

Noțiuni fundamentale de optică ondulatorie. Acțiunea biologică a radiațiilor UV, V și IR. *LASER*-ul

Natura electromagnetică a luminii

Caracterul dual undă – corpuscul al luminii

Unele fenomene luminoase pot fi explicate doar dacă se acceptă ideea că lumina este o undă electromagnetică (interferență, difracție, dispersie) transversală (polarizare) care are o componentă electrică (câmp electric) responsabilă pentru senzația luminoasă pe care o percepe ochiul uman și o componentă magnetică (câmp magnetic), cei doi vectori oscilând pe direcții reciproc perpendiculare, oscilațiile având loc perpendicular pe direcția de înaintare a undei (Fig. 1).

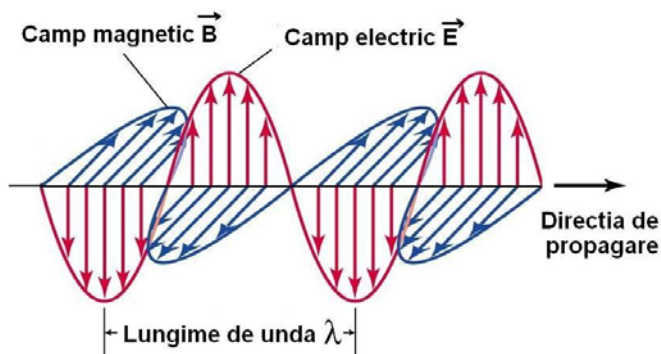


Fig. 1 Lumina – undă electromagnetică transversală

Unda este caracterizată de o lungime de undă λ (litera grecească *lambda*) care reprezintă spațiul parcurs undă într-un interval de timp egal cu perioada T (timpul după care fenomenul ondulatoriu se repetă), de o frecvență ν (*niu*) care reprezintă inversul

perioadei T ($\nu = 1/T$); frecvența se măsoară în Hz (herți).

Câmpul electric și cel magnetic oscilează în timp după legi sinusoidale:

$$E = E_0 \sin(\omega t + \varphi) - \text{câmp electric}$$

$$B = B_0 \sin(\omega t + \varphi) - \text{câmp magnetic}$$

unde ω reprezintă pulsația undei și are expresia $\omega = 2\pi\nu$, iar φ se numește faza undei.

Undele electromagnetice percepute ca fiind luminoase de către ochiul uman au lungimea de undă cuprinsă în intervalul 400-750 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).

Cele care au lungimea de undă mai mică decât 400 nm aparțin spectrului ultraviolet UV, iar cele care au lungimea de undă mai mare decât 750 nm aparțin spectrului infraroșu IR (Fig. 2).

Alte fenomene pot fi explicate pornind de la ideea că lumina este un fascicul de cuante (fotoni) energetice (efect fotoelectric, absorbție) fiecare având energia

$$\varepsilon = h\nu$$

unde h este constanta lui Planck egală cu $6,624 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, iar ν este frecvența fotonului, mărime care leagă cele două teorii privind natura luminii.

Între lungimea de undă și frecvență există relația $\lambda = v/\nu$, unde v reprezintă viteza luminii în mediul de propagare. Această relație arată că o undă de frecvență ν mare are o lungime de undă λ mică. Prin urmare, radiațiile

UV caracterizate printr-o frecvență mare au o energie mai mare față de cele care aparțin spectrului IR.

aparținând acestui domeniu prezintă mai ales fenomene ondulatorii.

Energia fotonilor din spectrul vizibil fiind mai mare, radiațiile luminoase prezintă simultan proprietăți ondulatorii și corpusculare. În cazul radiațiilor cu frecvență foarte mare, cum sunt radiațiile X și γ (*gamma*) emise de substanțele radioactive, energia fotonilor este foarte mare, prin urmare proprietățile lor corpusculare pot fi studiate mai ușor.

Reflexia și refracția

Din punct de vedere optic, un mediu transparent se caracterizează printr-o mărime fizică adimensională numită *indice de refracție*, notat cu n care arată de câte ori viteza luminii în vid ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s) este mai mare decât viteza luminii în acel mediu:

$$n = \frac{c}{v}$$

S-a constatat că în momentul în care un fascicul luminos întâlnește un mediu cu indice de refracție diferit decât cel al mediului din care provine, parțial se întorțe în mediul inițial sub un unghi egal cu unghiul de incidență (fenomen numit reflexie) și o parte din fasciculul incident trece în cel de-al doilea mediu cu schimbarea direcției de propagare (fenomen numit refracție) (Fig. 3).

Raza incidentă, raza reflectată și cea refractată precum și normala la suprafața de separare în punctul de incidență sunt coplanare. Legea cantitativă a reflexiei afirmă că unghiul de incidență este egal cu unghiul de

