Unitatea de învăţare: XI.13
Interferenţa luminii

„Cum este distribuită energia undelor în figura de interferență?”

Clasa: **a XI-a**.
Numărul orelor/ lecţiilor: **7+1.**
Conţinuturi repartizate: **3.2. Interferenţa.** Noţiuni de bază. Coerenţa. Analiza calitativă şi cantitativă a fenomenului de interferenţă. **3.2.1. Dispozitivul Young.** Interferenţa nelocalizată. Dispozitivul lui Young. *******Alte dispozitive interferenţiale echivalente cu dispozitivul Young*. **3.2.2. Interferenţa localizată. Aplicaţii.** Lama cu feţe plane şi paralele. Pana optică. Aplicaţii în tehnică ale interferenţei localizate (Programa de fizică pentru clasa a XI-a, 3252 /13.02.2006).
Strategia didactică asociată unității de învățare, bazată predominant pe **modelare** [1]
Structura unităţii de învăţare:

Secvenţele unităţii de învăţare	**Sarcini didactice dominante**	**Obiective vizate în cadrul unității de învățare** (etape ale modelării)
I. Evocare–Anticipare	**Lecţia 1. Evaluarea iniţială a situaţiei de învăţare**, stabilirea obiectivelor/formarea unei prime reprezentări a situaţiei de rezolvat;	1. **Sesizarea modelului** (conceptual, material, procedural) de exersat;
II. Explorare–Experimentare	**Lecţia 2. Dezvoltarea strategiilor cognitive** (de abordare a situaţiilor-problemă, sarcinilor);	2. **Identificarea componentelor** modelului de exersat (concepte, secvenţe, proceduri);
III. Reflecţie–Explicare	**Lecţiile 3-4. Elaborarea/enunţarea** noilor cunoştinţe (definiţii, generalizări);	3. **Organizarea datelor** obţinute prin exersare, compararea cu modelul original şi propunerea unor generalizări;
IV. Aplicare–Transfer	**Lecţiile 5-6. Sistematizarea şi consolidarea** noilor cunoştinţe;	4. **Testarea modelului** obţinut, prin includerea altor cazuri particulare;
	Lecţia 7. Dezvoltarea atitudinilor, a percepţiei valorilor. **Evaluarea rezultatelor învăţării**.	5. **Extinderea sferei noilor cunoştinţe** prin includerea altor informaţii.

Mijloace de învăţământ: computer cu acces la Internet şi videoproiector (facultativ); fişe de lucru pentru elevi; manuale şi alte resurse cu informaţii referitoare la temă.
Mijloace de învăţământ (pentru grupe de elevi): banc optic, sursă de lumină obişnuită sau sursă laser, suporturi culisante, filtre monocromatice, fantă simplă, fantă dublă (sau *diapozitiv de fante Young*- un diapozitiv de celuloid negru pe care s-au trasat două linii transparente apropiate, având rol de fante), lentile convergente, ecran, lame cu feţe plane paralele, pene optice; în cazul în care nu dispunem de tot materialul didactic necesar se poate folosi simularea fenomenelor fizice cu ajutorul unui soft educaţional adecvat.
O privire de ansamblu asupra strategiei didactice: Succesiunea lecţiilor corespunde etapelor modelării declanşate în clasă pentru a explica, de exemplu, observaţia: „Energia transportată de undele luminoase poate fi distribuită inegal în spaţiu prin suprapunerea acestora.”. Strategia de cunoaştere este ***proactivă***: elevii îşi însuşesc conceptul de interferenţă a luminii, explorând elementele sale în comparaţie cu interferenţa undelor mecanice (compunerea undelor luminoase coerente, metode de obţinere a acestora, amplitudinea rezultantă într-un punct din câmpul de interferenţă, maxime şi minime de interferenţă) şi testându-le în situaţii diferite (dispozitive de interferenţă nelocalizată şi de interferenţă localizată).
De asemenea, pe parcursul lecţiilor şi la finalul acestora (aprox. **10 min.**) elevii sunt implicaţi în realizarea unor momente de *feedback metacognitiv*, necesare anticipării sarcinilor (competenţelor de însuşit) şi proiectării lecţiilor următoare.

[1] Strategia didactică aferentă fiecărei lecţii va fi completată cu alte metode, procedee şi tehnici de predare-învăţare (tradiţionale sau moderne), selectate de către fiecare profesor în funcţie de diverse variabile ale contextului educaţional

Printre tehnicile recomandate de includere a feedback-ului metacognitiv în cadrul lecţiilor sunt: ***Harta „Ştiu. Vreau să ştiu. Am învăţat*"** şi ***"Eseul de 5 minute".***

În funcţie de specificul lecţiilor, pot fi folosite şi alte instrumente de evaluare formativă, potrivit inventarului de sugestii de evaluare.[2]

I. Evocare–Anticipare
Ce ştiu sau cred eu despre asta?

Lecţia 1. Sesizarea modelului (conceptual, material, procedural) de exersat.

