

TRECEREA FOTONULUI PRIN MEDIUL DENS ȘI TRANSPARENT

Să examinăm în continuare ce se întâmplă la trecerea fotonului (a luminii) prin mediul dens și transparent la radiație, aflat în repaus. Experiența arată că, prin mediul dens și transparent, fotonul translatează (se propagă) cu viteza de n ori mai mică decât în vid. Înseamnă că la trecerea fotonului din vid în mediul dens, fotonul suferă o frânare (o micșorare a vitezei), iar la trecerea fotonului din mediul dens în vid, fotonul suferă o accelerare (o creștere a vitezei). La aceste procese participă deci și masa mediului dens și transparent, masă cu care fotonul este în interacțiune. Legea conservării impulsului cere ca impulsul pe care fotonul îl are în vid, să fie egal cu impulsul pe care fotonul îl are în mediul dens. Trebuie să avem deci; $G_{fv} = G_{fmd}$, adică $m_{fv} \cdot V_{fv} = m_{fmd} \cdot V_{fmd}$,

sau altfel scris $m_{fv} \cdot c = m_{fmd} \cdot \frac{c}{n}$. Pentru a avea egalitatea impulsurilor, trebuie să admitem că o

parte din impulsul fotonului incident este preluată de o masă din sânul mediului dens, masă care suferă accelerarea până la viteza fotonului prin mediul dens și participă la translația fotonului prin mediul dens, adică este aderentă la masa fotonului incident. La translația fotonului (propagarea luminii) prin mediul dens impulsul cinetic este :

$$G_{fmd} = m_f \cdot V_{fmd} = m_f \cdot \frac{c}{n}, \quad \text{iar energia cinetică a fotonului este;}$$

$$W_{cfmd} = G_{fmd} \cdot V_{fmd} = \left(m_f \cdot \frac{c}{n} \right) \cdot \frac{c}{n} = m_f \cdot \left(\frac{c}{n} \right)^2$$

La trecerea fotonului din vid în mediul dens, fotonul suferă o frânare, ajungând de la viteza de translație (propagare) a fotonului în vid $V_{fv} = V_{lv} = c$ la viteza de translație (propagare) a fotonului

prin mediul dens $V_{fmd} = \frac{V_{fv}}{n} = \frac{V_{lv}}{n} = \frac{c}{n}$, deoarece interacționează cu masa mediului aderentă la

foton m_{madf} (masa găsită la explicarea formulei lui Fresnel). Masa mediului aderentă la foton suferă accelerare de la repaus până la viteza fotonului prin mediul dens (fiindcă masa mediului aderentă la foton se lipește de foton producând creșterea densității fotonului aflat în mediul dens; $\rho_{fmd} = n^2 \cdot \rho_{fv}$ și micșorarea vitezei de translație a fotonului până la viteza fotonului prin mediul dens V_{fmd}). În același timp diferența de energie cinetică a fotonului, este convertită în energie potențială (analog unei deformări elastice a mediului), stocată într-o masă de repaus egală cu masa mediului aderentă la foton, masă care este restituită (transferată) mediului. Fiindcă avem că;

$$W_{cfv} = W_{cfmd} + W_{ptm}; W_{cfv} = m_f \cdot c^2; W_{cfmd} = m_f \cdot \frac{c^2}{n^2}; W_{ptm} = m_x \cdot c^2$$

Energia potențială, transferată de la foton către mediul dens, este echivalentă cu energia totală (de repaus) a unei mase m_x . Masa m_x necesară, care să preia diferența de energie cinetică a fotonului se deduce din bilanțul energetic. Avem;

$$m_f \cdot c^2 = m_f \cdot \frac{c^2}{n^2} + m_x \cdot c^2 \Rightarrow m_x \cdot c^2 = m_f \cdot c^2 - m_f \cdot \frac{c^2}{n^2} = m_f \cdot c^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) = m_{madf}$$

La același rezultat ajungem și dacă pornim de la definiția energiei ca fiind dată de produsul presiune x volum $W = p \cdot V$. În capitolul anterior am văzut că la trecerea luminii prin mediul

dens și transparent volumul fotonului din vid V_{fv} se contractă de n^2 ori; $V_{fmd} = \frac{V_{fv}}{n^2}$ iar presiunea fotonului ce trece prin mediul dens p_{fmd} este egală cu presiunea fotonului în vid p_{fv} ; $p_{fmd} = p_{fv} = p_f$; scriind energia cinetică a fotonului în vid și în mediul dens

avem: $W_{fv} = p_{fv} \cdot V_{fv}$; și $W_{fmd} = p_{fmd} \cdot V_{fmd}$;

Deoarece avem $p_{fmd} = p_{fv}$ și $V_{fmd} = \frac{V_{fv}}{n^2}$; făcând diferența între energii