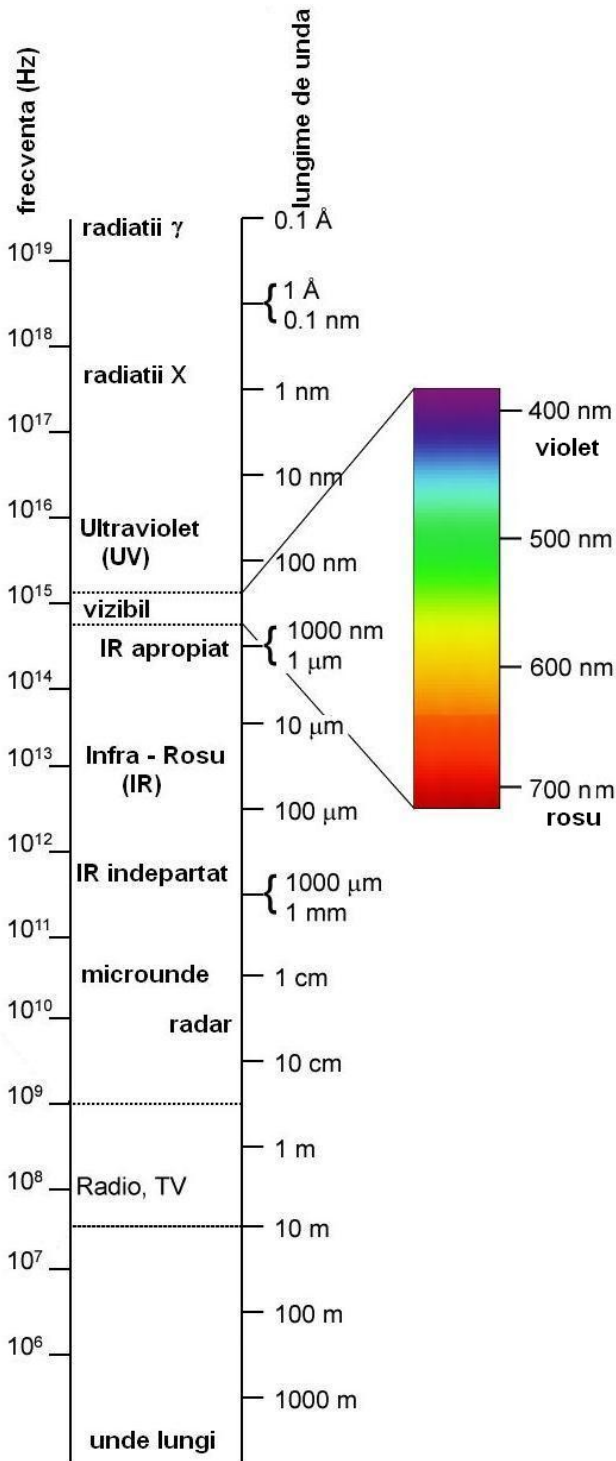


Fig. 2 Spectrul electromagnetic

La radiații cu frecvență mică, cum sunt cele infraroșii, este greu să se pună în evidență structura discontinuă (fotonică) a luminii, de aceea undele electromagnetice

reflexie, iar a refracției stabilește relația dintre indicii de refracției ai celor două medii și unghiurile de incidență și refracție (Fig. 3):

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

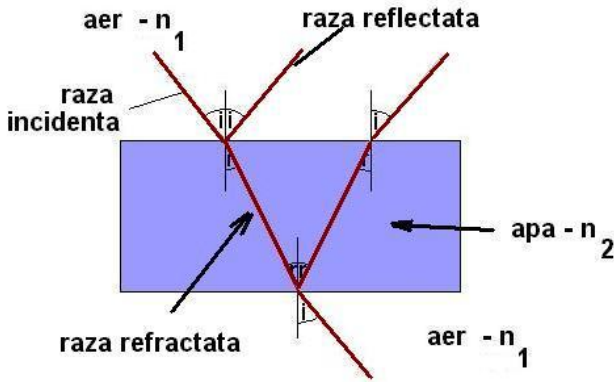


Fig. 3 Reflexia și refracția luminii

În cazul în care al doilea mediu este mai puțin refringent decât primul ($n_2 < n_1$) raza refractată se îndepărtează de normală și peste unghiuri de incidență mai mari decât o valoare limită, care este funcție de n_2 și n_1 , raza nu mai trece în cel de-al doilea mediu, iar fenomenul se numește reflexie totală (Fig. 4).

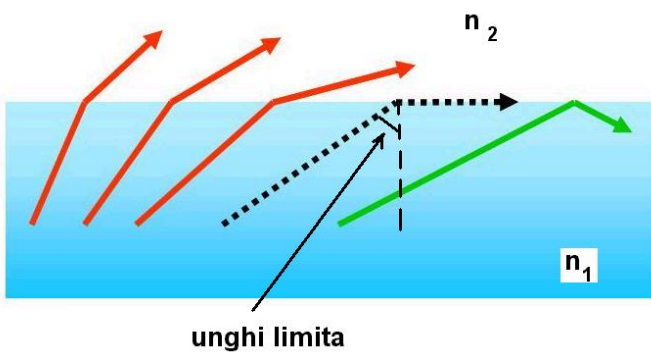


Fig. 4 Reflexia totală; în cazul în care $n_2 < n_1$, raza incidentă sub un unghi mai mare decât unghiul limită nu mai trece în mediul al doilea.

Fenomenul de reflexie totală stă la baza refractometriei care utilizează variația liniară a indicelui de refracție cu concentrația

($n = a \cdot \text{concentrația} + b$). Refractometria este o metodă simplă, rapidă și extrem de precisă de determinare a concentrației unor substanțe.

Fenomene ondulatorii

Interferența

La compunerea a două oscilații de aceeași frecvență se pot distinge două cazuri:

- diferența de fază a celor două oscilații se menține constantă pentru un timp destul de lung; în acest caz intensitatea oscilației rezultante se deosebește de suma intensităților oscilațiilor inițiale, în funcție de diferența de fază, putând fi mai mare sau mai mică; oscilațiile se numesc *coerente*;
- diferența de fază a celor două oscilații variază neregulat în timp, în acest caz oscilațiile sunt *necoerente*, iar intensitatea oscilației rezultante este egală cu suma intensităților oscilațiilor componente.

Numim interferență compunerea oscilațiilor coerente.

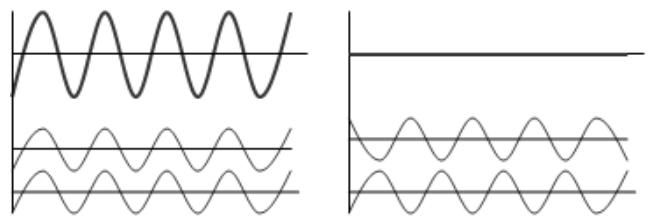


Fig. 5 a) Unde coerente în fază – interferență constructivă; b) Unde coerente în opoziție de fază – interferență distructivă

O metodă de obținere a două unde coerente constă în separarea printr-un ecran prevăzut cu două fante înguste a unui fascicul provenind de la o sursă de lumină monocromatică (Fig. 6). Pe un ecran de

observare se văd dungi luminoase și întunecoase, paralele, numite franje de interferență.