„Există deosebiri între interferenţa undelor mecanice şi interferenţa undelor luminoase?"

În această lecţie, au loc următoarele procese: i) identificarea scopului urmărit (compararea rezultatului interferenţei undelor mecanice cu cel al interferenţei undelor luminoase); ii) identificarea procedurilor care trebuie imaginate pentru îndeplinirea scopului (modalităţi de obţinere a undelor luminoase coerente); iii) proiectarea demersului de rezolvare (etapele experimentării, mijloace necesare, anticiparea riscurilor/dificultăţilor/erorilor, integrarea constrângerilor care apar) plecând de la natura electromagnetică a undei luminoase produse de atomii unei substanţe.

În acest scop, **profesorul** (***variantă de abordare***):

Activitatea 1 (***Prelegere interactivă*** – **10 min.**)

- **dezbate** cu elevii: *natura diferită a undelor mecanice şi a undelor electromagnetice*, insistând asupra naturii perturbaţiei care se propagă şi a modului diferit de propagare; c*onceptul* de interferenţă a luminii, interferența fiind un fenomen specific ondulatoriu, caracteristic tuturor undelor indiferent de natura lor;
- **precizează** natura surselor de lumină naturale – surse necoerente;
- **defineşte** undele coerente, fenomenul de interferenţă a luminii, drumul optic şi **explică** modalitatea de de obținere a undelor luminoase coerente;
- **defineşte** noţiunea de intensitate a câmpului luminos într-un punct, insistând asupra efectului componentei electrice a undei electromagnetice luminoase în privinţa senzaţiei vizuale şi a modului de observare a rezultatului interferenţei luminii prin intensitatea luminoasă într-un punct din câmpul de interferenţă;
- **îndrumă** elevii **să stabilească** condițiile de obținere a interferenței staționare (condiția de coerență) și **să determine** condițiile de maxim și minim de interferență;
- **consultă** elevii pentru stabilirea protocolului de evaluare a rezultatelor finale, la sfârşitul unităţii de învăţare.

Se cere **elevilor**:

Activitatea 2 (***Interviul în perechi*** – **5 min.**)

- **să prezinte** caracteristicele fenomenului de interferență a undelor mecanice: coerenţa undelor care interferă, amplitudinea oscilaţiei rezultante într-un punct, defazajul;
- **să enunţe** principiul superpoziţiei liniare;
- **să descrie** rezultatul interferenței undelor mecanice: interferență constructivă *(*amplitudinea oscilaţiei rezultante este maximă) şi interferență distructivă (amplitudinea oscilaţiei rezultante este minimă);

Activitatea 3 (***Gândiți, lucrați în perechi, comunicați!*** **– 25 min.**)

- **să determine** intensitatea câmpului electric rezultant într-un punct din câmpul de interferenţă pentru cazul a două surse de lumină coerente, evidenţiind forma amplitudinii rezultante;
- **să identifice** condițiile necesare obținerii interferenței staționare (condiția de coerență);
- **să particularizeze** valorile amplitudinii rezultante după valorile diferenţei de fază a celor două unde luminoase care interferează, determinând condiţiile de maxim sau minim de interferenţă;
- **să analizeze** câmpul de interferență (franjele de interferență) prin analogie *cu interferența undelor mecanice* în cazul în care cele două surse coerente sunt punctiforme;
- **să formuleze** constatări/concluzii, în raport cu previziunile anterioare (*reechilibrare cognitivă*): *„Unda mecanică se propagă în substanţă, pe când unda electromagnetică constă în propagarea câmpului electromagnetic (propagare în substanţă sau în vid)."; „Senzaţia vizuală este determinată practic de*

[2] Aceste precizări sunt valabile pentru finalul fiecărei lectii din unitate; excepție face ultima lecție.

componenta electrică a undei electromagnetice.”; „Suprapunerea undelor coerente determină maxime şi minime de interferenţă după diferenţa de fază a undelor.” etc.

Evaluarea de la finalul lecţiei (10 min.)

II. Explorare–Experimentare
Cum se potriveşte această informaţie cu ceea ce ştiu sau cred eu despre ea?

Lecţia 2. Identificarea componentelor modelului de exersat (concepte, secvenţe, proceduri).

