Unitatea de învăţare: XI.15
Polarizarea luminii

„De ce folosim filtre polarizoare pentru a obţine fotografii reuşite?”
şi
„Ştiaţi că reflexia poate fi... selectivă?”

Clasa: **a XI-a**.
Numărul orelor/lecţiilor: **4+1**.
Conţinuturi repartizate: **3.4 (*) *Polarizarea luminii. Aplicaţii*.** Noţiuni de bază. Obţinerea luminii polarizate liniar: polarizarea prin reflexie; polarizarea prin birefringenţă. Legea lui Malus. Aplicaţii ale fenomenului de polarizare a luminii în ştiinţă şi tehnică (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, a sarcinilor);	2. **Identificarea componentelor** modelului de exersat (concepte, secvenţe, proceduri);
III. Reflecţie–Explicare	**Lecţia 3. Elaborarea/enunţarea** noilor cunoştinţe (definiţii, generalizări);	3. **Organizarea datelor** obţinute prin exersare, compararea cu modelul original şi propunerea unor generalizări;
IV. Aplicare–Transfer	**Lecţia 4. Sistematizarea şi consolidarea** noilor cunoştinţe; Dezvoltarea atitudinilor, a percepţiei valorilor. **Evaluarea rezultatelor învăţării**.	4. **Testarea modelului** obţinut, prin includerea altor cazuri particulare; 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 grupele de elevi): banc optic, sursă de lumină albă, laser, ecran şi filtrele polarizoare din trusa de optică, ochelari cu lentile polarizante, ecrane LCD TFT (telefon, monitor de calculator, alte tipuri de afişaje LCD), dispozitive de polarizare prin reflexie (de exemplu, aparat Nörrenberg), softuri educaţionale, filme didactice.
O privire de ansamblu asupra strategiei didactice: Succesiunea lecţiilor corespunde etapelor *modelării*, declanşate în clasă pentru a răspunde la întrebarea „De ce folosim filtre polarizoare pentru a obţine fotografii reuşite?”.
Strategia abordării întrebării este **proactivă**: elevii îşi însuşesc conceptul (polarizarea luminii – cu noţiunile: undă transversală, vector luminos, polarizor, analizor, unghi de incidenţă Brewster, birefringenţă, rază ordinară şi extraordinară etc.) explorând elementele sale (polarizarea undelor transversale, unda luminoasă – undă transversală, oscilaţiile vectorului luminos, starea de polarizare, separarea razelor ordinară şi extraordinară) şi testându-le în situaţii diferite (polarizare prin reflexie, modificarea stării de polarizare,

[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

rază de lumină total polarizată prin reflexie la incidenţă brewsteriană, rază ordinară care respectă legile refracţiei, rază extraordinară ce încalcă aceste legi etc.).

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.

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.

„Lumină naturală. Lumină polarizată. Obţinerea luminii polarizate"

În această lecţie, au loc următoarele procese: i) identificarea scopului urmărit (obţinerea luminii polarizate); ii) identificarea procedurilor care trebuie imaginate pentru îndeplinirea scopului (modalităţi de obţinere a undelor luminoase polarizate: prin transmisie, prin reflexie, prin refracţie, prin împrăştiere); iii) proiectarea demersului de rezolvare (etapele experimentării, mijloacele necesare, anticiparea riscurilor/dificultăţilor/erorilor, integrarea constrângerilor care apar) plecând de la natura electromagnetică şi caracterul transversal al undei luminoase, prin efectuarea/evocarea unor observaţii simple: folosirea ochelarilor cu lentile polaroid când privim un ecran LCD din diferite poziţii, suprapunerea în diverse poziţii a două lentile polaroid, compararea unor fotografii realizate cu şi fără filtre polarizoare, observarea imaginii unui obiect de mici dimensiuni prin spatul de Islanda, cu şi fără filtre polarizoare etc.

