <i>temelor efectuate acasă</i> și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute și valorificarea rezultatelor; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, <i>norme de protecția muncii în laborator</i> etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i> și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): aplicații ale fenomenului de difracție (spectroscopul cu rețea de difracție, influența difracției asupra formării imaginilor folosind diverse instrumente optice, etc.) în prezentarea și evaluarea raportului final;	
• *Cere elevilor să analizeze experimental difracția luminii prin fereastra transparentă a unei bancnote, să realizeze previziuni (interpolări, extrapolări) pe baza condițiilor de maxim și minim de difracție, să justifice de ce rețeaua cristalină poate fi considerată o rețea de difracție, etc.;	• <i>*Organizați în grupurile de lucru, elevii:</i> - efectuează experimentul de difracție a luminii prin fereastra transparentă a unei bancnote și formulează ipoteze privind rolul acestui element de siguranță al bancnotei.; - justifică de ce rețeaua cristalină poate fi considerată o rețea de difracție; - deduce ordinul de mărime al lungimii de undă al radiațiilor ce sunt difractate de un cristal;
• Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea raportului final (portofoliului) pentru <i>evaluarea rezultatelor finale</i>, vizând competențele cheie³²;	• Prezintă portofoliile/ produsele realizate/ rapoartele de lucru, expun produsele realizate, evaluează lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în <i>protocolul de</i>

³² **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în *anexele* unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele însușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

	evaluare;
• Anunță verificarea orală/ testul scris pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe <i>competențele specifice înscrise în programele școlare</i>, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;	
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă): de ex., explicarea <i>difracției luminii la reflexia pe un compact disc</i>, acțiuni colective în afara clasei, legături cu teme viitoare etc.	• <i>*Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, întâlniri cu responsabili ai administrației locale și altele.</i>

Bibliografie

- (19) Ionescu R., ș.a., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. Art, București, 2007
- (20) Cone G., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. Books Unlimited, București, 2007
- (21) ** *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*, Center for Science, Mathematics, and Engineering Education, The National Academies Press, Washington 2000;
- (22) Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
- (23) Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
- (24) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
- (25) Anthony Cody, <http://tlc.ousd.k12.ca.us/~acody/density1.html>;
- (26) David S. Jakes, Mark E. Pennington, H. A. Knodle, www.biopoint.com;
- (27) Marilyn Martello, <http://mypages.iit.edu/~smile/ph9613.html>;
- (28) <http://teachers.net/lessons/posts/1.html>;
- (29) <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
- (30) http://www.teach-nology.com/teachers/lesson_plans/science/physics/

-
42. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);
 43. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);
 44. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);
 45. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

Unitatea de învățare: XI.15

Polarizarea luminii

sau

De ce se recomandă, în zilele însorite, purtarea ochelarilor polarizi?

sau

Cum pot face să dispară fasciculul de lumină emis de un laser?

Dorina Cucu

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 4

Conținuturi repartizate unității de învățare: Noțiuni de bază. Obținerea luminii polarizate liniar: polarizarea prin reflexie; polarizarea prin birefrință. Legea lui Malus. Aplicații ale fenomenului de polarizare a luminii în știință și în tehnică

Modelul de învățare asociat: EXERCITIUL

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Prezentarea modelului (conceptual, procedural) de exersat;
II. Explorare - Experimentare	2. Identificarea/ analiza componentelor/ secvențelor modelului de exersat;
III. Reflecție - Explicare	3. Compararea cu modelul original;
IV. Aplicare - Transfer	4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe secvențele exercițiului (definind competențe specifice), ca o succesiune de lecții determinate de „cerința formării unei deprinderi complexe” (Cerghit, I. ș.a., 2001), învățarea plecând de la predarea conceptului/ modelului de însușit și progresând odată cu etapele formării unui „model real” al deprinderii. Procesul cognitiv central este *deducția* sau *particularizarea* (dezvoltarea noilor cunoștințe, prin studiul consecințelor modelului de însușit).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei poate fi declanșat de o situație-problemă: „O undă longitudinală trece printr-o fantă așezată în calea ei, indiferent de poziția planului fantei față de direcția de propagare a undei. În cazul undelor transversale, dacă direcția de propagare a undei este paralelă cu planul fantei, unda nu trece prin fantă. Ce consecințe are acest fapt asupra luminii, care este o undă transversală?”. Pe parcurs, gândirea elevilor se dezvoltă către conștientizarea modului în care și alte proprietăți (decât cele studiate anterior) ale undelor luminoase se pot schimba prin reflexie sau refracție, către înțelegerea fenomenelor ce explică întrebarea din titlu: „De ce se recomandă, în zilele însorite, purtarea ochelarilor polarizi?”.

Secvența I. Evocare-anticipare

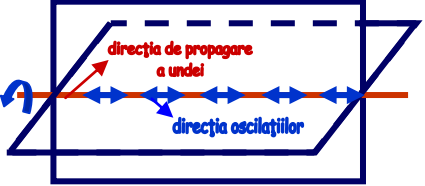
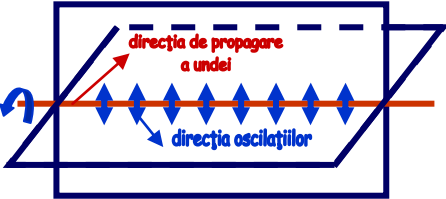
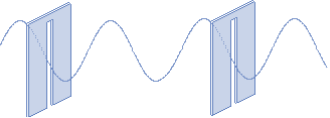
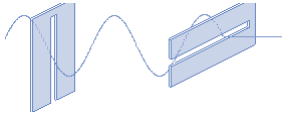
Generic: Ce știi sau cred eu despre asta?

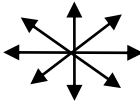
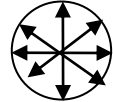
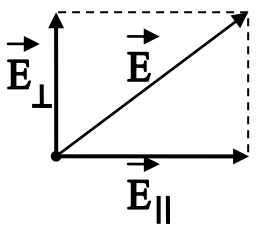
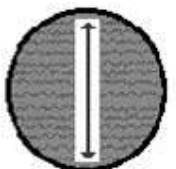
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 1. Prezentarea modelului (conceptual, material, procedural) de exersat;

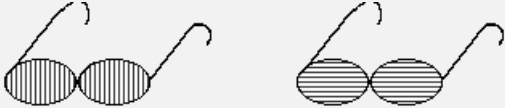
Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor, expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); lecție de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: planificare sau anticipare. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): - lumina – undă electromagnetică; → → - vectorii E și B oscilează în plane perpendiculare pe direcția propagare a undei; - la undele electromagnetice informația → luminoasă este purtată de vectorul E ; Unde longitudinale  Unde transversale  • Solicită elevilor să compare trecerea unei unde longitudinale printr-o fantă cu trecerea unei unde transversale printr-o fantă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor (unde longitudinale și unde transversale, proprietățile undelor electromagnetice, etc.), preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice (<i>ochelarii de soare absorb lumina, îi schimbă culoarea</i>), nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (relații între multipli și submultipli ai unităților de măsură, utilizarea unor dispozitive pentru studiul polarizării luminii: polarizorul și analizorul, norme de protecția activităților de laborator în care se utilizează laseri, etc.);	• Evocă observații proprii, comunică răspunsurile în clasă: - trecerea undelor mecanice transversale (unde formate într-o coardă fixată la un capăt prin punerea în oscilație a celuilalt capăt, pe o direcție perpendiculară pe coardă) printr-o fantă depinde de direcția oscilațiilor față de poziția planului fantei; - trecerea undelor mecanice longitudinale printr-o fantă ce conține coarda nu depinde de poziția planului fantei față de direcția oscilațiilor;  
• Comunică scopul prelegerii: definirea fenomenului de polarizare a luminii, explicarea noțiunii de grad de polarizare, clasificarea undelor luminoase după gradul lor de polarizare, prezentarea polarizorilor și cere elevilor să argumenteze în ce condiții se produce extincția razei de lumină ce interacționează cu un mediu polarizant;	• Evocă aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând direcțiile de oscilație ale vectorului luminos → (E) în cazul luminii ;
• Definește (operațional) fenomenul de polarizare a luminii: <i>fenomenul prin care se obțin</i>	• Formulează (în perechi) aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe