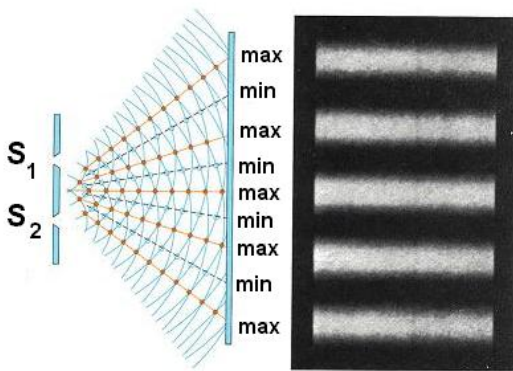


Fig. 6 Franje de interferență observate cu ajutorul dispozitivului lui Young

Fenomenul de interferență stă la baza funcționării interferometrelor, aparate folosite pentru determinarea unor mărimi fizice dintre care amintim indicele de refracție n (raportul dintre viteza luminii în vid și viteza luminii în mediul transparent considerat), mărime fizică ce are relevanță în medicină și biologie.

Difracția

Undele, indiferent de natura lor, sunt capabile să ocolească obstacole de dimensiuni comparabile cu lungimea lor de undă, acest fenomen numindu-se *difracție*. Conform principiului lui Huygens, fiecare punct de pe frontul de undă poate deveni sursă secundară (Fig. 7).

În cazul în care dimensiunea obstacolului este mai mare decât lungimea de undă a fenomenului ondulator, el împiedică propagarea mai departe a undelor (de exemplu, un sunet nu poate trece de un zid foarte lung și foarte înalt, dar ocolește și trece

prin difracție un zid de mărimea lungimilor de undă (0,1 la 20 m) ale sunetelor obișnuite).

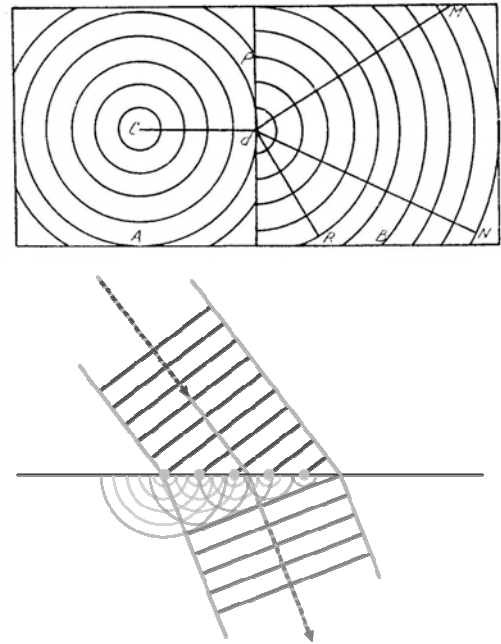


Fig. 7 Ilustrarea principiului lui Huygens

Difracția luminii constă în ocolirea de către lumină a obstacolelor de dimensiuni comparabile cu lungimea sa de undă.

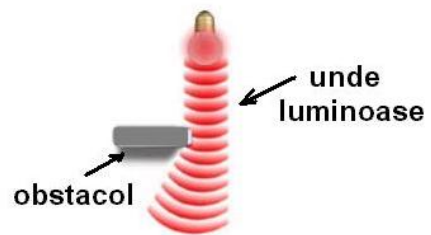


Fig. 8 Lărgirea fascicului luminos după ce lumina ocolește obstacolul de dimensiuni comparabile cu lungimea sa de undă

Dacă privim un izvor de lumină punctiform, printr-o fantă îngustă, se observă o lărgire a luminii, în direcția perpendiculară pe lungimea fantei (Fig. 8). Pe această lărgime se observă dungi luminoase și întunecoase paralele cu fanta. Pe un ecran opac plasat în

calea razelor de lumină care provin de la un izvor punctiform se observă umbra cu marginile estompate, acest lucru însemnând că în zona de umbră formată după regulile geometrice a pătruns lumina, ocolind marginile ecranului. Acest tip de difracție se numește Fresnel.

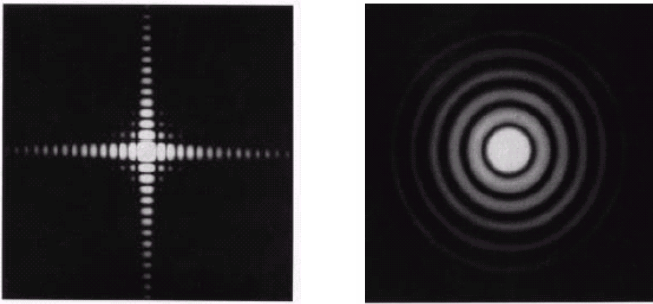


Fig. 9 Difracție Fraunhofer pe o fantă pătratică a) și pe una circulară b)

Dacă fasciculul de lumină trece printr-o fantă îngustă, razele de lumină fiind paralele și înainte și după difracție, difracția este de tip Fraunhofer (Fig. 9, 10).

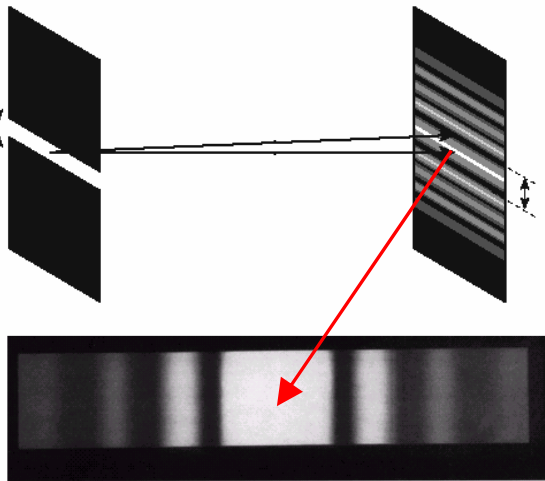


Fig. 10 Figura de difracție pe o fantă

Dacă difracția se face pe două fante paralele și egale ca dimensiuni, figura de difracție arată ca în imagine (Fig. 11).