Profesorul le **oferă elevilor materiale**: sursă de lumină, filtre/pelicule polarizoare, ecran, fotografii realizate cu şi fără filtre polarizoare, ochelari cu lentile polaroid, ecran LCD, cristal de carbonat de calciu – spat de Islanda, secvenţe de filme care prezintă situaţii de polarizare a luminii etc. (Activităţile 1 şi 2) şi ghidează elevii.

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

Activitatea 1 (***Brainstorming în grup*** **– 10 min.**)

- **evocă** observaţii, experienţe şi întâmplări personale referitoare la: utilizarea filtrelor polaroid în cazul efectuării unor observaţii în mediul înconjurător şi/sau a fotografierii; reducerea intensităţii luminoase prin folosirea încrucişată a filtrelor polarizoare; folosirea ochelarilor de soare cu diverse tipuri de lentile; reflexia luminii pe diferite tipuri de suprafeţe;
- **formulează răspunsuri** (ipoteze, explicaţii) la întrebarea de investigat „De ce folosim filtre polarizoare pentru a obţine fotografii reuşite?";

Activitatea 2 (***Investigaţie în grup*** **– 15 min.**)

- **observă** şi **analizează** experimental sau prin vizionarea unor secvenţe de film (vezi bibliografia) diferite situaţii în care se produce polarizarea luminii, prin efectul de reducere a intensităţii luminoase, intensificare a culorilor, eliminare a reflexiilor nedorite sau a efectelor de strălucire;
- **identifică** metodele de obţinere a luminii polarizate (prin transmisie, prin reflexie, prin refracţie, prin împrăştiere);
- **comunică** observaţiile şi rezultatele;

Activitatea 3 (***Prelegere interactivă*** **– 15 min.**)

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

- **discută** împreună cu elevii despre natura electromagnetică şi caracterul transversal al undelor luminoase;
- **explică** conceptul de lumină nepolarizată / lumină polarizată şi caracterizează lumina naturală, lumina parţial polarizată şi lumina total polarizată;
- **descrie** elevilor dispozitivele numite filtre polarizoare (polaroizi) şi **precizează** că acestea pot îndeplini rol de *polarizor* (pentru selectarea stării de polarizare) sau *analizor* (pentru stabilirea stării de polarizare);

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

- **dezbate** cu elevii ideea că, la reflexia-refracţia luminii pe dielectrici transparenţi, oscilaţiile vectorului câmp electric (luminos) se pot descompune în două componente: o componentă paralelă cu planul de incidenţă (oscilaţia are loc chiar în acest plan) şi o componentă perpendiculară pe planul de incidenţă (oscilaţia are loc perpendicular pe acest plan).

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).

Polarizarea prin reflexie. Legea lui Brewster

„De ce pescarii preferă să poarte ochelari cu lentile polaroid?"

În această etapă se porneşte de la întrebarea: „De ce pescarii preferă să poarte ochelari cu lentile polaroid?" (*conflict cognitiv*). Elevii reperează problema (obţinerea din lumină naturală, prin reflexie, a luminii polarizate) şi, utilizând materialele puse la dispoziţie, experimentează reflexia unui fascicul de lumină albă pe o suprafaţă nemetalică, modificând valoarea unghiului de incidenţă şi verificând legea lui Brewster.

Profesorul prezintă următoarea situaţie-problemă: „Se poate ca, atunci când lumina este reflectată pe o suprafaţă plană, ea să se polarizeze? Puteţi explica? Ce credeţi că se întâmplă cu intensitatea luminii reflectate?", respectiv: „Credeţi că orientarea razei incidente influenţează gradul de polarizare al razei reflectate? Iar la polarizarea completă a acesteia, cum va fi oare orientată raza refractată?".

Profesorul le **oferă elevilor materiale** pentru experiment: dispozitive de polarizare prin reflexie (din trusa de optică) – de exemplu, aparatul Nörrenberg –, surse de lumină, ecrane / alternativ, utilizează experimente virtuale (de exemplu, filmul de la adresa http://www.youtube.com/watch?v=VlW2eJtNX0Y, sau portalul http://escoala.edu.ro/) şi le împarte elevilor fişele cu modul de lucru specific experimentului propus.