unde la care una dintre direcțiile de oscilație ale vectorului luminos (direcțiile de oscilație sunt conținute într-un plan perpendicular pe direcția de propagare a luminii – numit plan de oscilație) este privilegiată; starea de polarizare este determinată de curba descrisă de vârful vectorului luminos; cere elevilor să descrie oscilațiile vectorului luminos în cazul luminii naturale, a luminii parțial polarizate și a luminii total polarizate;	reprezentările tipurilor de lumină polarizată):  lumină naturală  lumină total polarizată  lumină parțial polarizată
Definește (operațional) noțiunea de grad de polarizare: $P = \frac{I_{\perp} - I_{\parallel}}{I_{\perp} + I_{\parallel}}$, în care $I_{\perp}$ și $I_{\parallel}$ sunt intensitățile undelor luminoase determinate de componentele vectorului luminos după două direcții perpendiculare ($I_{\parallel}$ paralelă cu planul de incidență al luminii și $I_{\perp}$ perpendiculară pe acest plan) și cere elevilor să precizeze intervalele de valori pe care le ia gradul de polarizare în cazul diverselor tipuri de lumină polarizată;	Formulează aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând oscilațiile vectorului luminos în planul de oscilație); Stabilește intervalele de valori ale gradului de polarizare: - $P = 0$ pentru lumina naturală pentru că $I_{\perp} = I_{\parallel}$ (nu există direcții privilegiate de oscilație ale vectorului $\vec{E}$); - $P \in (0, 1)$ pentru lumina parțial polarizată; - $P = 1$ pentru lumina total polarizată pentru că $I_{\parallel} = 0$;
Cere elevilor să facă presupuneri privind motivele care ar putea determina ca, la interacțiunea cu o substanță (prin reflexie sau refracție) lumina naturală se poate transforma în lumină parțial sau total polarizată, să argumenteze extincția sau diminuarea amplitudinii vectorului luminos pe anumite direcții de oscilație; 	Formulează aprecierile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete, apoi pe tablă, pe un desen reprezentând pârția): - prin reflexie sau refracție oscilațiile vectorului luminos ce au loc pe o direcție perpendiculară pe suprafața reflectantă sunt absorbite într-o măsură mai mare sau mai mică, în funcție de unghiul de incidență; - oscilațiile vectorului $\vec{E}$ care se produc după direcții paralele cu suprafața reflectantă sunt reflectate fără pierderi;
Comunică elevilor ideea că pentru obținerea luminii polarizate se utilizează dispozitive numite filtre polarizatoare (polaroizi) alcătuite dintr-un strat de polimer cu molecule organice lungi, aliniate sub forma unei rețele; precizează că filtrele polarizatoare se pot folosi ca polarizor (selectarea stării de polarizare) sau ca analizor (stabilirea stării de polarizare) și că doar componenta vectorului $\vec{E}$ perpendiculară pe moleculele de polimer (moleculele sunt sugerate de „dungile” din figura de mai jos) este transmisă; cere elevilor să efectueze un experiment (folosind: banc optic, sursă de lumină (laser), ecran și filtrele polarizatoare din trusa de optică) prin care să evidențieze extincția razei de lumină emise de sursa laser; sau le proiectează filmul: http://www.youtube.com/watch?v=E9qpbt0v5Hw  	Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete); Efectuează experimentul indicat;

• Implică elevii în conceperea portofoliului propriu, util evaluării finale, alcătuit după preferințe (profiluri cognitive, stiluri de învățare, roluri asumate într-un grup), cuprinzând temele efectuate în clasă și acasă și produse diverse;³³ 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint): a. Istoria fizicii: „Polarizarea luminii – de la Erasmus Bartholinus la Francois Arago”; „Piatra Soarelui instrument de navigație folosit de vikingi – mit sau realitate?”; „Edwin H. Land inventatorul polarizatorilor”; b. Interdisciplinaritate: „Polarizarea luminii în lumea necuvântătoarelor”; c. Aplicații tehnologice: „Polarizarea luminii și ecranele televizoarelor și calculatoarelor”; „Polarizarea luminii și tehnica fotografică”; d. Prezentări PowerPoint: „Polarizarea rotatorie și lumea cristalelor”; 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții;	• Identifică produse pe care ar dori să le realizeze și evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de realizare etc.; • Negociază cu profesorul conținutul și structura portofoliului, convîn modalitatea de prezentare (poster, prezentări multimedia, filmări etc.);
• Consultă elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare)³⁴;	• Evocă semnificațiile, accesibilitatea, relevanța criteriilor de evaluare a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele;
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le, de exemplu: 1. Să rezume ideile și constatările de până acum; 2. Presupuneti că aveți două filtre polarizante așezate unul în spatele celuilalt, primul fiind îndreptat spre soare. Dacă lumina solară nu trece prin al doilea filtru, cum sunt 	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

³³ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Esem literar/ plastic pe temele studiate etc.

³⁴ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

planele filtrelor unul față de celălalt? 3. Să precizeze ce componentă a vectorului luminos este transmisă de ochelarii cu filtre polarizatoare din figura de mai jos („dungile” sugerează direcția moleculelor polimerului din care este alcătuit filtrul) etc.	
--	--

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

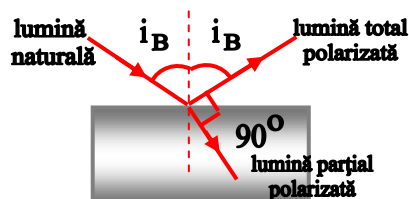
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Identificarea componentelor/ secvențelor modelului de exersat;

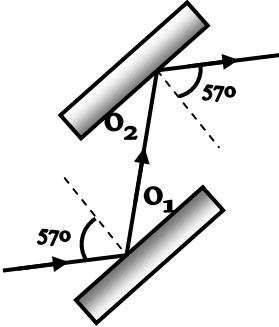
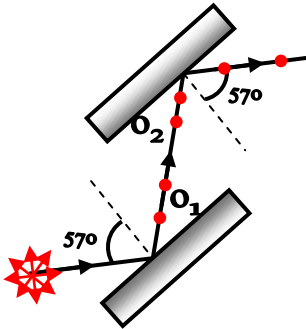
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea efectului; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: analogie cu anticiparea efectului. Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): polarizarea luminii prin reflexie, alcătuirea montajului experimental pentru studiul polarizării luminii prin reflexie (aparatură Nörrenberg), verificarea și enunțarea legii lui Brewster; norme de protecția muncii în laborator;	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete);
• Oferă elevilor materiale: surse de lumină albă, două oglinzi dielectrice cu rame laterale (se pot roti în jurul axului format din șuruburile ce susțin ramele), oglindă plană, diafragmă tip iris, ecran (aparatură Nörrenberg); sau le proiectează un film cu experimentul: http://www.youtube.com/watch?v=idONr4jIwTk&feature=related • Explică elevilor modul de lucru cu aparatul lui Nörrenberg, subliniind rolul oglinzilor O_1 (polarizor) și O_2 (analizor); • Solicită elevilor să efectueze experimentul descris și să verifice legea lui Brewster;	• Notează modul de lucru; • comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete) referitoare la rolul celor două oglinzi în cadrul experimentului, la planele de oscilație ale vectorului luminos înainte și după reflexia luminii pe oglindă; • Efectuează experimentul și determină unghiul de incidență Brewster;



	
• Enunță legea lui Brewster; • Solicită elevilor să precizeze, în condițiile în care raza de lumină cade pe O_1 sub unghiul de incidență brewsteriană, unghiul format între raza de lumină reflectată și cea refractată de O_1; • Precizează elevilor că raza de lumină refractată este parțial polarizată;	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - $\text{tgi}_B = \frac{n_2}{n_1}$; - demonstrează că raza de lumină reflectată O_1 și raza de lumină refractată sunt perpendiculare, în condițiile incidenței brewsteriene a luminii pe oglinda O_1;
• Definește extincția ca fenomenul prin care, după reflexia luminii pe cea de-a doua oglindă (analizor) raza reflectată dispare complet și cere elevilor să facă presupuneri privind cauzele producerii extincției;	• Formulează ipoteze și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - prin rotirea oglinzii O_2 în jurul razei de lumină reflectate de oglinda O_1, planul oglinzii analizoare nu mai este paralel cu planul oglinzii polarizatoare, devenind perpendicular; - vectorul luminos devine, în aceste condiții, perpendicular pe suprafața oglinzii O_2 și lumina este absorbită în urma reflexiei;
• Cere elevilor să explice orientarea vectorului luminos, pe tot parcursul razei de lumină, în experimentul cu polarizarea luminii prin reflexie și să stabilească în ce condiții lumina trece (fără extincție) de oglinda O_2; 	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): a) raza de lumină reflectată de O_1, la incidență brewsteriană, este total polarizată iar oscilațiile vectorului $\vec{E}$ au loc paralel cu suprafața reflectantă; b) există rază de lumină reflectată de oglinda O_2 atunci când planele de incidență ale luminii pe cele două oglinzi sunt paralele între ele c) se produce extincția razei de lumină reflectate de oglinda O_2 când planele de incidență ale luminii pe cele două oglinzi sunt perpendiculare;
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) 1. De ce nu se pot polariza undele longitudinale? 2. Pentru ce unghi de incidență a luminii provenite din aer, lumina reflectată de suprafața unui lac este total polarizată? Se cunoaște pentru apă $n_a = 1,33$. Folosiți calculatorul pentru rezolvarea acestei probleme. 3. Depinde unghiul de incidență brewsteriană de lungimea	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

de undă a luminii incidente? Justificați răspunsul vostru.	
--	--

Secvența a III-a. Reflecție-explicare

Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

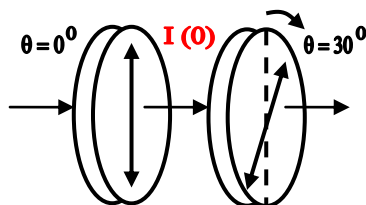
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Compararea cu modelul original;