„Dispozitivul Young, lama cu feţe plane paralele şi pana optică”

Cum pot fi obţinute unde luminoase coerente, având în vedere că sursele naturale de lumină sunt surse necoerente (*conflict cognitiv*)? Elevii reperează această problemă (fluxul luminos emis de o sursă de lumină monocromatică se împarte printr-un procedeu oarecare în două fascicule care ulterior se reîntâlnesc) şi identifică procedeele de separare; modifică (prin încercare şi eroare) parametrii dispozitivului Young, grosimea lamei, unghiul de incidenţă a razelor pe lamă sau unghiul penei optice pentru a observa distribuţia spaţială a franjelor de interferenţă, respectiv, identificarea interferenţei nelocalizate şi a interferenţei localizate.

Profesorul (pe parcursul lecţiei):

- **dezbate** cu elevii ideea că pentru obţinerea 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 fiind divizarea frontului de undă şi divizarea amplitudinii undei;
- **oferă elevilor materiale** pentru experiment: banc optic, sursă de lumină obişnuită sau sursă laser, suporturi culisante, filtre monocromatice, fantă simplă, fantă dublă (sau *diapozitiv de fante Young*- un diapozitiv de celuloid negru pe care s-au trasat două linii transparente apropiate, având rol de fante), lentile convergente, ecran, lame subțiri, cadru de sârmă, soluție glicerică, vas de sticlă cu suprafața mai mare, pipetă, ulei uzat tratat cu un solvent/benzină;
- **prezintă** fenomenul cunoscut sub numele de *culorile lamelor subțiri;*
- **face precizări** referitoare la obținerea interferenței nelocalizate și a interferenței localizate;
- **organizează** activitatea elevilor pe grupe, oferind sarcini de lucru diferite fiecărei grupe;
- **cere** elevilor **să prezinte** rezultatele obţinute şi să formuleze concluzii cu privire la localizarea franjelor de interferență în toate cazurile studiate experimental.

În acest scop, **elevii** sunt ghidaţi (***variantă de abordare***):

Activitatea 1 (***Gândiţi, lucraţi în perechi, comunicaţi!*** – **10 min.**)

- **să identifice**, respectiv, să **distingă** modalitatea de producere a undelor coerente prin separarea unor fascicule de lumină dintr-un fascicul provenit de la o sursă de lumină monocromatică, urmată de suprapunerea lor, pentru cazul dispozitivului Young, a lamei cu feţe plane paralele sau a penei optice etc.;

Activitatea 2 (***Investigaţie în grup*** – **25 min.**)

Organizaţi în grupe, elevii vor studia experimental interferența luminii prin formarea şi observarea directă a franjelor de interferență nelocalizată (dispozitivul Young) şi localizată (culorile lamelor subțiri).

Grupa I : Interferenţa luminii cu *dispozitivul Young*

- **să realizeze** dispozitivul experimental pentru obținerea franjelor nelocalizate (elevii așează pe bancul optic, folosind suporturile culisante, piesele în următoarea ordine: sursa de lumină, placa suport cu fanta simplă împreună cu filtrul monocromatic (roşu), apoi placa suport cu fanta dublă sau diapozitivul cu fante Young la aproximativ 20 cm de fanta simplă, placa suport cu lentila convergentă, ecranul);
- **să aranjeze** piesele pe bancul optic astfel ca fantele să fie iluminate complet de lumina provenită de la sursă (toate fantele sunt paralele între ele);
- **să observe** imaginea franjelor de interferență cu ajutorul lentilei convergente sau privind direct pe ecranul situat la mare distanță (2–4 m);
- **să modifice** distanța dintre fante prin înlocuirea celor două fante cu altele situate la o altă distanță (dacă există diapozitivul cu fante Young cu distanța dintre fante 0,5 mm – 0,7 mm – 0,9 mm) și **să observe** din nou figura de interferență;
- **să modifice** distanța de la planul fantelor la ecran și **să urmărească** distribuţia spaţială a franjelor de interferență;

- **să descrie** modificările figurii de interferenţă rezultate din modificarea parametrilor dispozitivului Young;

- **să efectueze** experimentul folosind pe rând lumină monocromatică (se utilizează filtrele monocromatice sau sursa laser) și lumină albă (fără filtre);

- **să descrie** figura de interferenţă formată când se folosește lumină monocromatică, respectiv lumină albă;

- **să formuleze** concluzii cu privire la localizarea franjelor de interferenţă în acest experiment;

Grupa II: Alte explorări ale interferenței luminii folosind *diapozitivul cu fante Young*

- **să privească** o sursă obișnuită de lumină (bec sau lumânare), aflată la câțiva metri, prin diapozitivul cu fante Young (distanța dintre fante 0,2 – 0,6 mm) ținut aproape de ochi;