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

Activitatea 1 (***Interviul în perechi*** **– 5 min.**)

- **explică** ce înţeleg prin fenomenul de polarizare liniară a luminii sau lumină plan polarizată, respectiv selectarea unor direcţii preferenţiale de oscilaţie ale vectorului intensitate a câmpului electric din unda luminoasă;
- **evaluează** situaţia-problemă propusă şi exprimă opinii, fapte / oferă posibile explicaţii, răspunsuri, moduri de soluţionare etc.;

Activitatea 2 (***Investigaţie în grup*** **– 15 min.**)

- **identifică** componentele dispozitivului de polarizare prin reflexie;
- **realizează** experimentul urmând instrucţiunile din fişa de lucru / **urmăresc** experimentul realizat în film / **realizează** experimentul virtual de pe portalul eŞcoala;
- **determină** unghiul de incidenţă Brewster;
- **comunică** observaţiile şi rezultatele;

Activitatea 3 (***Brainstorming în grup*** **– 10 min.**)

- **formulează răspunsuri** (ipoteze, explicaţii) la întrebarea „Credeţi că orientarea razei incidente influenţează gradul de polarizare al razei reflectate? Iar la polarizarea completă a acesteia, cum va fi oare orientată raza refractată?";
- **stabilesc** legea lui Brewster pornind de la legea cunoscută a refracţiei, aplicată în particular la situaţia în care raza refractată este perpendiculară pe raza reflectată;

Activitatea 4 (***Gândiţi, lucraţi în perechi, comunicaţi*** **– 10 min.**)

- **formulează** concluzii parţiale sau preliminare, cum ar fi:
  - „În condiţiile incidenţei brewsteriene a luminii pe oglinda polarizoare (sau pe suprafaţa mediului dielectric), raza de lumină reflectată şi raza de lumină refractată sunt perpendiculare";
  - „Atunci când planele de incidenţă ale luminii pe cele două oglinzi sunt paralele între ele (vectorul luminos oscilează paralel cu suprafeţele oglinzilor şi este perpendicular pe planele de incidenţă), oglinda analizoare reflectă lumina";

- „Extincţia este fenomenul prin care o rază de lumină dispare complet (de exemplu: extincţia razei reflectate poate fi consecinţa reflexiei pe o suprafaţă dielectrică în anumite condiţii – incidenţă Brewster, raza incidentă polarizată în planul de incidenţă; extincţia unei raze prin absorbţie)";
- „Extincţia razei de lumină reflectate de oglinda analizoare se produce atunci când planele de incidenţă ale luminii pe cele două oglinzi sunt perpendiculare";
- „Raza de lumină reflectată de oglinda polarizoare (sau de suprafaţa mediului dielectric), la incidenţă brewsteriană, este total polarizată, iar oscilaţiile vectorului luminos au loc perpendicular pe planul de incidenţă";
- „Raza de lumină refractată de oglinda polarizoare (sau prin mediul dielectric), la incidenţă brewsteriană, este parţial polarizată, dar având cel mai mare grad de polarizare";

- **scriu** expresia matematică a legii lui Brewster şi o aplică într-o situaţie dată;
- **comunică** observaţiile şi rezultatele.

Evaluarea de la finalul lecţiei (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.

Legea lui Malus. Polarizarea prin birefringenţă

„În 1669, un matematician danez, Erasmus Bartholinus, vede... dublu prin... spatul de Islanda"

În această etapă de reflecţie–explicare, elevii, plecând de la sinteza datelor colectate în etapa de *Explorare*, descoperă aspecte comune (sau „constante") ale fenomenelor observate şi disting *pattern*-uri între datele colectate. Pornind de la constatarea din lecţia precedentă, că gradul de polarizare a luminii şi implicit intensitatea razei emergente depind de poziţiile relative ale celor două oglinzi dielectrice, elevii vor enunţa legea lui Malus, apoi vor descoperi fenomenul de birefringenţă, *conflictul cognitiv* fiind declanşat de întrebarea: „Putem separa o rază de lumină în două componente polarizate liniar în plane perpendiculare?".