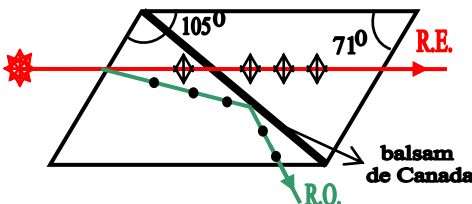
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor: comunicare, cognitive, sociale etc.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemplu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; stimulează elevii să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin efectuarea temei pentru acasă; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.);	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.;
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): legea lui Malus, fenomenul de birefrință, aplicații practice ale fenomenului de birefrință; norme de protecția muncii în laborator;	• Formulează ideile lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete);
• Revine asupra experimentului de determinare a unghiului de incidență brewsteriană și solicită elevilor să descompună amplitudinea câmpului electric al unde polarizate liniar reflectată de prima oglindă și care cade pe a doua oglindă, în două componente: una perpendiculară pe planul de incidență și alta paralelă cu planul de incidență; • Cere elevilor să exprime legătura dintre amplitudinea câmpului electric al unde transmise de polarizor și amplitudinea câmpului electric al unde transmise de analizor, în funcție de unghiul θ dintre planele de incidență ale luminii pe cele două oglinzi; • Enunță legea lui Malus și solicită elevilor să stabilească intensitatea luminii transmise de analizorul din figura alăturată, cunoscând că pe polarizorul având axa orientată la 0° cade lumină naturală, iar analizorul are axa rotită cu 30° față de verticală.	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete); • Găsesc relația: $E = E_0 \cdot \cos \theta$ și, folosind legătura dintre intensitatea unde și amplitudinea intensității câmpului electric al unde, participă la deducerea legii lui Malus; • Aplică legea lui Malus: $I = I_0 \cdot \cos^2 \theta$, repetând semnificația mărimilor care intervin în această lege și aplică legea pentru rezolvarea temei;



• Repetă cu elevii noțiunea de anizotropie și le prezintă elevilor detalii referitoare la axa optică a unui cristal ; • Definește fenomenul de birefrință (observat prima dată la cristalul de spat de Islanda) și le specifică proprietățile celor două raze de lumină (ordinară – de intensitate I_O și extraordinară – de intensitate I_E) referitoare la gradul lor de polarizare; • Prezintă elevilor filme ce pun în evidență dubla refracție: http://www.youtube.com/watch?v=WdrYRJfiUv0&feature=related http://www.youtube.com/watch?v=c87pj07VEGA&feature=related • Cere elevilor să specifice care dintre cele două raze de lumină respectă legile refracției; care este poziția planelor de oscilație ale vectorului luminos în cazul celor două raze de lumină; dacă o rază de lumină cade pe cristal de-a lungul axei optice a acestuia se produce fenomenul de birefrință?	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): - planele de oscilație ale vectorului luminos în cele două raze sunt perpendiculare unul față de celălalt; - raza ordinară respectă legile refracției, raza extraordinară încalcă aceste legi; - de-a lungul axei optice a cristalului indicii de refracție corespunzători celor două raze de lumină au valori egale; - raza de lumină ce cade pe cristal de-a lungul axei optice a acestuia nu suferă o dublă refracție;
• Pune elevii în situația de a răspunde la întrebarea: Pot fi separate razele ordinară și extraordinară? • Prezintă elevilor alcătuirea unui Nicol – dispozitiv ce permite separarea razelor ordinară și extraordinară;  • Specifică elevilor caracteristicile fizice ale materialelor ce alcătuiesc un Nicol (indici de refracție, axe optice, etc.); • Cere elevilor să analizeze mersul razelor ordinară (R.O.) și extraordinară (R.E.) și să facă referiri la <i>planul de trecere</i> al prisme pentru lumina total polarizată;	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): • Elevii observă că: - raza extraordinară R.E., având un alt indice de refracție decât raza ordinară R.O., este mai puțin deviată; - R.O. este reflectată total de stratul de balsam de Canada; - planul de trecere al prisme pentru lumina total polarizată conține axa optică a cristalului și R.E.;
• Prezintă elevilor informații despre fenomenele de <i>dicroism</i> (fenomenul prin care cristale ce prezintă fenomenul de birefrință absorb selectiv și inegal R.O sau R.E.) și <i>polarizare rotatorie</i> (fenomenul de rotire a planului de polarizare a luminii total polarizate de către substanțe numite <i>optic active</i>); • Clasifică substanțele optic active în <i>levogire</i> și <i>dextrogire</i>, după cum rotația planului de polarizare a luminii se face la stânga și, respectiv, dreapta. • Enumeră cristale ce prezintă fenomenul de dicroism și prezintă elevilor filme în care sunt înfățișate astfel de cristale (cum sunt turmalina și cordierita): http://www.youtube.com/watch?v=IO8IAxI1K3c http://www.youtube.com/watch?v=TzjKo7Cx2sQ&feature=related sau imagini referitoare la aceste cristale:	• Formulează constatările/ ipotezele lor și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete): • Elevii fac presupuneri referitoare la aplicațiile practice ale fenomenelor puse în discuție: - studiul structurii cristalelor, prin evidențierea birefrinței sau a activității lor optice (mineralogie); - investigarea proprietăților superficiale ale materialelor (<i>elipsometrie</i>) prin reflexia sau/și refracția undelor electromagnetice pe suprafețele analizate și studierea gradelor de polarizare a undelor reflectate/refractate; - măsurarea concentrației unor substanțe optic active în diverse soluții (de ex., măsurarea concentrației de glucoză în urină, utilizată în medicină); - dicroismul se utilizează la confecționarea polarizorilor;

	
• Implică elevii în discutarea aplicațiilor practice ale fenomenelor de dicroism și polarizare rotatorie; • Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să argumenteze, de exemplu: 1. Dacă lumina naturală cade pe un polaroid ce fracțiune din intensitatea luminoasă este transmisă? 2. În figura alăturată este reprezentat parcursul unei raze de lumină care cade normal pe fața AC a unei prisme, se reflectă pe fața CD și părăsește prisma perpendicular pe fața AB. Indicele de refracție al prisme este $n = \sqrt{3}$. Să se determine unghiul prisme astfel încât fasciculul reflectat în D să fie total polarizat.	• Efectuează tema pentru acasă (având posibilitatea să prezinte rezultatele în maniere diverse: eseu, poster, desen, demonstrații etc.).

Secvența a IV-a. Aplicare - transfer

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

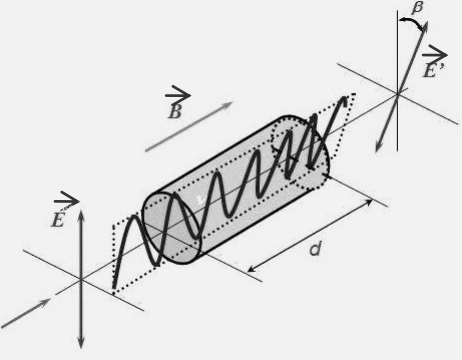
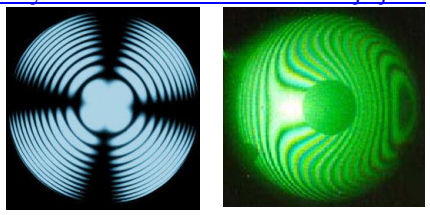
Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

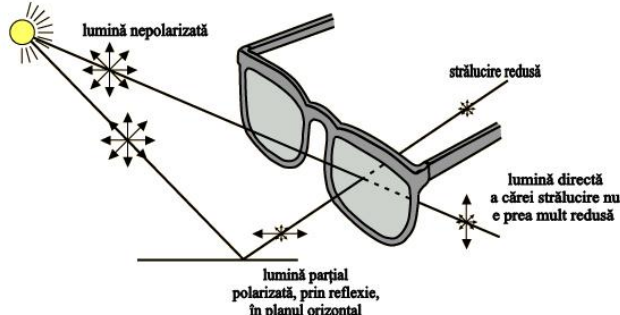
Competențe specifice (derivate din modelul exercițiului): 4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză, transfer, de percepție a valorilor, etc.; de învățare a procesului deductiv; de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor, de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: deductiv. Elevul observă o definiție a conceptului de însușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile. *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Metoda de organizare a activității de învățare: <u>prelegere intensificată</u>. 1. Activitatea pregătitoare: comunicarea scopului, evocare/ anticipare de către elevi, listarea punctelor lor de vedere; 2. Partea I a prelegerii; 3. Confruntarea cu răspunsurile elevilor: <i>La ce v-ați gândit? Ce ați constatat? Ce noutăți ați aflat?</i>; 4. Prelegerea continuă, sub aceleași secvențe, partea a II-a, a III-a etc.	
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate, să distingă reguli/ patern-uri în informațiile obținute prin efectuarea temei pentru acasă, să prezinte rezultatele; • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): aplicații ale fenomenului de polarizare a luminii în știință și tehnică;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare și evocă dificultăți/ probleme întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante, impactul noilor cunoștințe etc.;
• Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor detalii despre efectul Faraday sau polarizarea rotatorie magnetică (fenomen care constă în rotirea planului de polarizare a luminii într-un mediu optic izotrop introdus în câmp magnetic intens) • Orientează gândirea elevilor spre discutarea producerii efectului Faraday în ionosferă (pătura atmosferică situată între circa 80 km și 400 km altitudine), explicarea calitativă a acestui fenomen și aplicațiile lui practice; 	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete); • Elevii afirmă că: - ionosfera este în formată dintr-un amestec de ioni pozitivi, negativi, electroni liberi, fotoni și alte particule neutre din punct de vedere electric; - ionosfera este un mediu anizotrop, neomogen și conductor electric; - câmpul magnetic terestru deviază electronii liberi, imprimându-le mișcări ce au componente circulare; - ionosfera, plasată în câmp magnetic terestru, prezintă fenomenul de birefrință (indici de refracție diferiți pentru câmpurile electrice - ale undelor electromagnetice - cu direcții de oscilație diferite); - undele electromagnetice liniar polarizate ce pătrund în ionosferă se descompun în două componente polarizate eliptic în sensuri opuse și defazate; - la ieșirea din ionosferă, prin compunerea celor două componente eliptic polarizate și defazate, se obține o undă electromagnetică liniar polarizată pe o direcție diferită față de cea avută la intrarea în ionosferă; - rotirea planului de polarizare depinde de distanța parcursă de undă în ionosferă și de lungimea de undă a undelor;
• Prezintă elevilor detalii despre interferențria în lumină polarizată utilizată în studiul obiectelor transparente ce prezintă tensiuni interne; • Prezintă elevilor filme sau imagini legate de interferențria în lumină polarizată: http://www.youtube.com/watch?v=2mu42jtJjVU 	• Evocă observații, experiențe și comunică răspunsurile în clasă (notate pe caiete); • Elevii formulează concluzii: - razele de lumină care se suprapun trebuie să fie coerente; - amplitudinea câmpului electric al unde rezultate prin compunerea celor două unde coerente: $(\vec{E})^2 = (\vec{E}_1)^2 + (\vec{E}_2)^2 + 2\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2$ - undele să nu fie polarizate în plane reciproce perpendiculare, pentru că în această situație,