- **să descrie** fenomenul observat (franjele de interferenţă);

- **să proiecteze** raza unui laser pe un perete aflat la 3–4 m (sau mai mult) distanţă de sursa laser;

- **să așeze** diapozitivul cu fante Young în fața laserului așa încât fasciculul laser să treacă prin cele două fante;

- **să descrie** fenomenul observat pe perete (franjele de interferenţă);

- **să formuleze** concluzii cu privire la localizarea franjelor de interferenţă în acest experiment;

Grupa III: Alte explorări ale interferenței luminii folosind fenomenul cunoscut sub numele de *culorile lamelor subțiri*

- **să realizeze** balonașe de soluție glicerică (săpun) și **să descrie** peliculele acestor balonașe;

- **să realizeze** pe un cadru de sârmă o peliculă subțire de soluție glicerică (săpun);

- **să țină** cadrul vertical și **să privească** pelicula prin reflexie, utilizând lumina ce provine de la o sursă extinsă (geam, tub fluorescent etc.);

- **să descrie** franjele de interferenţă care se formează pe măsură ce pelicula se subțiază sub efectul gravitației;

- **să pună** apă într-un vas de sticlă cu suprafață mai mare, iar pe suprafața apei să lase, cu ajutorul unei pipete, o picătură de ulei uzat tratat eventual cu un solvent (sau o picătură de benzină); pelicula de ulei se va întinde pe suprafața apei formând o pată subțire de grosime comparabilă cu lungimea de undă a luminii vizibile;

- **să privească** prin reflexie spre geam la lumina zilei și **să descrie** ce se observă pe toată suprafața peliculei, sau numai pe anumite porțiuni;

- **să privească** pata de ulei sub unghiuri de incidenţă din ce în ce mai mari și **să descrie** fenomenul observat;

- **să repete** experimentul pentru două picături, trei picături etc. și **să descrie** fenomenul observat pe măsură ce crește grosimea petei de ulei;

- **să formuleze** concluzii cu privire la localizarea franjelor de interferenţă în cazurile studiate;

Activitatea 3 (*Știu, vreau să știu, am învățat* – 5 min.)

- **să formuleze** un lanţ de constatări şi generalizări parţiale, precum: „*Poziţia franjelor de interferenţă şi distanţa dintre acestea se modifică la modificarea distanţei dintre fante sau a distanţei dintre planul fantelor şi ecran în cazul dispozitivului Young (interferenţă nelocalizată).*”; „*Distribuţia franjelor de interferenţă se modifică la modificarea grosimii lamei sau a unghiului penei.*”;„*Ffranjele sunt localizate la infinit pentru lamă şi într-un plan în cazul penei optice (interferenţă localizată).*” etc.

Evaluarea de la finalul lecției (10 min.)

III. Reflecţie–Explicare
Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Lecţia 3. Organizarea datelor obţinute prin exersare, compararea cu modelul original şi propunerea unor generalizări.

Interferența nelocalizată. Dispozitivul Young

„Maxime de interferenţă, minime de interferenţă şi interfranja în cazul dispozitivului Young”

În această etapă, problema care declanşează învăţarea este constatarea apariţiei franjelor colorate în cazul interferenţei în lumină albă, maximele de interferenţă de diferite culori fiind puţin deplasate unul faţă de altul (*conflict cognitiv*). Elevii, plecând de la sinteza datelor colectate în etapa de *Explorare* şi de la faptul că rezultatul interferenţei este condiţionat de valoarea diferenţei de fază şi implicit de valoarea diferenţei de drum optic dintre undele care interferă, determină poziţia maximelor şi minimelor de interferenţă, expresia interfranjei în cazul dispozitivului Young.

Profesorul (pe parcursul lecţiei**):**

Activitatea 1 (***Prelegere interactivă*** – **10 min.**)

- **implică** elevii în realizarea unei scheme simplificate a dispozitivului Young;
- **solicită** elevilor **să calculeze** diferența de drum dintre două raze care interferă într-un punct din câmpul de interferență și **să găsească** poziția maximelor și minimelor de interferență;
- **defineşte** noţiunea de interfranjă;
- **analizează** cu elevii interferența în lumină albă.