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

Activitatea 1 (***Prelegere interactivă*** **– 15 min.**)

- **evocă** constatările din lecţia precedentă, referitoare la obţinerea luminii polarizate;
- **discută** cu elevii diferenţa dintre lumina naturală şi lumina polarizată, stabilind următoarele concluzii:
  - „Dispozitivele care duc la polarizarea luminii se numesc *polarizori*. Dacă într-un astfel de dispozitiv intră *lumină naturală*, la ieşire se obţine *lumină polarizată*. Rotind dispozitivul, planul de vibraţie se roteşte, dar *intensitatea fasciculului rămâne constantă*";
  - „Dacă lumina incidentă este *polarizată*, la ieşirea din dispozitiv se obţine tot *lumină polarizată*, dar cu o *intensitate variabilă* în funcţie de unghiul dintre planul de vibraţie incident şi planul de vibraţie emergent (variază deci odată cu rotirea dispozitivului). Drept urmare, aceste dispozitive se pot folosi şi pentru analizarea luminii, numindu-se în acest caz *analizori*";

- **enunţă**, cu ajutorul elevilor, legea lui Brewster: „Lumina reflectată la suprafaţa unui dielectric este total polarizată dacă între unghiul de incidenţă i_B, indicele de refracţie al mediului în care se propagă lumina (n_1) şi indicele de refracţie al mediului dielectric (n_2) există relaţia $\text{tg}\, i_B = n_2/n_1$";
- **evocă** împreună cu elevii ce se întâmplă cu intensitatea luminii polarizate la ieşirea din analizor, dacă acesta este rotit;
- **ghidează** elevii pentru a stabili variabila de care depinde intensitatea luminii polarizate la ieşirea din analizor;
- **enunţă** legea lui Malus: „Intensitatea luminii care trece prin analizor este proporţională cu pătratul cosinusului unghiului θ dintre direcţia de vibraţie a luminii polarizate incidente şi direcţia de vibraţie a luminii transmise, deci $I = I_0\cos^2\theta$";
- **explică** felul în care poate fi dedusă legea lui Malus, pornind de la relaţia dintre intensitatea luminii şi amplitudinea câmpului electric al undei şi ţinând cont de unghiul dintre planele de incidenţă ale luminii pe

cele două oglinzi (explicaţia/demonstraţia se poate face în activităţile extinse în afara orelor de clasă / se discută şi cazurile particulare $\theta = 0^o$, $\theta = 90^o$).

Elevii pot fi implicaţi în următoarele activităţi (***variantă de abordare***):

Activitatea 2 (***Observaţie dirijată, Brainstorming*** **– 15 min.**)

- **vizionează** secvenţe de film care pun în evidenţă dubla refracţie:
http://www.youtube.com/watch?v=WdrYRJfiUv0&feature=related;
http://www.youtube.com/watch?v=MoZar-gCj3E;
- **analizează** fenomenul observat, căutând explicaţii posibile, cu ajutorul profesorului;
- **formulează răspunsuri** (ipoteze, explicaţii) la problema de rezolvat, ca de exemplu: 1. „Calcitul (carbonatul de calciu cristalizat) este o substanţă cu proprietăţi speciale, care permite o refracţie dublă a luminii"; 2. „Viteza de propagare a luminii depinde de direcţia de propagare"; 3. „Cristalul prezintă anizotropie optică"; 4. „Materialele birefringente sunt caracterizate prin doi indici de refracţie"; 5. „Filtrele polarizoare permit observarea separată a celor două raze de lumină";