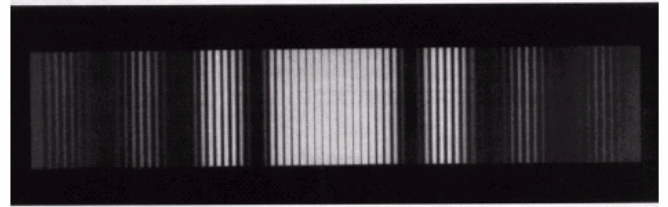


Fig. 11 Figura de difracție pe două fante (Fraunhofer)

În cazul unei rețele de fante, intensitatea maximelor principale crește cu numărul fantelor, poziția regiunilor depinzând de lungimea de undă λ .

Fenomenul de difracție este folosit la construcția spectroscopelor speciale în care spectrele nu se obțin cu ajutorul prismelor ci cu ajutorul rețelelor de difracție. De asemenea, rețelele de difracție sunt folosite pentru determinarea lungimii de undă a radiațiilor Roentgen și a diferitelor unde luminoase.

Polarizarea

Unda luminoasă transversală are o componentă magnetică și una electrică, oscilațiile acestor vectori făcându-se perpendicular pe direcția de înaintare a undei. În lumina naturală, aceste oscilații se efectuează în toate direcțiile perpendiculare pe rază (în orice azimut). Dacă, prin anumite metode, anumite direcții de oscilație sunt îndepărtate, spunem că lumina este parțial polarizată.

În cazul în care oscilațiile se efectuează pe o singură direcție, într-un singur plan care conține, desigur, și vectorul viteză al undei luminoase, spunem că lumina este polarizată liniar (oscilații într-un singur azimut, Fig. 12). Ochiul uman nu este capabil să distingă între lumina naturală și cea polarizată.

Există mai multe metode prin care se poate obține lumină polarizată: polarizare prin reflexie, polarizarea prin refracție (birefringența și dicroismul).

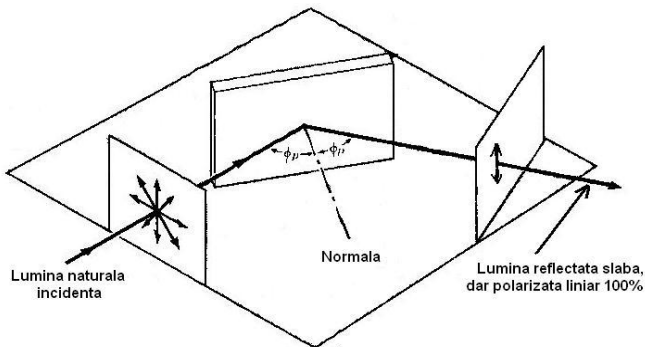


Fig. 12 Polarizarea prin reflexie sub unghi Brewster

Există o categorie aparte de substanțe, de obicei substanțe organice care conțin un atom de carbon asimetric, care au proprietatea de a roti planul de oscilație a vectorului electric când sunt străbătute de lumină polarizată. Ele se numesc optic active, iar unghiul cu care rotesc planul luminii polarizate este direct proporțional cu concentrația lor în soluție. Această dependență directă dintre unghi și concentrație stă la baza polarimetriei, metodă fizică simplă, rapidă și ieftină de determinare a concentrației.

Lumina polarizată este folosită frecvent în biologie și medicină. În laboratoarele de analize medicale sunt întâlnite **urometrele** care sunt niște polarimetre folosite pentru determinarea rapidă a concentrațiilor de glucoză și albumină din urină. Lumina polarizată este utilizată și la microscopul cu polarizare care are nicolii astfel așezați încât cuprind între ei întreaga zonă optică a microscopului, inclusiv proba. Microscopia

polarizantă servește la determinarea izotropiei și anizotropiei optice a diferitelor elemente histologice, precum și la verificarea lor: lamele osoase, cromatină, mielină, fibre nervoase, cartilaje, discuri întunecate ale fibrelor musculare.

Dispersia luminii

Constă în variația indicelui de refracție al unui mediu cu lungimea de undă a radiației care îl străbate. Efectul constă în descompunerea unui fascicul de lumină albă (care poate să conțină toate lungimile de undă din spectrul vizibil) în radiațiile componente (Fig. 13), obținându-se astfel *spectrul* lungimilor de undă.

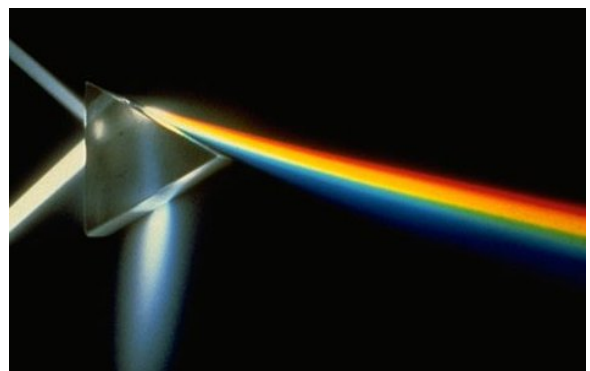
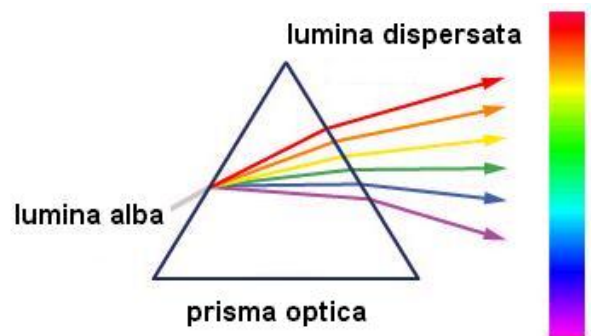


Fig. 13 Dispersia luminii prin prisma optică

Fenomenul de dispersie este folosit cu precădere în spectrometrie pentru obținerea radiațiilor monocromatice, prin păstrarea radiației cu lungimea de undă convenabilă și

obturarea celorlalte. Analizele spectrometrice permit determinarea concentrației unei substanțe dintr-un amestec (analize cantitative), precum și identificarea compușilor dintr-un amestec (analize calitative), pe baza spectrelor de absorbție specifice (Fig. 14).