• Orientează gândirea elevilor spre discutarea condițiilor pe care trebuie să îndeplinească două raze de lumină liniar polarizate pentru ca, prin suprapunere, să formeze o figură de interferență;	termenul de interferență $2 \vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2$ devine nul și intensitatea luminoasă va avea aceeași valoare în orice punct din spațiu (deci nu se produce interferența);
• Revine la întrebarea pusă la începutul unității de învățare: „De ce se recomandă, în zilele însorite, purtarea ochelarilor polarizi?”, să urmărească filmul: http://www.youtube.com/watch?v=TyPxxD2Rs7U și să explice rolul ochelarilor de soare. 	• Elevii observă că: - la reflexia luminii solare pe o suprafață orizontală, planul de incidență este vertical; - în lumina reflectată predomină lumina polarizată orizontal (gradul de polarizare depinde în acest caz de unghiul de incidență al luminii pe suprafața reflectătoare); - reflexia luminii solare pe suprafața asfaltului sau pe suprafața unei ape determină o strălucire ce deranjează observatorul; - prin folosirea ochelarilor de soare, al căror polaroid are o direcție de transmisie verticală, deci lumina polarizată liniar ce ajunge prin reflexie la observator nu este transmisă;
• Implică elevii în prezentarea și autoevaluarea portofoliului, pentru evaluarea rezultatelor finale, vizând competențele cheie³⁵;	• Prezintă portofoliile, expun produsele realizate, evaluează lucrările prezentate, pe baza criteriilor stabilite în protocolul de evaluare;
Anunță verificarea orală/ testul scris pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe competențele specifice înscrise în programele școlare, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;	
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să răspundă la următoarele întrebări: 1. Care dintre sistemele polarizor-analizor reprezentate în figura de mai jos va transmite lumina cu intensitate maximă?	• Efectuează tema pentru acasă.

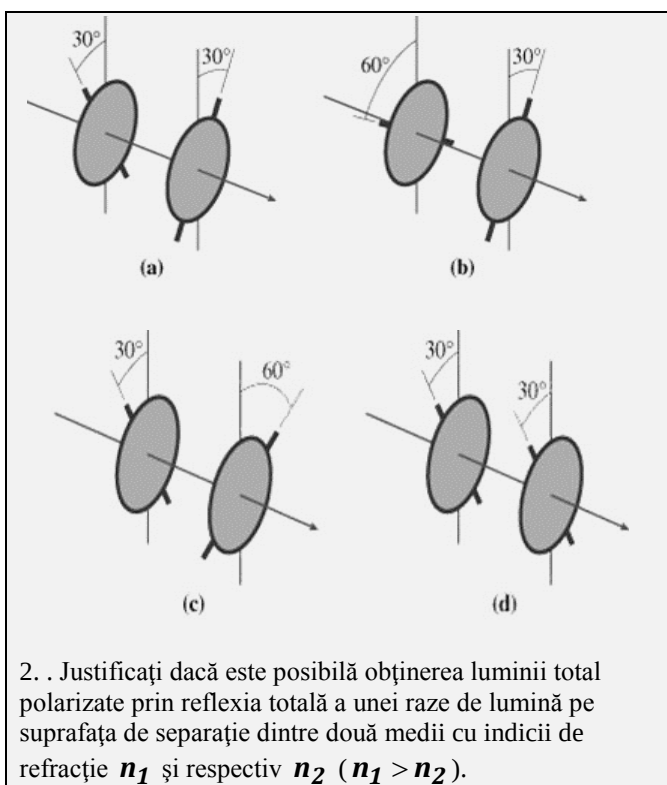
³⁵ **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în **anexele** unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele însușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

46. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);

47. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);

48. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);

49. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.



Bibliografie

- (31) Ionescu R., ș.a., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. Art, București, 2007
- (32) Cone G., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. Books Unlimited, București, 2007
- (33) N. și C. Gherbanovschi, *Fizică, Manual pentru clasa a XII-a*, Ed. Niculescu, București, 2002
- (34) G.G. Brătescu, *Optica*, Ed. didactică și pedagogică, București, 1982
- (35) M. Popescu, ș.a., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. LVS Crepuscul, Ploiești, 2006

Unitatea de învățare: XI.16

Elemente de teoria haosului

sau

„Putem găsi ordine în dezordine?”

sau

„Poate bătaia de azi a aripilor unui fluture la Buenos Aires, să provoace peste o săptămână, o tornadă la Tokio?”

Dorina Cucu

Clasa: a XI-a

Numărul orelor/ lecțiilor repartizate: 5

Conținuturi repartizate unității de învățare: 4.1 Determinism și predictibilitate. Condiții. Modele. 4.2. Determinism și impredictibilitate. Comportamentul haotic. Condiții. 4.3. Descrierea comportamentului haotic. Spațiul fazelor. Atractori clasici și stranii 4.4. Elemente de geometrie fractală

Modelul de învățare asociat: **PROIECTUL**

Competențe specifice: derivate din modelul de învățare asociat, conform tabelului următor:

Secvențele unității de învățare	Competențe specifice
I. Evocare - Anticipare	1. Planul operațional (motivarea proiectului și analiza de nevoi, stabilirea criteriilor de evaluare a produsului și a criteriilor de realizare - etapele de parcurs);
II. Explorare - Experimentare	2. Colectarea materialelor, analizarea și interpretarea informațiilor, realizarea preliminară a produsului;
III. Reflecție - Explicare	3. Testarea criteriilor de realizare, formularea unor concluzii, revizuirea etapelor de parcurs;
IV. Aplicare - Transfer	4. Verificarea produsului (criteriile de evaluare) și raportarea rezultatelor; 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea produsului (de învățare).

Scenariul prezintă o unitate de învățare construită pe **secvențele proiectului** (definind competențe specifice), ca o succesiune lecții focalizate pe conceperea și realizarea unor produse („cu finalitate reală”, Cerghit, I. ș.a., 2001), însușirea noțiunilor temei progresând odată cu parcurgerea etapelor proiectului. Procesul cognitiv central este *planificarea sau anticiparea* (dezvoltarea noilor cunoștințe pe baza îndeplinirii unui plan).

Interesul elevilor pentru noțiunile temei este declanșat de o întrebare incitantă, de exemplu: „*Putem găsi ordine în dezordine?*”. Pe parcurs, gândirea elevilor se dezvoltă către ideea: „*Evoluția sistemelor naturale și a sistemelor economice, sociale, a grupurilor sociale, etc. depinde sensibil de condițiile inițiale. Orice modificare a condițiilor inițiale ale unui sistem dinamic poate provoca o variație a comportării sistemului pe termen lung. Teoria haosului se referă la găsirea unei ordini la baza unor date aparent întâmplătoare, la studiul auto-organizării sistemelor, la factorii ce pot să “scoată la lumină ordinea din haos” (Ilya Prigogine)*”.