Elevii sunt stimulaţi (***variante de abordare***):

Activitatea 2 (***Gândiți, lucrați în perechi, comunicați*** **–25 min.**)

- **să reprezinte** schema simplificată a dispozitivului Young, cu respectarea notațiilor indicate;
- **să calculeze** diferența de drum dintre două raze care interferă într-un punct din câmpul de interferență;
- **să determine** poziţiile maximelor şi minimelor de interferenţă;
- **să găsească** expresia matematică a interfranjei;
- **să evalueze** interfranja în cazul dispozitivului Young;
- **să analizeze** *interferența în lumină alb*ă: **să constate** că lumina albă este un amestec de unde cu diferite lungimi de undă și **să sesizeze** că pozițiile maximelor de interferență depind de lungimea de undă;

Activitatea 3 (***Știu – Vreau să știu – Am învățat*** **–5 min.**)

- **să formuleze** constatări/concluzii în privinţa: influenţei lungimii de undă, a distanţei dintre fante sau a distanţei dintre planul fantelor şi ecran, asupra interfranjei în dispozitivul Young; interferenței în lumină albă („*Radiațiile cu lungimi de undă diferite nu interferă între ele, fiecare radiație monocromatică determină apariția unui sistem propriu de franje.”; „Poziția maximului central nu depinde de lungimea de undă, deci franja centrală este albă.”; „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.”).*

Evaluarea de la finalul lecţiei (10 min.)

Lecţia 4. Organizarea datelor obţinute prin exersare, compararea cu modelul original şi propunerea unor generalizări.

Interferența localizată. Lame subțiri

„Franje de egală înclinare, franje de egală grosime şi interfranja în cazul lamei cu feţe plane paralele şi al penei optice”

În această etapă, problema care declanşează învăţarea este constatarea apariţiei franjelor de egală înclinare şi a franjelor de egală grosime când interferenţa luminii se produce cu lama cu feţe plane paralele, respectiv, cu pana optică (*conflict cognitiv*). Elevii, plecând de la sinteza datelor colectate în etapa de *Explorare* şi de la faptul că rezultatul interferenţei este condiţionat de valoarea diferenţei de fază şi implicit de valoarea diferenţei de drum optic dintre undele care interferă, determină expresia interfranjei în cazul penei optice și analizează starea de interferență în cazul lamei cu fețe plane paralele şi al penei optice.

Profesorul (pe parcursul lecţiei**):**

Activitatea 1 (***Prelegere interactivă*** – **5 min.**)

- **dezbate** cu elevii ideea că *lama cu fețe plan paralele* este un alt *dispozitiv interferențial* cu ajtorul căruia se poate studia interferența luminii și face precizarea că în acest caz se pot obține *franje de interferență prin reflexie și prin transmisie*;
- **implică** elevii în realizarea unei scheme simplificate a mersului razelor de lumină prin lama cu fețe plan-paralele;
- **solicită** elevilor **să calculeze** diferența de drum dintre razele care interferă și **să particularizeze** pentru incidență normală;

- 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*).

Elevii sunt stimulaţi (***variante de abordare***):

Activitatea 2 (***Gândiți, lucrați în perechi, comunicați!*** **– 15 min.**) (interferența luminii cu lama cu fețe plan-paralele prin reflexie)

- să reprezinte printr-un desen mersul razelor de lumină prin lama cu fețe plan-paralele, cu respectarea notațiilor indicate;

- să explice cum se formează undele coerente în acest caz şi unde sunt localizate franjele de interferență;

- **să observe** (în analogie cu reflexia undelor mecanice din coarda elastică) că reflexia pe prima față a lamei se face pe un mediu mai dens (prin reflexie se introduce un defazaj de π radiani), deci apare în diferența de drum optic termenul $\lambda/2$;

- **să determine** diferenţa de drum optic dintre razele care interferă;

- **să calculeze** diferența de drum optic pentru incidență normală;

- **să explice** de ce inelele sunt bine conturate dacă lama este perfect plan-paralelă;

Profesorul (pe parcursul lecției**):**

Activitatea 3 (***Prelegere interactivă*** – **5 min.**)

- **dezbate** cu elevii ideea că pana optică este un alt *dispozitiv interferențial* cu ajutorul căruia se poate studia interferența luminii și face precizarea că în cazul unei *pene optice de unghi variabil* se obține o figură de interferență cunoscută sud numele de *inelele lui Newton*;

- **implică** elevii în realizarea unei scheme simplificate a mersului razelor de lumină prin pana optică;

- **solicită** elevilor **să determine** interfranja în cazul penei optice;

- **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*.