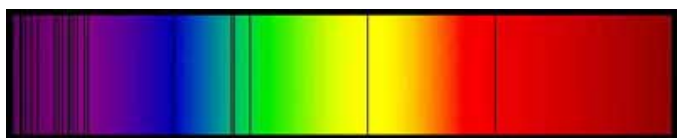


Fig. 14 Un spectru de absorbție. Liniile negre reprezintă poziția lungimilor de undă absorbite de substanța străbătută de lumină albă

Radiațiile vizibile (V)

Radiațiile din spectrul vizibil au efecte notabile asupra organismelor vii în ceea ce privește dezvoltarea, nutriția și mișcarea acestora.

La plantele verzi, fotosinteza clorofilei are loc sub acțiunea radiațiilor vizibile, cu descompunerea dioxidului de carbon și producerea oxigenului. Anumite părți ale plantelor, sub influența luminii, execută mișcări caracteristice, cum ar fi, de exemplu, aplecarea tulpinii florii–soarelui în permanență către soare. Vârful plantelor în creștere se apleacă spre izvorul de lumină, fenomen numit fototropism. În ceea ce privește dezvoltarea plantelor, cele cultivate în întuneric sunt lungi, subțiri și lipsite de clorofilă.

Asupra organismului uman și animal, în general, efectele radiațiilor din spectrul vizibil se observă la nivelul elementelor figurate din sânge, lumina mărinnd numărul eritrocitelor, precum și procentul de hemoglobină și

rezistența globulară. Sub influența luminii, compoziția chimică a plasmei se modifică, conținutul de fosfor și calciu crește, iar concentrația în glucoză și tirozina scade.

Asupra ochiului uman lumina puternică din zona cu lungimi de undă mici (zona violetului, la limita cu radiațiile ultraviolete) poate produce o conjunctivită reversibilă, care poate să apară după 12 ore de la expunere și trece după 2-3 zile. Accidente de acest tip se observă la sudorii care nu-și protejează ochii în timpul lucrului, aceste afecțiuni fiind numite oftalmii electrice. Retina este protejată de diferitele medii transparente ale ochiului care absorb mare parte din radiațiile UV.

Radiațiile vizibile din zona lungimilor de undă mici, deci apropiate de UV, au acțiune antibacteriană, aceste efect bactericid fiind mult mai pronunțat la radiațiile UV.

Efectul de seră (Fig.15) apare în momentul în care radiațiile vizibile cu lungimi de undă scurte de la soare trec printr-un mediu transparent, dar cele cu lungimi de undă lungi ale radiațiilor infraroșii emise de obiectele încălzite nu mai sunt capabile să străbată mediul transparent (sticla, de exemplu) și sunt reflectate (se întorc în mediul din care au provenit).



Fig. 15 Efectul de seră

Rezultatul constă în încălzirea suplimentară a mediului în care se află obiectele încălzite (de exemplu, încălzirea interiorului unei mașini lăsate mult timp în soare puternic sau supraîncălzirea interiorului unei sere).

Fototerapia

Constă în utilizarea în medicină a efectelor biologice și fiziologice ale luminii.

Helioterapia, fototerapia realizată la malul mării, îmbunătățește funcționarea inimii și a respirației, sub efectul razelor soarelui, organismul reține mult mai bine calciul și fosforul cu rezultate notabile în cazurile de rahitism. Helioterapia stimulează activitatea glandei tiroide, băile de soare constituind un tonic general al organismului. Sub acțiunea radiațiilor solare se refac globulele roșii și globulele albe, iar circulația sângelui, respirația și digestia sunt stimulate.

Helioterapia acționează favorabil în cazuri de: dispepsii de origine nervoasă, stare generală proastă, randamentul muncii intelectuale scăzut, dureri de cap, insomnii, debilitate fizică, pubertate întârziată, anemie, hipocalcemie, peritonită tuberculoasă, adenite cronice, convalescență, plăgi atone, supurații cutanate, lupus, osteoartrite, reumatism, stafilococie cutanată (furuncule, acnee), fistule, anexite, nefrite, diferite tipuri de tuberculoză (osoasă și articulară).

Trebuie să se țină cont însă și de efectele negative ale expunerii îndelungate la soare cum ar fi grăbirea îmbătrânirii pielii, iar în

cazul persoanelor suferinde de boli febrile, tuberculoză pulmonară, hipertensiune arterială în stadii avansate, hipertiroidie, cancer, expunerea la soare se face numai la indicația medicului curant.

O altă aplicație a fototerapiei se întâlnește în maternități. Un număr mare de copii se nasc cu așa numitul icter fiziologic. Copiii tind să producă o cantitate mare de bilirubină, deoarece în primele săptămâni de viață au o cantitate prea mare de globule roșii (bilirubina reprezintă un produs secundar al distrugerii globulelor roșii uzate). Bilirubina este procesată de ficat care este imatur la nou-născuți. Excesul de bilirubină neprocesată determină icterul fiziologic și culoare gălbuie a pielii copilului. Însă, bilirubina este fotosensibilă, prin urmare, simpla baie de lumină distruge bilirubina.

Radiațiile infraroșii (IR)

Domeniul IR începe imediat după vizibil (Fig. 2), dar există oameni și animale care pot să vadă chiar radiații aparținând spectrului IR. Convențional, IR începe la 760 nm și se întinde ca limită de lungimi de undă până la 343000 nm de unde încep undele herziene.

Producerea undelor IR

Radiațiile IR sunt produse, în general, de corpuri calde, fiecare corp cald dând un spectru de emisie care poate fi continuu (metale încălzite) sau discontinuu (emisia vaporilor metalici în arcul electric). Un izvor cu emisie continuă este corpul negru, intensitatea

radiației emise este dată de legea lui Stefan-Boltzmann, potrivit căreia energia totală radiată pe secundă de un corp negru (ϵ) este proporțională cu puterea a patra a temperaturii absolute (T):

$$\epsilon_{\lambda T} = \sigma T^4$$

unde $\sigma = 5,735 \cdot 10^{-16} \text{ W/cm}^2 \cdot \text{grd}^4$

Proprietățile radiației IR

Deoarece sunt cuprinse într-un interval larg al lungimilor de undă, radiațiile IR au caracteristici diferite din punct de vedere fiziologic, al puterii de pătrundere, precum și al aplicațiilor practice.