Secvența I. Evocare-anticipare

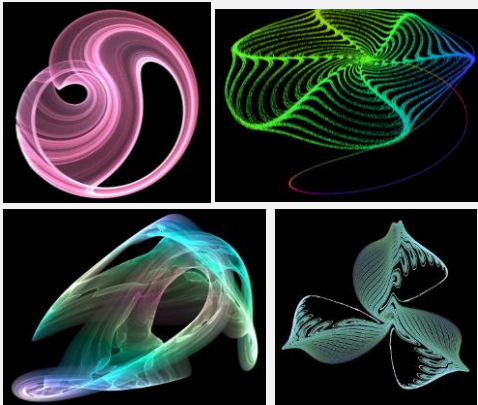
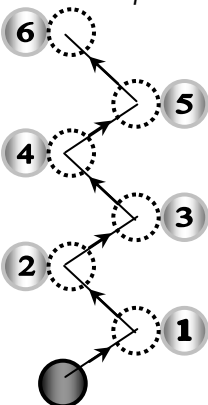
Generic: *Ce știu sau cred eu despre asta?*

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 1. Planul operațional (motivarea proiectului și analiza de nevoi, stabilirea criteriilor de evaluare a produsului și a criteriilor de realizare - etapele de parcurs);

Tipul lecției: Lecție de evaluare inițială a situației de învățare; de comunicare a obiectivelor și expunere a organizatorilor cognitivi (lecție introductivă); de învățare a procesului de planificare (anticipare);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *planificare sau anticipare*. Elevul face încercări diferite de însușire a unui concept/ rezolvare a unei probleme/ realizare a unui produs, prin anticiparea cerințelor, planificarea mijloacelor și etapelor și ajustarea acestora în mod repetat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 1

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Prezintă elevilor un organizator cognitiv (prelegere introductivă): <i>Determinism și predictibilitate. Condiții. Modele;</i> focalizează prezentarea pe încadrarea temei unității de învățare într-un concept mai general (teoria haosului), pe aspecte istorice (matematica teoriei haosului: G. Cantor, B. Mandelbrot, H. Poincaré, S. Smale, J. S. Hadamard; demonul lui Laplace, etc.), prin intermediul unor poante, proverbe: („For want of a nail the shoe was lost. For want of a shoe the horse was lost. For want of a horse the rider was lost. For want of a rider the battle was lost. For want of a battle the kingdom was lost.”), povești, filme: http://www.squidoo.com/chaos-theory imagini captivante (atractorii stranii), întrebări incitante, probleme, studiu de caz, produse tehnologice, norme de protecția muncii etc. ilustrând tema; 	• Evocă observații, experiențe și întâmplări personale privind relația cauză-efect, predictibilitatea fenomenelor, necesitatea cunoașterii modelelor simple prin care pot fi descrise fenomenele complexe întâlnite în activitatea zilnică, a identificării elementelor de ordine și a tendințelor de autoorganizare din sistemele aparent dezordonate, etc.;
• Oferă elevilor un portofoliu de teme propuse spre realizare, urmând să fie evaluate în finalul unității de învățare, sub forme ca: (1) demonstrații/ modelări experimentale: Determinarea dimensiunii fractale a unui fractal matematic, Programe pentru generarea unor fractali matematici cunoscuți (triunghiul lui Sierpinski, covorul lui Sierpinski, Praful lui Cantor, curba lui von Koch, etc.), Jocul bilelor de biliard și altele; (2) construcții: oscilatorul lui Duffing; pendulul fizic dublu; (3) referate științifice: Mișcarea lunii și problema celor trei corpuri; Paradoxul lui Zenon și 	• Se orientează asupra realizării unor proiecte, alcătuiesc grupuri de lucru, evaluează tema pentru care au optat (interesantă, accesibilă, relevantă, productivă, complexă etc.); • Asumă roluri în grupul de lucru, negociază tipul de produs care va fi prezentat (construcții, demonstrații/ determinări experimentale, rezolvare de probleme din culegeri, eseu științific, eseu plastic sau literar etc.);

precizia unei măsurători; Entropia sistemului – o măsură a dezordinii din sistem?; (4) filme, prezentări PowerPoint: Există ordine în Univers?; Ordine și dezordine în lumea cristalelor; (5) postere Lumea fractalilor din matematică, Lumea fractalilor din natură, desene, eseuri literare etc., evocând noile cunoștințe etc.³⁶; • Răspunde la întrebările elevilor, dă detalii referitoare la construcțiile propuse, le sugerează bibliografia temei;	
• Cere elevilor să evoce cunoștințele proprii legate de proiectele propuse (ceea ce elevii știu), să distingă noțiunile relevante (determinism spațiul fazelor, comportament haotic, atractori clasici și stranii, fractali, etc.); • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat;	• Evocă aspecte interesante, curiozități, dificultăți legate de proiectul ales, experiențe personale, observații în mediul înconjurător, deosebind fenomenele în termeni de cauzalitate, predictibilitate, factori perturbatori în evoluția presupusă a avea loc în cadrul sistemului; • Evocă/ exersează cunoștințele despre caracterul haotic al mișcării de agitație termică, legile statistice folosite în descrierea fenomenelor termice în cadrul modelului gazului ideal; fac referiri la mișcarea planetelor în jurul Soarelui (a Lunii în jurul Pământului), analizând stabilitatea orbitelor acestora, etc.;
• Consultă elevii (eventual, părinții/ colegii de catedră) pentru a stabili un protocol de evaluare a rezultatelor finale ale elevilor (la sfârșitul parcurgerii unității de învățare)³⁷;	• Evocă semnificațiile, accesibilitatea, relevanța criteriilor de evaluare a rezultatelor: 1. asumând sarcini personale; 2. imaginând aspecte ale lucrărilor/ produselor pe care le vor realiza; 3. proiectând cercetările/ etapele de lucru prin conexiuni/ analogii cu experiențele proprii și altele.
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), cerându-le să detalieze proiectele, să evalueze resursele, să extragă din diferite surse informații de tipul „Ce este un lucru?” (determinism clasic și haotic, atractor, fractal, teoria complexității, etc.).	• Efectuează tema pentru acasă - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a II-a. Explorare-experimentare

Generic: Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 2. Colectarea materialelor, analizarea și interpretarea informațiilor, reprezentarea și realizarea preliminară a produsului („proiectului”);

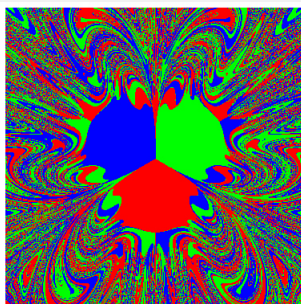
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de explorare, experimentare; de învățare a procesului de analogie cu anticiparea rezultatelor; de formare a abilităților de comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea efectului.* Elevul reperează o anumită dificultate a unui concept de înșușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat, încearcă să o corecteze, experimentând mijloace (conceptuale sau materiale) și verificând dacă sunt eficiente sau nu (Meyer, G., 2000, p. 145).

³⁶ **Tipuri de produse ale activității elevilor:** 1. Referate științifice (sinteze bibliografice, referate ale lucrărilor de laborator, prezentări PowerPoint); 2. Colecții de probleme rezolvate; 3. „Jurnal de observații” (observații proprii, sistematice, înscrise în jurnalul aflat la dispoziția elevilor în clasă); 4. Demonstrații experimentale; 5. Construcții de dispozitive; 6. Postere; 7. Filmări proprii (în laborator, în mediul casnic, natural etc.) sau filme de montaj (utilizând secvențe prezentate pe Internet); 8. Eseu literar/ plastic pe temele studiate etc.

³⁷ **Protocolul de evaluare** privește: a) **tipul instrumentelor de evaluare și modul de aplicare:** verificare orală, teste scrise, instrumente complementare - portofoliu (caiete de teme, caiet de notițe, alte lucrări), produse realizate de elevi, inventar de autoevaluare etc.; b) **criteriile evaluării sumative** (derivate din competențele specifice ale programei școlare, incluse în formularea itemilor/ sarcinilor de evaluare, în formularea sarcinilor de învățare).

Lecția 2

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):										
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să prezinte rezultatele obținute; evocă proiectele pentru care elevii au optat și stimulează elevii să prezinte informațiile colectate/ produsele realizate; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): <i>Determinism și impredictibilitate. Comportamentul haotic. Condiții.</i> • Le proiectează elevilor filmul: http://www.youtube.com/watch?v=Qe5Enm96MFQ ce prezintă un sistem dinamic haotic (pendulul cu magneți)	• Organizați în grupe, prezintă în clasă <i>rapoarte de autoevaluare</i>, evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează resursele materiale, de timp, roluri și sarcini în grup, etapele de parcurs etc.; • Formulează ipoteze privind cauzele comportamentului haotic al pendulului magnetic; • Numesc factorii implicați în evoluția haotică a sistemului considerat; • Compară rezultatele observate într-unul din cazurile analizate (poziția în care se oprește pendulul lăsat liber să oscileze dintr-un colț al pătratului) cu rezultatele observate într-un număr mare de evoluții ale sistemului considerat; 										
• Oferă elevilor materiale pentru experimentare (coli de hârtie A4 –pentru două sau trei grupe- și A3 –pentru alte două/trei grupe; hârtie milimetrică, liniare, calculatoare) și cere elevilor (eventual, prin fișe de lucru) - să decupeze foile, înjumătățindu-le ($n = 2, 4, 8, 16, \dots$), ca în figura desenată pe tablă; - să determine aria fiecărei foi; - să mototolească fiecare foaie și să îi dea forma unei biluțe; - să măsoare diametrul D al biluțelor; - să precizeze relația dintre masa unei foi (biluțe) și aria ei; - să stabilească relația dintre masa și diametrul biluțelor; - să completeze un tabel de forma: <table><tr><th>Nr. det.</th><th>$\frac{1}{n}$</th><th>Aria foi (cm²)</th><th>Diametrul D al biluței (cm)</th><th>D³ (cm³)</th></tr><tr><td>1.</td><td>0,5</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Nr. det.	$\frac{1}{n}$	Aria foi (cm ²)	Diametrul D al biluței (cm)	D ³ (cm ³)	1.	0,5				• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii observă/ experimentează: - decupează foile de hârtie; - determină aria fiecărei foițe; - formează „biluțe” din foile de hârtie și le măsoară diametrul; - stabilesc că între masa (m_i) unei foițe și aria suprafeței ei (S_i) există o relație de directă proporționalitate; - remarcă faptul că raportul dintre masele a două foițe este egal cu raportul dintre ariile suprafețelor lor, deoarece foițele au aceeași densitate și aceeași grosime; - stabilesc relația dintre masa și diametrul biluței; - completează tabelul; - fac reprezentarea grafică;
Nr. det.	$\frac{1}{n}$	Aria foi (cm ²)	Diametrul D al biluței (cm)	D ³ (cm ³)							
1.	0,5										
- să reprezinte pe hârtie milimetrică graficul -											