Activitatea 3 (***Gândiţi, lucraţi în perechi, comunicaţi*** **– 10 min.**)

- **se documentează** cu privire la noţiunile de anizotropie, cristal uniaxial, axă optică (direcţia de-a lungul căreia viteza de propagare nu depinde de orientarea vectorului luminos), caută exemple de materiale care prezintă birefringenţă (de exemplu: spatul de Islanda sau calcitul $CaCo_3$, turmalina, cuarţul SiO_2, rutilul TiO_2, gheaţa – dacă sunt monocristale; materialele plastice – dacă sunt supuse unor solicitări mecanice sau sunt pre-tensionate etc.);
- **definesc** fenomenul de birefringenţă („Unda luminoasă care se refractă la suprafaţa unui cristal anizotrop se separă în două componente polarizate liniar în plane perpendiculare, numite raza ordinară şi raza extraordinară");
- **prezintă** caracteristicile celor două raze: 1. „Planele de oscilaţie ale vectorului luminos în cele două raze de lumină, ordinară şi extraordinară, sunt perpendiculare unul faţă de celălalt"; 2. „Raza ordinară este polarizată liniar perpendicular pe planul format de normala în punctul de incidenţă şi direcţia axei optice, iar raza extraordinară este polarizată liniar paralel cu planul format de normala în punctul de incidenţă şi direcţia axei optice a cristalului"; 3. „Raza ordinară respectă legile refracţiei, în timp ce raza extraordinară nu"; 4. „Doar raza de lumină ce cade pe cristal de-a lungul axei optice a acestuia nu suferă o dublă refracţie";
- **formulează** constatări/concluzii asupra modului în care se obţine polarizarea luminii;
- **enunţă** legile învăţate (Brewster şi Malus).

Evaluarea de la finalul lecţiei (10 min.)

IV. Aplicare–Transfer

Ce convingeri îmi oferă această informaţie?
Ce anume pot face în alt fel, acum când deţin această informaţie?

Lecţia 4. Testarea modelului obţinut, prin includerea altor cazuri particulare. Extinderea sferei noilor cunoştinţe prin includerea altor informaţii.

Aplicaţii ale fenomenului de polarizare a luminii

„Curcubeul, un «arc»... polarizat?"

În această lecţie, atenţia elevilor se va concentra asupra consolidării conceptului de polarizare a luminii, prin utilizarea de noi probe, relativ similare celor deja experimentate. Plecând de la enunţuri generale referitoare la polarizarea luminii, modul de producere şi proprietăţile luminii polarizate, legile specifice fenomenului, elevii trebuie să ajungă la exemple particulare ale acestora, la situaţii practice în care apare fenomenul de polarizare a luminii, evidenţiind diverse aplicaţii ale acestuia: filtre polarizoare, fenomene de dicroism, teste de analiză a tensiunilor mecanice în materiale transparente, polarizarea rotatorie, filme 3D în lumină polarizată etc.

În partea a doua a lecţiei, elevii sunt confruntaţi cu modele de cunoaştere mai flexibile, mai eficiente, prin extinderea şi consolidarea explicaţiilor anterioare în situaţii inedite: Lumina curcubeului este polarizată? Care ar fi explicaţia posibilă? Există animale cu vedere polarizată? Unde întâlnim lumină polarizată în jurul nostru?), observând şi analizând reuşitele parţiale ca reprezentări succesive ale scopului vizat (asemănări şi deosebiri între diferite situaţii analizate).