Radiațiile IR nu au proprietăți calorice speciale, aspectul termic al radiației IR fiind mai accentuat decât la radiația UV și V deoarece ele se pot produce mai ușor în cantitate mai mare. Ele se pot reflecta, refracta, pot interfera, suferă fenomenele de difracție și de polarizare.

Limita dintre radiațiile vizibile și cele IR are caracter fiziologic, se află acolo unde lumina încetează a mai fi vizibilă. Delimitarea este subiectivă, deoarece, daltoniștii, de exemplu, nu văd roșul deloc și odată cu vârsta și condițiile de sănătate o parte din roșu devine invizibil.

Spectrul infraroșu este complicat, din el au fost studiate grupele de radiații de la 0,75 la 400 μm ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$). Proprietățile diferitelor grupe se pot clasifica din punctul de vedere al utilizării lor medicale astfel:

- IR terapeutic se întinde de la limitele spectrului vizibil până la 6000 nm din care

numai IR cu lungimi de undă mai mici decât 1500 nm sunt radiații penetrante (se obțin cu lămpi cu filament de tungsten sau de la soare);
- IR cu lungimi de undă peste 6000 nm cuprind radiațiile emise de corpul omenesc, de organisme, de sol și de obiectele care ne înconjoară, organismul uman fiind imunizat la acest tip de radiații printr-o imunizare îndelungată.

Efectele IR asupra organismelor vii

O iradiere moderată cu IR de undă scurtă, pentru care celula este permeabilă, întărește activitatea acesteia. Pentru IR cu lungimi de undă mai mari de 1,5 μm puternic absorbite sau pentru o iradiere puternică a celulei are loc o distrugere a acesteia.

În ceea ce privește organismul uman, efectul IR de la soare se manifestă indirect prin modificarea gradientului termic al pielii. Pielea este relativ opacă la IR până la 1,5 μm , devenind apoi relativ opacă cu un spectru de absorbție destul de complex. În raport cu permeabilitatea pielii se folosește următoarea clasificare în terapeutică a IR:

- IR cu $\lambda > 5 \mu\text{m}$ sunt absorbite la suprafață;
- IR cu $1,5 \mu\text{m} < \lambda < 5 \mu\text{m}$ sunt absorbite de epiderm și derm;
- IR cu $0,75 \mu\text{m} < \lambda < 0,5 \mu\text{m}$ sunt penetrante, penetrația fiind funcție de pigmentație, de gradul de temperatură etc.

IR au efect asupra circulației: vasodilatație, intensificare a schimburilor dintre celule prin amplificarea fenomenelor osmotice și creșterea debitului sanguin. Aceasta

provoacă un edem papilar, care contribuie la protejarea epidermei de acțiunea IR.

IR stimulează activitatea nervoasă a pielii, făcând-o mai sensibilă la excitarea externă și internă, dar pot acționa și asupra durerilor, calmându-le, fie prin acțiunea inhibitoare directă asupra nervilor afectați, fie prin acțiune asupra sistemului circulator. Prin intermediul reacțiilor sanguine și al sistemului nervos, radiațiile IR acționează asupra secrețiilor glandulare și asupra metabolismului general.

În general, IR sunt folosite în afecțiunile sistemului lacunar, dureri abdominale, toracice, articulare, plagi ale pielii. Ele accelerează oxidările și măresc efectul lor în metabolismul general, stimulând funcționarea glandelor endocrine, având efect favorabil în tulburările de nutriție.

Pe de altă parte, expunerea la IR cu $0,75 \mu\text{m} < \lambda < 0,5\mu\text{m}$ produce leziuni oculare: fotofobii, opacificări progresive ale cristalinului, paralizie a irisului, dezlipire a retinei, cataracte.

Radiațiile ultraviolete (UV)

Radiațiile UV au valori ale lungimilor de undă mai mici decât 400 nm. Așadar, aceste radiații au frecvențe mai mari decât cele radiațiile vizibile, prin urmare și energie mai mare. Radiațiile UV au efecte biologice deosebite justificând astfel utilizarea procedurilor terapeutice de iradiere cu aceste radiații, fie ca atare, fie după o prealabilă administrare de substanțe fotosensibilizante.

Proprietățile radiațiilor UV

- proprietăți termice: la incidența pe un corp absorbant, o parte mică a energiei UV este transformată în căldură;
- proprietăți optice: provoacă fluorescența diferitelor substanțe
- proprietăți fotoelectrice: deoarece radiațiile UV ionizează aerul, ele sunt capabile să descarce corpurile electrizate; produc efect fotoelectric: trimise asupra unei foițe metalice încărcate negativ o descarcă, prin cedarea energiei lor electronilor în surplus care pot părăsi metalul; cu cât lungimea de undă a radiației este mai mică, cu atât energia fotonilor incidenți este mai mare și electronii pot căpăta o energie cinetică mai mare
- proprietăți fotochimice: pot produce reacții de oxidare, de reducere, de polimerizare (transformarea aldehidei formice, sub acțiunea UV, în glucide – reacție întâlnită în decursul procesului de asimilație clorofiliană), reacții de fotoliză, reacții biochimice.

Efectele UV asupra organismelor vii

Iradieră cu UV modifică procentul de calciu și fosfor din sânge. În stare normală, eritrocitele nu sunt influențate, în schimb se produce o hiperleucocitoză, urmată de o luecopenie. În plasmă, se constată creșterea procentului de calciu și fosfor și o scădere a glicemiei. Aceste radiații activează circulația și măresc capacitatea eritrocitelor de a fixa oxigenul. Presiunea arterială coboară mai ales la hipertensivi.