Elevii sunt stimulaţi (***variante de abordare***):

Activitatea 4 (***Gândiți, lucrați în perechi, comunicați!*** – **10 min.**) (interferență a luminii cu pana optică)

- să reprezinte printr-un desen mersul razelor de lumină prin pana optică, cu respectarea notațiilor indicate;

- să explice cum se formează undele coerente în acest caz şi unde sunt localizate franjele de interferență;

- **să determine** interfranja în cazul penei optice folosind rezultatele de la lama cu fețe plane paralele, pentru o incidență normală pe pană;

- **să constate** că franjele de interferență sunt drepte, echidistante, paralele între ele și cu muchia penei;

Activitatea 5 (***Știu – Vreau să știu – Am învățat*** – **5 min.**)

- să formuleze concluziile şi un lanţ de **constatări** precum: *„În cazul interferenței luminii cu lama cu fețe plan-paralele 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.”; „În cazul interferenței luminii cu pana optică, în condiţiile unghiurilor penei foarte mici, franjele sunt localizate într-un plan virtual ce trece prin vârful penei.”; „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.”; „În cazul luminii albe franjele sunt colorate, iar în lumină monocromatică maximele luminoase au o singură culoare.”*

Evaluarea de la finalul lecției (10 min.)

IV. Aplicare–Transfer
Ce convingeri îmi oferă această informaţie?

Lecţia 5. Testarea modelului obţinut, prin includerea altor cazuri particulare.

„Rezolvarea problemelor de interferenţă. Alte dispozitive interferenţiale”

În această lecţie, plecând de la definiţia fenomenului de interferenţă, condiţiile în care se produce şi particularităţile dispozitivelor de interferenţă nelocalizată studiate, se urmăreşte rezolvarea unor probleme concrete şi explicarea funcţionării altor dispozitive interferenţiale *reductibile la dispozitivul Young*.

Profesorul (pe parcursul lecţiei**):**

- prezintă elevilor situații noi, cu exemple cât mai diferite, pentru ca aceştia să exerseze aplicarea relațiilor stabilite la studiul interferenței luminii în modelul dispozitivului Young;

- prezintă o schemă simplificată a altor dispozitive interferențiale *reductibile la dispozitivul Young*;

- prezintă formula interfranjei, care a fost determinată pentru fiecare dispozitiv interferențial, plecând de la relația interfranjei stabilită în cazul dispozitivului Young;

- dezbate cu elevii ideea că modelul dispozitivului Young aplicat la alte dispozitive interferențiale permite calcularea interfranjei cu aceeaşi formulă.

În acest context, profesorul ghidează gândirea elevilor către (***variantă de abordare***):

Activitatea 1 (***Gândiţi, lucraţi în perechi, comunicaţi!*** **–20 min.**) Rezolvarea unor probleme de interferenţă a luminii în dispozitive de interferenţă nelocalizată – dispozitivul Young

- determinarea poziţiei maximelor/ minimelor de interferenţă şi a interfranjei;

- studierea variaţiei mărimilor cerute la variația distanţei dintre fante, a distanţei dintre planul fantelor şi ecran, a indicelui de refracţie al mediului în care se introduce dispozitivul etc.;

- deplasarea sistemului de franje prin introducerea unei lame subțiri în calea unuia din fasciculele care interferă, respectiv, prin deplasarea sursei de lumină după o direcție paralelă cu distanța dintre fante (sarcină de lucru facultativă - în funcție de profil, specializare și în acord cu particularitățile individuale ale elevilor se poate extinde în afara orelor de clasă – ca temă pentru acasă);

Activitatea 2 (***Gândiţi, lucraţi în perechi, comunicaţi!***–**20 min.**)

În fișele de lucru sunt prezentate schemele simplificate ale următoarelor dispozitive interferențiale: oglinzile lui Fresnel, biprisma Fresnel, bilentilele Billet, oglinda Lloyd. Elevii vor studia în clasă **două** din cele **patru** dispozitive interferențiale (*la alegere*), iar celelalte două rămân *temă pentru acasă*.

- să identifice elementele prezentate în schemă pentru dispozitivul interferențial ales;

- să descrie modul în care se obțin cele două surse coerente cu acest dispozitiv;

- să analizeze formula interfranjei pentru dispozitiv interferențial interferențial ales;

- să formuleze constatări/concluzii, precum: *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; interfranja 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.*

Evaluarea de la finalul lecţiei (10 min.)

Lecţia 6. Testarea modelului obţinut, prin includerea altor cazuri particulare.

„Rezolvarea problemelor de interferenţă. Alte dispozitive interferenţiale”

În această lecţie, plecând de la definiţia fenomenului de interferenţă, condiţiile în care se produce şi particularităţile dispozitivelor de interferenţă localizată studiate, se urmăreşte rezolvarea unor probleme concrete şi explicarea funcţionării altor dispozitive interferenţiale.