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

Activitatea 1 (***Prelegere interactivă*** **– 20 min.**)

- **sistematizează** împreună cu elevii rezultatele şi constatările din lecţiile precedente, referitoare la polarizarea luminii;

- **expune** elevilor situaţii practice în care este prezent fenomenul de polarizare a luminii, discutând cu aceştia consecinţele ce decurg;

- **prezintă** cele mai importante aplicaţii ale fenomenului studiat, cum ar fi:



Fig. 1

- Filtre polarizoare utilizate pentru eliminarea sau diminuarea reflexiilor nedorite în timpul fotografierii sau filmării, prin eliminarea luminii polarizate orizontal (fig. 1 – www.digital-photo-secrets.com);
- Parbrizele autoturismelor, care sunt fabricate din folii polarizante;
- Ecrane/monitoare/display-uri de tip LCD, TFT etc.;
- Ochelari de soare cu lentile cu pelicule polaroid, utilizaţi de şoferi, pescari etc. (fig. 2 – www.fashioneyewear.co.uk – imagine cu şi fără ochelari polaroid);
- Ochelari speciali, cu lentile polaroid cu axe perpendiculare, pentru vederea 3D;
- Polarizarea luminii este implicată şi în industria divertismentului, de exemplu în realizarea filmelor 3D sau în holografie;
- Supravegherea video (în scopul îmbunătăţirii contrastului), îmbunătăţirea contrastului de culoare în cazul picturilor vechi;
- În biologie, lumina polarizată poate fi utilizată pentru determinarea mărimii şi formei virusurilor;
- În industrie, filtrele polarizoare sunt folosite pentru a realiza teste de analiză a tensiunilor mecanice în materiale transparente (fig. 3 – www.visionteksystems.co.uk);



Fig. 2



Fig. 3

- Polarizarea rotatorie (fenomenul de rotire a planului de polarizare a luminii total polarizate de către substanţe numite *optic active* – *levogire* şi *dextrogire*, după cum rotaţia planului de polarizare a luminii se face la stânga şi, respectiv, la dreapta);
- Fenomenul de dicroism, prin care cristalele (de exemplu, turmalina) ce prezintă fenomenul de birefringenţă (fig. 4 – www.olympusmicro.com) absorb selectiv şi inegal raza ordinară sau raza extraordinară (http://www.youtube.com/watch?v=lO8lAxI1K3c, http://www.youtube.com/watch?v=TzjKo7Cx2sQ&feature=related); fenomen optic prin care o substanţă apare diferit colorată atunci când este observată sub diferite unghiuri, în special în lumină polarizată (fig. 5 – turmalina, http://en.wikipedia.org/wiki/Pleochroism);



Fig. 4



Fig. 5

- Curiozităţi: animale cu vedere polarizată (insecte, animale subacvatice / nevertebrate de regulă);
- Paradoxul celor trei filtre polarizoare (http://www.youtube.com/watch?v=F5GqoV9wVh4);

- **ghidează** elevii în identificarea altor situaţii în care întâlnesc lumină polarizată în natură sau tehnologie (de exemplu, curcubeul, halourile, aurorele polare, lumina emisă de display-ul unui ceas digital, al unui bancomat etc.);

- **propune** elevilor o documentare asupra acestor aplicaţii, oferind surse bibliografice/linkuri utile, modalităţi de căutare a informaţiilor;

- **organizează** activitatea elevilor pe grupuri de lucru, oferind sarcini diferite de documentare fiecărui grup, prin fişe de lucru diferenţiate.

Ca urmare, elevii vor fi stimulaţi **să caute informaţii**, **să vizioneze secvenţe de film documentar**, **să organizeze materialele găsite în prezentări utile**, **să comunice rezultatele** obţinute.

În continuare, **elevii** sunt implicaţi în:

Activitatea 2 (***Gândiţi, lucraţi în grup, comunicaţi*** **– 22 min.)**

- **se documentează** asupra sarcinii de lucru repartizate de profesor;
- **selectează şi organizează** materialele găsite, referitoare la aplicaţiile luminii polarizate;
- **structurează** o prezentare PowerPoint care să descrie aplicaţiile studiate;
- **analizează şi explică** aplicaţiile studiate;
- **comunică** rezultatele la care ajung;
- **oferă** un posibil răspuns (eventual, cu ajutorul profesorului) la întrebarea iniţială („Curcubeul, un «arc»... polarizat?"), de exemplu: *Secvenţa culorilor curcubeului este cauzată de două refracţii ale luminii solare în picăturile de apă din atmosferă (la intrarea şi la ieşirea din picătură), în timp ce polarizarea curcubeului este produsă de reflexia internă pe suprafaţa din spate a picăturii; razele de lumină ajung pe această suprafaţă aproximativ sub unghi de incidenţă Brewster, deci cea mai mare parte a luminii reflectate este polarizată perpendicular pe planul de incidenţă. Planul de incidenţă este cel determinat de soare, picătură şi observator, ca urmare curcubeul este polarizat tangenţial la arc*.

(fig. 6 – http://www.polarization.com/rainbow/rainbow.html).

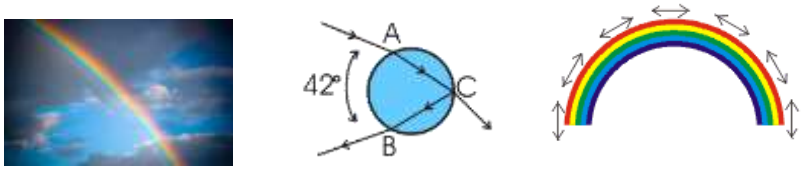

Fig. 6

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) Cone, Gabriela, *Fizică. Manual pentru clasa a XI-a*, Editura Books Unlimited, Bucureşti, 2007;
(3) Brătescu, G. G., *Optică*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1982;
(4) Popescu, Mihai; Tomescu, Valerian; Strazzaboschi, Smaranda; Sandu, Mihai, *Fizică. Manual pentru clasa a XI-a*, Editura LVS Crepuscul, Bucureşti, 2006;
(5) Toader, Emil; Spulber, Virgil, *555 teste de optică*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1989;
(6) Moţoc, Cornelia, *Fizică. Vol. I*, Editura All, Bucureşti, 1994;
(7) Feynman, Richard, *Fizica modernă*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1969;
(8) http://www.phys.utcluj.ro/PersonalFile/Cursuri/BarleaLaborator/Polarizare_lumina_2c.pdf;
(9) http://physics.phys.tuiasi.ro/~pnica/lucrarea4.pdf;
(10) http://www.physicsclassroom.com/class/light/u12l1e.cfm;
(11) http://www.polarization.com/;
(12) http://www.youtube.com/watch?v=lZ-_i82s16E;
(13) http://www.youtube.com/watch?v=H_NoE6tG-5M;
(14) http://www.youtube.com/watch?v=MNbg4Go8NR0;
(15) http://www.youtube.com/watch?v=KM2TkM0hzW8;
(16) http://www.youtube.com/watch?v=eYguAcvjN2o;
(17) http://www.youtube.com/watch?v=AjZZ0pv5d6c;
(18) http://www.youtube.com/watch?v=E9qpbt0v5Hw;
(19) http://www.youtube.com/watch?v=F5GqoV9wVh4;

(20) http://www.youtube.com/watch?v=ew9JNYwUtIo.

Anexă

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

Secvențele unității de învățare	**Competenţele specifice ale programei şcolare**
Secvenţa I. Evocare–Anticipare	• (**) *Identificarea şi analiza calitativă a fenomenului de polarizare totală a luminii naturale*;
Secvenţa II. Explorare–Experimentare	• (*) *Investigarea experimentală a polarizării luminii prin reflexie*; • (**) *Rezolvarea unor probleme de polarizare a luminii pe baza legii lui Brewster*;
Secvenţa III. Reflecţie–Explicare	• (*) *Modelarea fenomenului de polarizare utilizând interpretarea electromagnetică a luminii*; • (**) *Explicarea unor situaţii de polarizare a luminii pe baza legii lui Malus*;
Secvenţa IV. Aplicare–Transfer	• (*) *Identificarea şi explicarea calitativă a unor aplicaţii în ştiinţă şi tehnică a fenomenului de polarizare*.