$\log \frac{1}{n} = f(\log D^3)$ (pentru a liniariza dependența ariei de masă);	
• Cere elevilor din grupe diferite, care au lucrat cu același tip de hârtie, să compare rezultatele obținute și să comenteze cauzele diferențelor dintre valorile obținute; • Atrage elevilor atenția asupra faptului că precizia măsurătorilor este „sensibilă la condițiile inițiale”; • Precizează elevilor ce reprezintă „The Butterfly Effect”, prezentându-le modul în care Edward Lorentz a descoperit în anul 1961, studiind fenomene meteorologice, că sistemele guvernate de legi simple pot evolua uneori haotic (haos determinist);  • Invită elevii să dea exemple prin care să evidențieze, în cazul altor sisteme dinamice (sisteme fizice, sociale, economice, etc.), „sensibilitatea la condițiile inițiale”;	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii din grupele care au lucrat cu același tip de hârtie comunică rezultatele obținute și fac remarci cu privire la cauzele diferențelor apărute între rezultatele obținute: - aproximarea formelor obținute din foițele mototolite cu niște sfere; - aproximările făcute în determinarea ariilor foițelor, a diametrelor „biluțelor”; - aproximările făcute în calcule atunci când se lucrează cu numere zecimale la care se iau în considerare doar două zecimale; • Dacă și-au încheiat activitatea, elevii se reorientează către grupurile ale căror investigații sunt în curs de desfășurare; • Fac comentarii cu privire la „experimentul” lui Lorentz; • Dau exemple de sisteme dinamice a căror evoluție este dependentă de condițiile inițiale;
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor, organizați în grupurile de lucru stabilite, să conceapă experimente pentru a răspunde la un set de întrebări: 1. Comentați cugetarea „Buturuga mică răstoarnă carul mare” făcând referiri la comportamentul haotic al sistemelor dinamice. 2. Argumentați ce reprezintă „sensibilitatea la condițiile inițiale” în evoluția unui sistem dinamic. Dați un exemplu relevant pentru susținerea argumentării voastre.	• Efectuează tema pentru acasă - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a III-a. Reflecție-explicare:

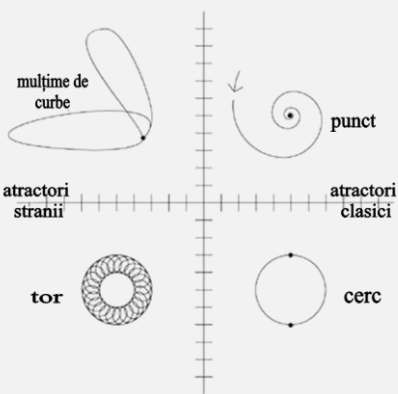
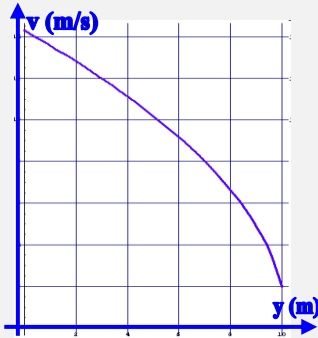
Generic: Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

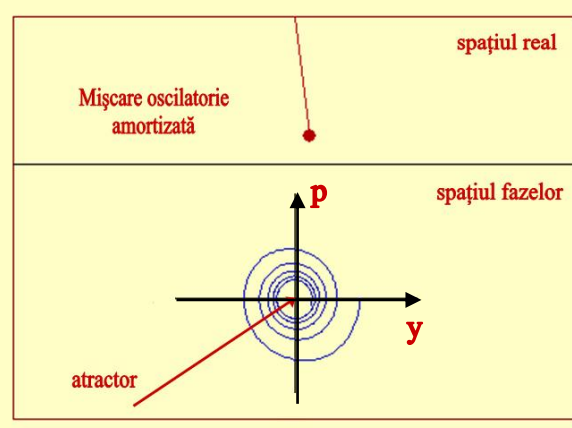
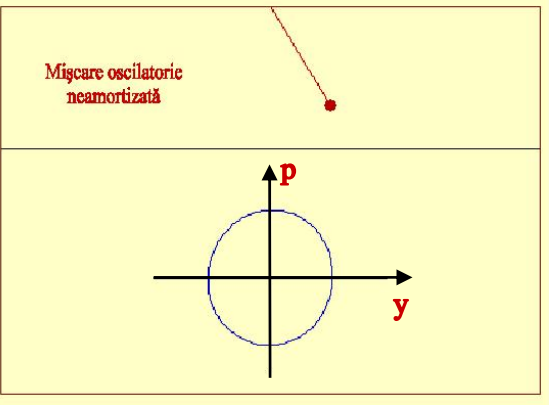
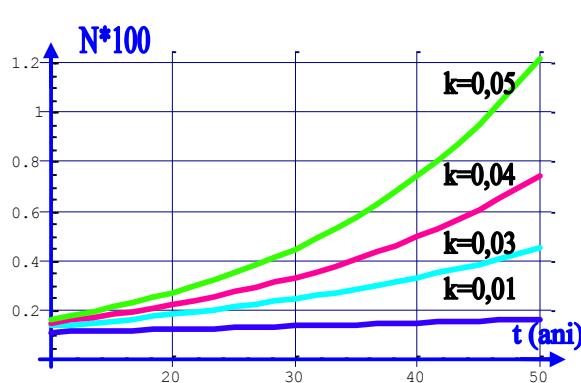
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 3. Testarea criteriilor de realizare, formularea unor concluzii, evaluarea și revizuirea etapelor parcurse;

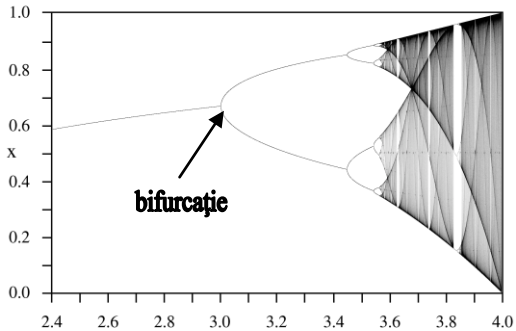
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului inductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor: comunicare, cognitive, sociale etc.;

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *inductiv*. Elevul distinge exemple ale conceptului de învățat/ problemei de rezolvat/ produsului de realizat, elaborează definiții/ reguli de rezolvare/ instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemplu (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 3

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate în lecția anterioară și prin tema efectuată acasă, să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): <i>Descrierea comportamentului haotic. Spațiul fazelor. Atracori clasici și stranii;</i> ○ Precizează elevilor semnificația noilor noțiuni: <i>sistemul dinamic, spațiul fazelor, atracorii clasici și atracorii stranii, portretul de fază, bazinul de atracție;</i>  ○ Solicită elevilor să reprezinte grafic, în spațiul fazelor, căderea liberă a unui corp în câmp gravitațional, neglijând toate forțele de rezistență;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare, evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează informațiile colectate etc.; • Reprezintă grafic, în spațiul fazelor, căderea liberă a unui corp în câmp gravitațional, în absența frecărilor; $v^2 = 2gy$ 
• Invită elevii să distingă un patern care să explice/ să permită predicții cu privire la comportarea sistemelor dinamice pe o perioadă de timp; • Solicită elevilor să reprezinte grafic, în spațiul fazelor, mișcarea oscilatorie liniar armonică a unui pendul matematic ideal și să compare traiectoriile pendulului, în spațiul fazelor, în cazurile: - mișcării oscilatorii neamortizate; - mișcării oscilatorii amortizate (prezentată de profesor); - mișcării oscilatorii întreținute; - mișcării unui pendul al cărui punct de suspensie este supus, prin intermediul unui resort, la o mișcare oscilatorie;	• Organizați în grupurile de lucru stabilite, elevii analizează datele credibile (ce date păstrăm, ce date eliminăm?) și raportează concluziile/ explicațiile pe care le înregistrează întreaga clasă: - scriu legea conservării energiei mecanice a oscilatorului armonic ideal pentru a stabili dependența impulsului oscilatorului de elongația sa: $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}kA^2 \Rightarrow \frac{p^2}{m} + ky^2 = kA^2$