Profesorul (pe parcursul lecţiei**):**

- prezintă elevilor situații noi, cu exemple cât mai diferite, pentru ca aceştia să exerseze aplicarea relațiilor stabilite la studiul interferenței luminii cu ajutorul lamelor subțiri;

- prezintă o schemă simplificată a dispozitivului interferențial pentru observarea inelelor lui Newton (*pana optică de unghi variabil)*;

- dezbate cu elevii ideea că locurile de egală grosime în pană vor forma cercuri de rază *r* având centrul în punctul de contact dintre lentilă și lamă;

- prezintă formula pentru raza inelului luminos de ordin *k* și raza inelului întunecat de ordin *k*, având în vedere că în aceste condiții se obțin franje de interferență circulare numite *inelele lui Newton*.

În acest context, profesorul ghidează gândirea elevilor către (***variantă de abordare***):

Activitatea 1 (***Gândiţi, lucraţi în perechi, comunicaţi*** **–20 min.**) Rezolvarea unor probleme de interferenţă a luminii în dispozitive de interferenţă localizată – lama cu feţe plane paralele şi pana optică

- determinarea expresiei diferenței de drum optic;

- calculul lungimii de undă a unei radiaţii incidente pe lamă cunoscând grosimea acesteia, indicele de refracţie, unghiul de incidenţă şi ordinul unui maxim de interferenţă obţinut etc.;

- determinarea interfranjei cunoscând unghiul penei, indicele de refracţie al materialului şi lungimea de undă a radiaţiei incidente normal etc.;

Activitatea 2 (***Gândiți, lucrați în perechi, comunicați!*** **–20 min.**) Explicarea interferenței în cazul dispozitivului pentru observarea inelelor lui Newton

- să descrie modul în care se obține franje de interferență cu acest dispozitiv: **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;

-să analizeze și să descrie starea de interferență;

- să formuleze constatări/concluzii, precum: *raza inelelor depinde de valoarea lungimii de undă; producerea inelelor lui Newton permite să se determine: 1. raza de curbură a lentilei plan convexe dacă se cunoaște lungimea de undă a radiației folosite pentru obținerea inelelor lui Newton; 2. lungimea de undă a luminii folosite pentru obținerea inelelor lui Newton dacă se cunoaște distanța focală a lentilei plan convexe.*

Profesorul extinde activitatea elevilor în afara orelor de clasă și **cere** elevilor să se documenteze, folosind sursele bibliografice puse la dispoziție și să prezinte în ora următoare tema: *Interferența luminii în natură și tehnică,* oferind următoarea structură:

1. Exemple de situații, unde se observă adeseori fenomenul de interferență în natură
2. Utilizarea unor dispozitive interferențiale în determinarea unor caracteristici ale luminii
3. Aplicații în tehnică ale interferenței localizate

Evaluarea de la finalul lecției (10 min.)

Cum pot utiliza această informaţie?
Ce anume pot face în alt fel, acum când deţin această informaţie?

Lecţia 7. Extinderea sferei noilor cunoştinţe prin includerea altor informaţii.

„Interferența luminii în natură și tehnică”

În această lecție, elevii sunt confruntaţi cu modele de cunoaştere (relaţii conceptuale, scheme procedurale) mai flexibile, mai eficiente, prin testarea, extinderea şi consolidarea explicaţiilor anterioare în situaţii noi. Elevii fac încercări de aplicare a cunoştinţelor însuşite (interferența luminii nelocalizată și localizată) în situaţii inedite – interferența luminii în natură și aplicațiile interferenței în tehnică, observând şi analizând reuşitele parţiale ca *reprezentări succesive* ale scopului vizat.

Profesorul organizează activitatea elevilor pe grupe.

În acest scop, **elevii** pot fi implicaţi în următoarele activităţi (***variantă de abordare***):

Activitatea 1 (***Gândiți, lucrați în perechi, comunicați!*** **–20 min.**)

- descriu și explică situaţii, unde se observă adeseori fenomenul de interferență în natură (descriere, explicaţii, desene schematice, imagini, culorile lamelor subțiri);

- prezintă, pe scurt, unele metode de determinare cu precizie: a lungimilor de undă ale radiaţiilor luminoase folosind dispozitivul Young; a grosimilor lamelor transparente foarte subțiri; a indicelui de refracție al unui mediu folosind expresia interfranjei deduse la pana optică etc.;

Activitatea 2 (***Interviul în grup*** **– 22 min.**)

Se alcătuiesc două tipuri de grupe: grupele impare vor prezenta *Utilizarea unor dispozitive interferențiale în determinarea unor caracteristici ale luminii*, iar grupele pare vor prezenta *Aplicații în tehnică ale interferenței localizate*.