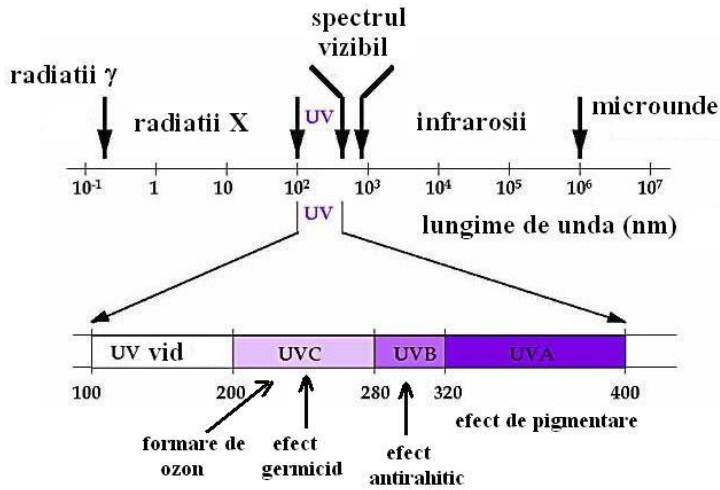


Fig. 16 Spectrul radiațiilor UV

Printre cele mai importante radiații UV enumerăm pe cea de 280 nm sub acțiunea căreia se formează vitamina D₂, antirahitică. În esență, ergosterolul iradiat se transformă în D₂. Cele de 260 nm au un puternic efect bactericid. În Fig. 16 aveți o reprezentare a spectrului UV și a domeniilor în care se manifestă efectele specifice.

O sumarizare a efectelor interacțiunii radiațiilor electromagnetice cu substanța este prezentată în figura 17.

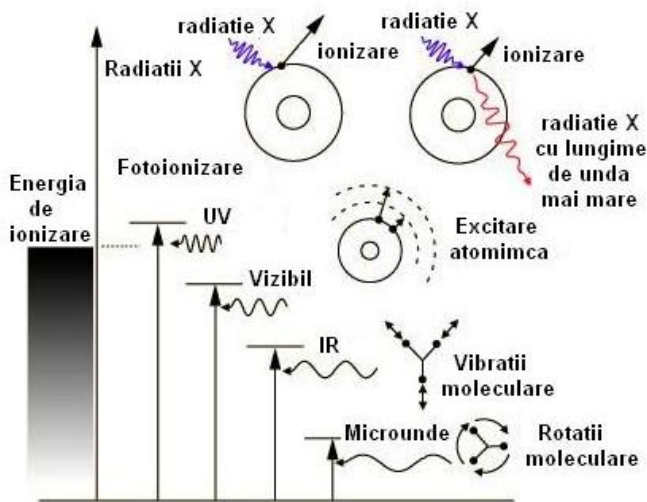


Fig. 17 Efectele interacțiunii radiațiilor electromagnetice cu substanța

Radiația LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - amplificarea a luminii prin stimularea emisiei radiației*)

Un laser este un dispozitiv complex alcătuit dintr-un mediu activ (solid - cristale dielectrice, semiconductori; lichid - soluții lichide de coloranți; sau gazos) și o cavitate optică rezonantă (Fig. 18).

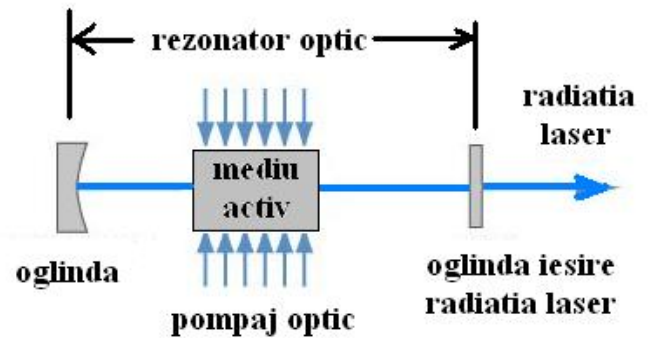


Fig. 18 Schema unui laser

Mediul activ primește energie din exterior prin pompare care poate fi optică sau electrică. În urma pomparii, atomii din mediul activ sunt excitați, adică electronii acestora sunt trecuți pe nivele de energie superioară, în număr mult mai mare decât are un mediu aflat în echilibru termic, fenomen numit inversie de populație (Fig. 19).

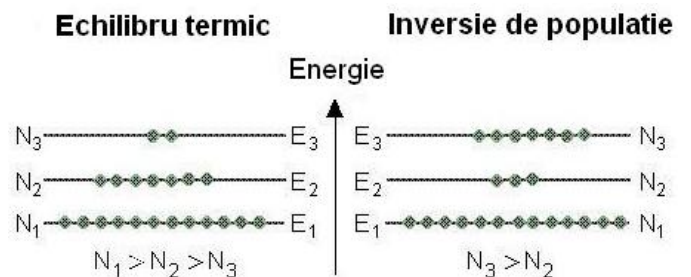


Fig. 19 Inversia de populație în cazul pomparului optic

Dacă mediul activat prin pompaj este străbătut de un fascicul de lumină, acesta din urmă va fi amplificat prin dezexcitarea stimulată a atomilor – proces prin care un foton care interacționează cu un atom excitat determină emisia unui alt foton identic (aceeași energie, aceeași direcție, aceeași stare de polarizare).

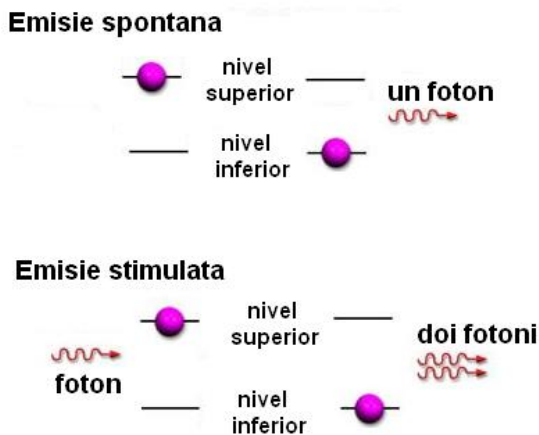


Fig. 20 Comparație între emisia spontană și emisia stimulată

Astfel, generând prin emisie spontană un foton este posibil să se obțină un fascicul cu un număr foarte mare de fotoni identici cu fotonul inițial.