Obținem că: $W_{fv} - W_{fmd} = p_{fv} \cdot V_{fv} - p_{fmd} \cdot V_{fmd} = p_{fv} \cdot V_{fv} - p_{fv} \cdot \frac{V_{fv}}{n^2} = p_{fv} \cdot V_{fv} \cdot \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$

și cum $p_{fv} \cdot V_{fv} = m_f \cdot v_{lv}^2 = m_f \cdot c^2 \Rightarrow W_{fv} - W_{fmd} = m_f \cdot c^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$

Am găsit astfel că masa care conține (echivalentă cu) energia de la foton restituită (transferată) mediului, masă care provine din stocarea diferenței de energie cinetică a fotonului, în forma ei potențială (fiindcă masa este forma de existență a energiei potențiale în univers) este egală cu masa mediului aderentă la foton m_{madf} . Acesta ar putea fi un model mecanicist al proceselor ce însoțesc translația fotonului (propagarea luminii) prin mediul dens și transparent. Altfel ar trebui să considerăm că la trecerea fotonului prin mediul dens, printr-un proces în care nu ar exista interacțiunea radiației cu substanța (cu densitatea mediului dens și transparent), pentru a se conserva impulsul inițial al fotonului, masa fotonului crește de n ori. Dar creșterea masei fotonului ar însemna creșterea frecvenței fotonului la trecerea lui prin mediul dens, de n ori (fiindcă masa fotonului este $m_f = \frac{h}{c^2} \cdot f_f$). Acest fapt ar fi în acord cu micșorarea lungimii de undă a fotonului prin mediul dens λ_{fmd} de n ori și atunci încetinirea fotonului prin mediul dens s-ar explica prin întârzierea fotonului, datorită proceselor de absorbție și reemisie la nivelul atomilor mediului dens (proces care trebuie să dureze un timp).

Atunci diferența de impuls la trecerea fotonului din vid în mediul dens este:

$$\Delta G_f = G_{fv} - G_{fmd} = m_f \cdot c - m_f \cdot \frac{c}{n} = m_f \cdot c \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right),$$

Masa m_x necesară pentru preluarea diferenței de impuls cinetic este dată de conservarea impulsului. Și avem că;

$$\begin{aligned} m_f \cdot c &= m_f \cdot \frac{c}{n} + m_x \cdot \frac{c}{n}; \text{ si } \Rightarrow m_x \cdot \frac{c}{n} = m_f \cdot c - m_f \cdot \frac{c}{n} = m_f \cdot c \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \\ &= m_f \cdot c \cdot \frac{(n-1)}{n}; \Rightarrow m_x = \frac{m_f \cdot c \cdot (n-1) \cdot n}{n \cdot c} = m_f \cdot (n-1) \end{aligned}$$

Masa necesară pentru preluarea diferenței de impuls este puțin mai mică decât masa necesară pentru preluarea diferenței de energie;

$$\begin{aligned} \Delta m &= m_f \cdot \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) - m_f \cdot (n-1) = m_f \cdot \left(1 - \frac{1}{n^2} - n + 1\right) = \\ &= m_f \cdot \frac{(2 \cdot n^2 - 1 - n^3)}{n^2} = m_f \cdot \frac{n^2 \cdot (2 - n) - 1}{n^2} > 0 \end{aligned}$$

Intrucât experimental nu se constată creșterea frecvenței și respectiv a masei fotonului la trecerea lui prin mediul dens, trebuie să admitem că la trecerea prin mediul dens fotonul are aceeași frecvență și aceeași masă ca în vid ; $f_{fv} = f_{fmd}; \Rightarrow m_{fv} = m_{fmd}$

Masa constituită din stocarea în formă potențială a diferenței de energie cinetică a fotonului fiind puțin mai mare decât masa necesară pentru preluarea diferenței de impuls va putea să preia și diferența de impuls a fotonului. La trecerea fotonului din mediul dens în vid, energia potențială stocată în masa restituită (transferată) de la foton către mediu, este reconvertită în energie cinetică și este restituită fotonului emergent împreună cu diferența de impuls însoțitoare, fotonul fiind accelerat până la viteza de translație din vid $V_{fv} = V_{lv} = c$.