Grupele impare: *Utilizarea unor dispozitive interferențiale în determinarea unor caracteristici ale luminii*

- prezintă, în urma unei selecții anterioare, informații privind utilizarea unor dispozitive interferențiale în determinarea unor caracteristici ale luminii: determinarea indicelui de refracție, a lungimii de undă, măsurarea precisă a distanțelor, măsurarea precisă a unghiurilor prin metode interferometrice, controlul calității suprafețelor polizate (oglinzi, lentile) ale sistemelor optice, holografia (producerea și observarea unei holograme);

Grupele pare: *Aplicații în tehnică ale interferenței localizate*

- prezintă, în urma unei selecții anterioare, unele aplicații în tehnică ale interferenței localizate: informaţii obţinute din studierea deplasării sistemului de franje (determinarea grosimii unor piese transparente alcătuite din materiale cu indice de refracţie cunoscut, a indicelui de refracţie când se cunoaşte

grosimea, a lungimii de undă când se cunosc *n* şi *d*), verificarea planeităţii suprafeţelor, optica albastră, filtrele interferenţiale etc.

La finalul unităţii de învăţare (**8 min.**) elevii sunt implicaţi în realizarea unor momente de *feedback metacognitiv*, necesare evaluării sarcinilor urmărite/ realizate pe parcursul întregii unităţi de învăţare.

În acest scop, pe lângă ***Harta „Ştiu. Vreau să ştiu. Am învăţat"***sau ***"Eseul de 5 minute"***, pot fi folosite şi alte instrumente de evaluare formativă, potrivit inventarului de sugestii de evaluare.

Pentru evaluarea finală (**1 oră**), pot fi folosite o serie de instrumente de evaluare cu caracter sumativ, prezente în inventarul de sugestii de evaluare.

Bibliografie

(1) Ionescu-Andrei, Rodica; Onea, Cristina; Toma, Ion, *Fizică. Manual pentru clasa a XI-a*, Grup Editorial ART, Bucureşti, 2007;
(2) Simona, Bratu; Adrian, Motomancea; Ion, Apostol, *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 2006;
(3) Mantea, Constantin; Garabet, Mihaela, *Fizică. Manual pentru clasa a XI-a*, Editura BIC ALL, Bucureşti, 2006;
(4) Mihai, Popescu; Valerian, Tomescu; Smaranda, Strazzaboschi; Mihai, Sandu, Fizică, Manual pentru clasa a XI-a, Editura LVS crepuscul, Bucureşti, 2006;
(5) Societatea de ştiinţe fizice şi chimice din România, Probleme rezolvate de fizică, Editura Universul, Bucureşti, 1993;
(6) Stelian, Ursu; Ion, Toma; Rodica, Ionescu; Cristina, Onea, *Ghid pentru lucrări practice pentru laboratorul de fizică*, clasa a XI-a, Editura Radical, 1996;
(7) Chiriţă, M., *Fizică. Culegere de probleme, clasele a XI-a–a XII-a*, Editura Tamar, 2011;
(8) http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-interference;
(9) http://escoala.edu.ro/labs/#113.

Anexă

Competenţele specifice ale programei şcolare pentru clasa a XI-a/3252 /13.02.2006, repartizate pe secvenţele unităţii de învăţare

Secvenţele unităţii de învăţare	Competenţele specifice ale programei şcolare
Secvenţa I. Evocare–Anticipare	• Analiza calitativă şi **cantitativă* a fenomenului de interferenţă, cu precizarea condiţiilor de obţinere a interferenţei staţionare; • Analiza calitativă a distribuţiei energiei în interferenţa staţionară;
Secvenţa II. Explorare–Experimentare	• Investigarea experimentală a interferenţei luminii utilizând dispozitive de interferenţă nelocalizată; • Investigarea experimentală a interferenţei luminii utilizând dispozitive de interferenţă localizată;
Secvenţa III. Reflecţie–Explicare	• Explicarea calitativă şi cantitativă a funcţionării unor dispozitive de interferenţă nelocalizată–dispozitivul Young; • Explicarea calitativă şi cantitativă a funcţionării unor dispozitive de interferenţă localizată (lama cu feţe plan paralele, pana optică);
Secvenţa IV. Aplicare–Transfer	• Rezolvarea unor probleme de interferenţă a luminii în dispozitive de interferenţă nelocalizată; • (*)*Rezolvarea unor probleme de interferenţă a luminii în dispozitive de interferenţă localizată*; • Explicarea calitativă şi cantitativă a funcţionării unor **alte dispozitive echivalente cu dispozitivul Young;*

	• Utilizarea unor dispozitive interferenţiale simple în determinarea unor caracteristici ale luminii; • Identificarea şi explicarea calitativă a unor aplicaţii în tehnică ale interferenţei localizate (planeitate, (*)*„optica albastră”*).