 The diagram is divided into two horizontal sections. The top section, labeled 'spațiul real' (real space), shows a pendulum with a red dot at its end and a red line representing the string, labeled 'Mișcare oscilatorie amortizată' (damped oscillation). The bottom section, labeled 'spațiul fazelor' (phase space), shows a coordinate system with axes 'p' (vertical) and 'y' (horizontal). A blue spiral curve, labeled 'atractor' (attractor), winds inward toward the origin.	 The diagram is divided into two horizontal sections. The top section, labeled 'Mișcare oscilatorie neamortizată' (non-damped oscillation), shows a pendulum with a red dot at its end and a red line representing the string. The bottom section shows a coordinate system with axes 'p' (vertical) and 'y' (horizontal). A blue circle, representing a periodic trajectory, is centered at the origin. - compară comportarea în timp a unui sistem fizic idealizat cu aceea a sistemului fizic real; - constată că sistemele fizice idealizate evoluează spre o stare de echilibru stabil; acestea îi corespund un atractor clasic; - constată că sistemele fizice reale evoluează în timp spre o stare de echilibru dinamic; - face observația că în cazul mișcării unui pendul elastic al cărui punct de suspensie este supus unei mișcări oscilatorii, în spațiul fazelor apare o a treia coordonată (elongația resortului care face legătura între pendul și punctul său de suspensie); - trage concluzia că sistemele dinamice, având un comportament haotic, sunt descrise de atractori stranii;
• Supune atenției elevilor povestea evoluției populației de iepuri de pe o insulă pe care nu iepurii nu au prădători și găsesc surse de hrană; iepurii se hrănesc, se înmulțesc și mor; presupunând că N_1 este numărul de iepuri la momentul inițial t_1, N_2 este numărul de iepuri la momentul ulterior t_2, și că există suficientă hrană, creșterea populației de iepuri în intervalul de timp considerat este direct proporțională cu numărul de iepuri existenți inițial, deci: $\frac{N_2 - N_1}{t_2 - t_1} = k \cdot N_1$; Limita acestui raport când intervalul de timp tinde la zero este tocmai viteza de variație a populației, adică: $\frac{dN}{dt} = kt$, ceea ce înseamnă că se produce, pentru constanta $k > 0$, o creștere exponențială a populației, deci: $N(t) = N(0) \cdot \exp(kt)$ Solicită elevilor să reprezinte grafic dependența $N = N(k)$ pentru $N(0) = 100$; la cele trei-patru grupe de elevi se va lucra cu valori diferite ale constantei $k > 0$, de exemplu $k = 0,01$, $k = 0,03$, $k = 0,05$;	Elevii: • Emit ipoteze referitoare la evoluția populației de iepuri de pe insulă; • Precizează legea de variație în timp a populației de iepuri; • Discută cazurile particulare $k = 0$, $k > 0$, $k < 0$; • Reprezintă grafic prin puncte perechile de valori număr de iepuri (N) – interval de timp;  The graph shows four exponential growth curves starting from (0, 0.2) on a grid. The y-axis is labeled 'N*100' and ranges from 0 to 1.2. The x-axis is labeled 't (ani)' and ranges from 0 to 50. The curves are labeled with their respective growth rates: $k=0,05$ (green), $k=0,04$ (magenta), $k=0,03$ (cyan), and $k=0,01$ (blue). The curves show that as the growth rate k increases, the population N*100 increases more rapidly over time.
• Cere elevilor să analizeze cu ajutorul graficului, evoluția populației de iepuri sau orice situație similară întâlnită în viața cotidiană (de exemplu, evoluția în timp a sumei de bani depuse la bancă, în condițiile	Constată că: - evoluția sistemului analizat, chiar dacă poate fi descrisă de o relație relativ simplă, este predictibilă doar dacă constanta de creștere are o valoare bine

cunoașterii coeficientului de creștere/dobânzii oferite de bancă); • Solicită elevilor să analizeze și consecințele pe care le poate avea pe termen lung creșterea populației de iepuri; • Le precizează elevilor că situația evoluției populației de iepuri de pe o insulă este analizată matematic cu ajutorul unei curbe numite <i>curba logistică</i>; curba logistică se obține făcând presupunerea că populația de iepuri nu poate crește nelimitat pentru că proviziile de hrană nu sunt nelimitate, deci constanta k (devenită <i>parametru de control</i>) trebuie să scadă în timp și să atingă valoarea zero atunci când populația atinge limita superioară; prin reprezentarea curbelor logistice s-a ajuns la concluzia că pentru anumite valori ale parametrului de control curbele prezintă <i>bifurcații</i>; existența bifurcațiilor atrage după sine imposibilitatea predicției asupra evoluției sistemului (pornind de la o stare, evoluția poate avea loc pe una din cele două „căi”); 	determinată; - creșterea populației este influențată puternic de condițiile inițiale ($N(0)$); • Fac presupuneri referitoare la evoluția pe termen lung a sistemului considerat, analizând factorii perturbatori ce determină abateri de la legea de creștere stabilită; • Observă că folosind ecuații simple pentru descrierea evoluției unui sistem dinamic, se poate ajunge la înțelegerea modului în care se generează un comportament haotic și la impredictibilitate asupra evoluției în timp a sistemului; • Ajunge la concluzia conform căreia mici modificări ale condițiilor inițiale pot provoca abateri mari de la presupusa evoluție a sistemului („sensibilitatea la condițiile inițiale”); • Formulează răspunsuri la tema dată de profesor, făcând referiri la alte sisteme dinamice și dependența evoluției lor la condițiile inițiale;
• Supune atenției elevilor experimentul imaginar al lui Mandelbrot în care sunt analizate diverse modalități de a măsura lungimea coastelor Angliei (de exemplu: se alege inițial un instrument de măsură cu lungimea de 100 km și se măsoară lungimea țărmului; pentru mărirea preciziei se schimbă etalonul inițial cu altul având lungimea de 50 km și se măsoară din nou lungimea țărmului; se repetă operația cu „rigle” având lungimi din ce în ce mai mici); Mandelbrot a făcut observația că la fiecare repetare a operațiunii de măsurare, rezultatul obținut este din ce în ce mai mare – <i>paradoxul liniei de coastă</i>; • Le proiectează imagini ce fac referire la „experimentul” lui Mandelbrot: http://en.wikipedia.org/wiki/How_Long_Is_the_Coast_of_Britain%3F_Statistical_Self-Similarity_and_Fractional_Dimension	• Elevii constată că rezultatul măsurării lungimii țărmurilor este dependent de lungimea instrumentului de măsurare folosit; cu cât „privim” mai îndeaproape țărmul, cu atât ni se relevă mai multe detalii și obținem o lungime mai mare în urma măsurătorii;
• Cere elevilor să distingă un patern (model, regulă) care să explice experimentul imaginar al lui Mandelbrot; să analizeze cum ar vedea coastele Angliei diverși observatori: unul aflat în avion, altul aflat pe vârful unei coline, altul care parcurge linia de coastă mergând pe jos; • Precizează elevilor că geometria euclidiană nu rezolvă problema determinării lungimii unor figuri cu formă neregulată; Mandelbrot a propus rezolvarea problemei prin folosirea noțiunilor de <i>fractal</i> și de <i>dimensiune fractală</i> (fracționară);	• Elevii remarcă faptul că lungimea nu poate fi infinită, dar determinarea este dependentă de scara la care se fac măsurătorile; • Elevii fac observații cu privire la modul în care este percepută linia de coastă de diverși observatori: observatorul din avion percepe coastele Angliei ca semănând cu o linie; pe măsură ce observatorul se apropie de linia de coastă el percepe tot mai multe neregularități;

• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă) și cere elevilor să răspundă la întrebări, cum sunt: Analizați modul în care se distribuie picăturile de ploaie pe durata căderii lor, răspunzând la următoarele întrebări: a. Ce forțe acționează asupra unei picături de apă de ploaie în timpul căderii? b. În ce condiții este posibil ca o picătură de apă de ploaie să urce în aerul atmosferic? c. Justificați dacă este posibil ca picăturile de apă să aibă dimensiuni diferite. d. Cum ați putea caracteriza, folosind noțiunile studiate în cadrul lecției, fenomenul de cădere a picăturilor de apă?	• Efectuează tema pentru acasă - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/individual.
---	--

Secvența a IV-a. Aplicare

Generic: Ce convingeri îmi oferă această informație?

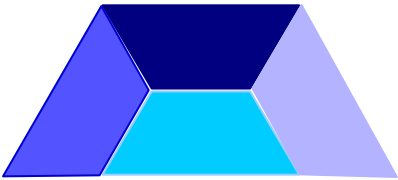
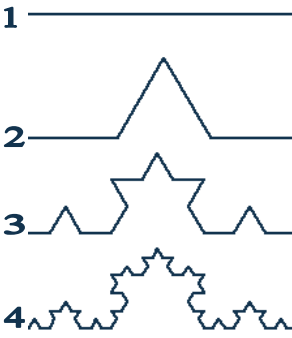
Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 4. Verificarea produsului (criteriile de evaluare) și raportarea rezultatelor;

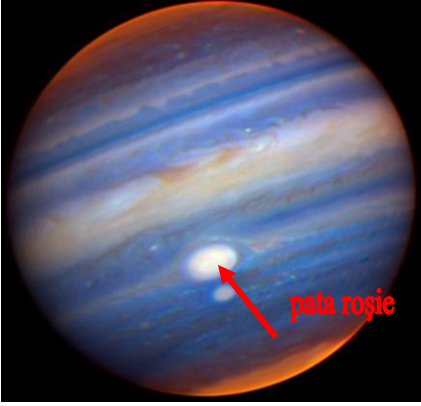
Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacităților de comparare, analiză, sinteză etc.; de învățare a procesului deductiv; de formare a priceperilor și deprinderilor (de comunicare, cognitive, sociale etc.);

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *deductiv*. Elevul observă o definiție a conceptului de înșușit/ o regulă de rezolvare a unei probleme/ instrucțiuni de producție, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiția/ regula/ instrucțiunile (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 4