Rezonatorul optic este format de obicei din două oglinzi concave aflate la capetele mediului activ și are drept scop selectarea fotonilor generați pe axa optica a cavitatii și recircularea acestora prin mediul activ de cât mai multe ori.

În funcție de tipul mediului activ și de modul de realizare a pompajului, laserul poate emite radiații în mod continuu sau în impulsuri.

Printre laserii cu cristale dielectrice se numără laserul YAG (sau laserul cu granat de yttrium și aluminiu dopat cu neodim) care emite raze infraroșii având lungimea de undă $1,06 \mu\text{m}$ și laserul cu rubin (oxid de

aluminu impurificat cu ioni de crom) care emite radiații vizibile (roșii) cu lungimea de undă de $0,69 \mu\text{m}$.

Printre laserii cu amestec gazos, mai cunoscuți sunt laserul cu heliu-neon care emite radiații infraroșii cu lungimi de undă de $3,39 \mu\text{m}$ și $1,15 \mu\text{m}$ precum și lumină roșie cu lungimea de undă de $0,63 \mu\text{m}$ (în laserul cu heliu-neon, atomii de neon sunt centrii activi care se excită prin ciocniri cu atomii de heliu și cu electronii liberi ce apar în cursul pompajului optic realizat prin descărcări electrice chiar în amestecul gazos) și laserul cu amestec de bioxid de carbon și azot care emite radiații infraroșii cu lungimi de undă de $9,6$ și $10,6 \mu\text{m}$ (în acest laser, centrii activi sunt moleculele de CO_2).

Raza laser are un înalt grad de **monocromatism** și o foarte mică **divergență** în propagare ceea ce favorizează concentrarea unei mari puteri pe unitatea de suprafață, **direcționalitate** și **coerență**. Aceste proprietăți sunt determinate de faptul că fotonii generați în avalanșă sunt identici cu fotonul inițial.

Terapia LASER

LASER-ul a permis dezvoltarea rapidă a terapiei bazată pe iradierea cu raze laser a organismului.

Utilizarea terapeutică a laserului constă în **chirurgia cu radiații laser** și în **biostimularea cu radiații laser**.

Un laser cu CO_2 cu o putere de câțiva wați și care emite în regim continuu poate fi folosit pentru realizarea unui **bisturiu cu laser**; radiația emisă, condusă printr-un ghid optic (un fascicul de fibre optice) fiind focalizată pe țesutul ce urmează a fi tăiat, țesut pe care îl încălzește rapid și extrem de localizat până la vaporizare. Chirurgia cu laser este foarte

precisă, nu solicită efort mecanic și nu este însoțită de sângerări importante, deoarece pereții plăgii se coagulează termic iar vasele mai mici se închid.

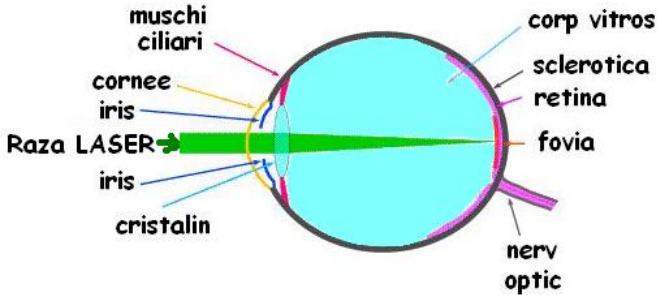


Fig. 21 Folosirea terapeutică a laser-ului în cazul dezlipirilor de retina

Terapia laser se folosește în **dezlipirile de retină**, deoarece fasciculul laser poate străbate mediile transparente ale ochiului fără a fi absorbit de acestea, întreaga lui energie fiind cedată retinei, care se lipește de sclerotică prin fotocoagulare. Laserul este utilizat și în tratamentul **glaucomului**, permițând refacerea sistemului de drenaj al lichidului intraocular și scăzând, astfel, presiunea intraoculară (Fig. 22).

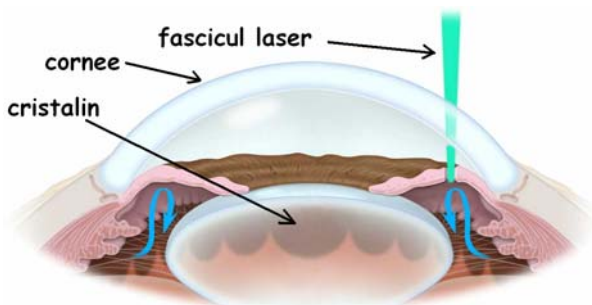


Fig. 22 Interventia LASER pentru refacerea sistemului de drenaj al lichidului intraocular, având drept consecință scăderea presiunii intraoculare

În multe cazuri, laserul este utilizat în **endoscopie**, atât pentru iluminare cât și pentru eventuale microintervenții chirurgicale. Un exemplu este utilizarea laserului în chirurgia cardiacă: prin perforări punctiforme ale peretelui ventricular este stimulată geneza unor noi vase și, în final, o mai bună vascularizare a miocardului.

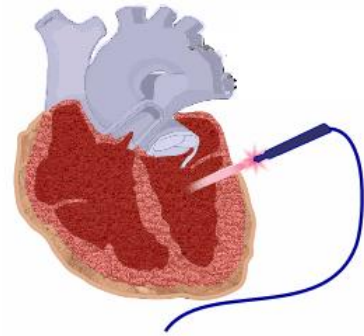


Fig. 23 Revascularizarea cardiacă cu ajutorul laserului

Radiația laser are capacitatea de a stimula unele procese biologice, de a grăbi vindecarea rănilor și a fracturilor, de a produce efecte terapeutice prin **lasero-punctură** (echivalent al acupuncturii) etc.