Este de asemenea de remarcat faptul că, fie că mediul dens este în repaus, fie că este în translație cu viteza V_{irm} (într-un sistem de referință solidar cu Pământul), avem o fracțiune din masa fotonului care rămâne în repaus, având deci impuls nul. Adică, deși fotonul este însoțit în întregime în masa mediului dens, totuși nu primește tot (întreg) impulsul mediului (în cazul mediului dens aflat în translație) prin care se propagă, ci primește doar un impuls diminuat cu cantitatea $\frac{m_f}{n^2} \cdot V_{irm}$. Se pune problema de ce apare fracțiunea de impuls $\frac{m_f}{n^2} \cdot V_{irm}$ (termenul cu semnul negativ din formulă), fracțiune care rămâne în ambele situații în repaus, producând diminuarea impulsului total al fotonului prin mediul dens. În ipoteza noastră fracțiunea $\frac{m_f}{n^2} \cdot V_{irm}$ din impulsul fotonului apare datorită cuplajului fotonului cu câmpul electromagnetic terestru,

câmp solidar cu Pământul. Acest câmp ar rezulta din însumarea câmpurilor electromagnetice interatomice ale tuturor atomilor din masa Pământului și ar constitui la suprafața Pământului o anvelopă electromagnetică. Această anvelopă ar sta și la originea fenomenelor electrice din atmosferă. În interiorul substanței admitem (conștientizăm) existența câmpului interatomic, fiindcă știm de existența sarcinilor electrice, din sânul substanței, în continuă mișcare și cu câmpurile însoțitoare. Aceste câmpuri nu se anulează la suprafața volumului care limitează substanța (la suprafața corpurilor) ci se extind în spațiul din vecinătate, cu o atenuare exponențială. Din însumarea tuturor acestor extensii ale câmpurilor electromagnetice intratomice și intermoleculare la suprafața Pământului, ar rezulta anvelopa câmpului electromagnetic terestru. Dacă exista acest cuplaj al luminii cu câmpul electromagnetic terestru, acest fapt ar explica foarte simplu și rezultatul experienței lui Michelson – Morley și ar face inutile alte ipoteze care să explice egalitatea timpilor în care lumina strabate brațele interferometrului lui Michelson, pe direcții perpendiculare și de lungimi egale. Rămâne deci de pus în evidență existența acestui câmp electromagnetic terestru. Pentru aceasta am imaginat un experiment de tip Fizeau cu un interferometru modificat, descrisă în capitolul “ Aduș la formula lui Fresnel” .

Tot de trecerea luminii prin mediul dens și transparent se leagă și fenomenul refracției și cel al dispersiei luminii. Dispersia luminii este doar o refracție diferentiată după frecvența fotonilor. Dispersia luminii se produce la interacția radiației cu mediul dens și transparent prin care trece lumina. Lumina este compusă din particule -fotoni- care au masă, au volum și densitate. La trecerea prin mediul dens, densitatea luminii se cuplează cu densitatea mediului. La traversarea suprafeței (interfeței) dintre mediului dens și aer, lumina parcurge un strat gradient tranzitoriu, de câteva straturi atomice, prin care se ajunge de la densitatea aerului la densitatea mediului. La incidența normală a razei de lumina, interacțiunea cu mediul este perfect simetrică și raza merge nedeviată. La incidența oblică a razei, interacțiunea cu mediul dens și transparent nu mai este simetrică. Fiindcă unele semiunde vor avea viteză mai mare, iar altele vor avea viteză mai mică. Și ca urmare raza de lumina parcurge un traseu curbat, gros de câteva straturi de atomi, până ajunge la interacțiunea simetrică cu mediul, de unde raza urmează drumul drept. Razele cu frecvența mai mare au densitate mai mare și se cuplează mai puternic cu densitatea mediului transparent, ajungând la o viteză mai mică prin mediul transparent. De aceea parcurg un traseu curbat mai lung și sunt deviate mai mult decât razele de frecvență mai mică, raze care au densitate mai mică și se cuplează mai slab cu densitatea mediului transparent și parcurg un traseu curbat mai scurt decât razele de frecvență mai mare, fiind deviate mai puțin și ajungând la o viteză ceva mai mare prin mediul transparent. Aceeași situație se întâmplă și la ieșirea luminii din mediul dens și transparent, . În felul acesta se produce separarea radiațiilor luminoase după frecvența lor. Separare care se constată ca efect de dispersie a luminii, ca separare a componentelor luminii albe, după frecvența radiațiilor. Cuplajul luminii cu densitatea mediului dens și transparent este ca o deformare elastică a mediului, prin care o parte din energia fotonilor este transferată mediului. La ieșirea din mediu, energia deformării elastice a mediului este restituită fotonilor, care suferă, în stratul gradient accelerare până la viteză luminii în aer. La trecerea luminii prin stratul tranzitoriu se produce și o polarizare ușoară a luminii, datorată tendinței de apropiere a direcției de vibrație a câmpului electric din undă, de planul perpendicular la planul de incidență, în undă refractată și paralel cu planul de incidență, în undă reflectată. Tot la nivelul interfeței, a stratului tranzitoriu se produce și mecanismul reflexiei, care ar fi o refracție la 360 de grade cu întoarcerea razelor în mediul din care au venit, după o direcție simetrică la raza incidentă, față de normală la suprafața de separare din punctul de incidență.