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin tema efectuată acasă, să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere (dimensiunea unei figuri geometrice: punct, linie, pătrat, cub) cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): <i>Elemente de geometrie fractală (Fractalii, proprietățile fractalilor, forme auto-similare, dimensiunea fractală, exemple de fractali în matematică și în natură);</i>	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare, evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează informațiile colectate etc.; • Elevii precizează dimensiunile figurilor geometrice invocate: - punctul are dimensiunea zero; - linia are dimensiunea egală cu unu; - pătratul, ca și alte figuri geometrice plane, are dimensiunea egală cu doi; - cubul are dimensiunea egală cu trei;
• Precizează elevilor că un sistem complex poate genera dezordine și ordine în același timp; comportarea haotică a sistemelor dinamice acționează ca un proces creativ, ducând la formarea de structuri ordonate, la forme de auto-organizare; • Definește fractalul și dă câteva exemple de fractali: curba lui Koch, mulțimea lui Cantor, triunghiul lui Sierpinski, etc.; • Oferă elevilor materiale (planșe, desene scoase la imprimantă) pentru fixarea noțiunilor de	Organizați în grupuri de lucru, elevii: - constată că fractalii sunt figuri geometrice fragmentate ce pot fi divizate în părți; - sesizează că fractalii pot fi descriși prin procese recursive; - exprimă faptul că părțile în care sunt divizate figurile fractale reprezintă, cu aproximație, copii în miniatură ale întregului; - identifică în cadrul planșelor oferite de profesor, formele similare și pe cele nesimilare;

similaritate și auto-similaritate; • Organizează elevii în grupe de lucru; • Solicită elevilor să identifice formele similare și nesimilare din exemplele date; • Precizează elevilor modul de calcul al dimensiunii fractale (de similitudine) a unei mulțimi ce poate fi descompusă în N părți, fiecare parte aflându-se în raportul r cu întregul: $D = \frac{\log N}{\log \frac{1}{r}};$	 
• Cere elevilor să determine dimensiunea fractală a curbei lui Koch („fulgul de nea” al lui Koch) și a mulțimii lui Cantor („praful” lui Cantor) curba lui Koch  "praful" lui Cantor 	Elevii: • aplică formula dimensiunii fractale în cazul curbei lui Koch; • recunosc transformările prin care trece segmentul de dreaptă inițial care, pas cu pas ($1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots \rightarrow 4 \dots$), devine curba lui Koch; • sesizează că linia inițială a fost, la prima iterație, transformată în patru linii egale (triunghiul fiind echilateral), deci $N = 4$; • determină raportul r, sesizând că doar trei linii (poziția 2) pot să „reconstituie” linia inițială, deci $r = \frac{1}{3}$ • precizează dimensiunea fractală a curbei lui Koch: $D = \frac{\log 4}{\log 3}$ • identifică transformările prin care trece segmentul de dreaptă inițial pentru generarea mulțimii lui Cantor; • calculează dimensiunea fractală a mulțimii lui Cantor: $D = \frac{\log 2}{\log 3}, \text{ determinând } N = 2 \text{ și } r = \frac{1}{3};$
○ Cere elevilor să revină la întrebarea inițială: „Putem găsi ordine în dezordine?” și să formuleze un argument la observație; ○ Le dă elevilor ca exemplu istoria rezolvării „misterului” petei roșii de pe planeta Jupiter, explicabilă prin „insula” de ordine din oceanul de haos al mișcării maselor gazoase ce alcătuiesc planeta;	• Formulează argumente la întrebarea inițială: - sub aspectul haotic al comportării sistemelor dinamice se ascund „insule” de ordine; - dacă este imposibil să prevezi starea unui sistem haotic la un moment dat, teoria haosului permite să construiești modele pentru comportarea de ansamblu a sistemului considerat ca și a celor similare cu el;

	
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă), implicând elevii în conceperea <i>raportului final</i>: cere elevilor să întocmească un scurt raport scris privind rezultatele investigațiilor proprii; avansează idei privind structura și conținutul raportului prezentat de elevi.	• Negociază în grup conținutul și structura produsului final, convin modalitatea de prezentare (poster, portofoliu, prezentări multimedia, filmări proprii montate pe calculator etc.); • Efectuează tema pentru acasă - având ocazia să prezinte rezultatele în maniere diverse (eseu, poster, construcții, demonstrații etc.), lucrând pe grupe/ individual.

Secvența a V-a. Transfer

Generic: Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Competențe specifice (derivate din modelul proiectului): 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea produselor de învățare obținute.

Tipul lecției: Lecție de formare/ dezvoltare a capacității de transfer, de percepție a valorilor etc. Lecție de învățare a analogiei cu anticiparea mijloacelor. Lecție de sistematizare și consolidare a noilor cunoștințe, de evaluare sumativă.

Procesul cognitiv/ scenariul lecției: *analogie cu anticiparea mijloacelor*. Elevul imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de însușit/ problemă de rezolvat/ produs de realizat pe baza a ceea ce știe deja să facă, observă și analizează reușitele parțiale, reprezentările succesive ale rezultatului așteptat (Meyer, G., 2000, p. 145).

Lecția 5

Rolul profesorului	Sarcini de învățare Elevii (individual, în grupuri, cu profesorul):
• Implică elevii în verificarea temelor efectuate acasă și cere elevilor să sintetizeze și să evalueze informațiile colectate prin tema efectuată acasă, să prezinte rezultatele obținute; • Vizează cunoștințele anterioare ale elevilor, <i>preconcepțiile/ explicațiile neștiințifice, nevoile de cunoaștere</i> cu privire la sarcinile de efectuat (utilizarea unor instrumente de măsură, norme de protecția muncii în laborator etc.); • Prezintă elevilor un organizator cognitiv (scopul și obiectivele lecției): Fractali în natură. Concluzii referitoare la teoria haosului;	• Organizați în grupe, prezintă în clasă rapoarte de autoevaluare, evocă informațiile culese cu privire la proiectul ales, dificultăți, probleme noi întâlnite în efectuarea temei pentru acasă, aspecte interesante sesizate în verificările proprii etc.; evaluează informațiile colectate etc.;



• Implică elevii în prezentarea și evaluarea proiectului/ raportului final, vizând competențele cheie³⁸;	• Expun produsele realizate și prezintă în fața clasei rapoartele de lucru;
• Anunță verificarea orală/ testul scris pentru lecția următoare, reamintește elevilor criteriile evaluării sumative bazate pe <i>competențele specifice înscrise în programele școlare</i>, vizând noțiunile însușite și abilitățile de operare cu acestea corespunzătoare competenței cognitive/ de rezolvare de probleme;	
• Extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă (ca temă pentru acasă): acțiuni colective în afara clasei, legături cu teme/ proiecte viitoare etc.	• Își propun să expună produsele realizate în expoziții școlare, întâlniri cu responsabili ai administrației locale și altele.

Bibliografie

- (36) Cerghit, I. ș.a., *Prelegeri pedagogice*, Ed. Polirom, Iași 2001;
- (37) Sarivan, L., coord., *Predarea interactivă centrată pe elev*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2005;
- (38) Păcurari, O. (coord.), *Învățarea activă, Ghid pentru formatori*, MEC-CNPP, 2001;
- (39) Leahu, I., *Didactica fizicii. Modele de proiectare curriculară*, M.E.C.T./ P.I.R., București 2006;
- (40) <http://mypages.iit.edu/~smile/physinde.html>;
- (41) <http://teachers.net/lessons/posts/1.html>;
- (42) <http://teachers.net/lessonplans/subjects/science/>;
- (43) http://www.teach-nology.com/teachers/lesson_plans/science/physics/;
- (44) Ionescu R., ș.a., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. Art, București, 2007

³⁸ **Criteriile evaluării finale bazate pe competențe** vor fi expuse în **anexele** unităților de învățare. Alături de criteriile **competenței cognitive sau de rezolvare de probleme** (expuse de **competențele specifice înscrise în programele școlare** vizând, componentele „cunoștințe” și „abilități” (de operare cu cunoștințele însușite) corespunzătoare acestei competențe, **evaluarea portofoliului/ proiectului/ rezultatelor finale** are în vedere și celelalte **competențele-cheie** (după Gardner, 1993):

- 50. **competențe de comunicare** (cu un public cât mai larg, cooperare cu alți elevi, profesori, experți, folosirea judicioasă a resurselor etc.);
- 51. **abilități cognitive** (lingvistice, logico-matematice, naturaliste, interpersonale, intra-personale etc.);
- 52. **competența antreprenorială** (capacitatea de a realiza produse de calitate - inovație, execuție, tehnica estetică, de a valorifica rezultatele etc.);
- 53. **competențe metacognitive** (capacitatea de a reflecta la propriile procese cognitive, de a se distanța față de propria lucrare, de a viza permanent obiectivele propuse, de a evalua progresul făcut și de a face rectificările necesare, de a sesiza impactul noilor cunoștințe (valori și limite) etc.

- (45) Cone G., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. Books Unlimited, București, 2007
- (46) N. și C. Gherbanovschi, *Fizică, Manual pentru clasa a XII-a*, Ed. Niculescu, București, 2002
- (47) M. Popescu, ș.a., *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Ed. LVS Crepuscul, Ploiești, 2006