

Emisia, Propagarea și Reflectarea Luminii ca Fenomen Mecanic

Filip Dâmbi Filipescu
filipdambi1@gmail.com

Ianuarie 21, 2021

Abstract: Viteza bilelor cu masă depinde de viteza sursei lor. Cinematica bilelor cu masă este aceeași în sistemele inerțiale și fixe. Exemple practice indică faptul că cinematica bilelor fără masă este aceeași în sistemele inerțiale și fixe ca cea a bilelor cu masă. Comparând fotonii sau fronturile de undă ale luminii cu bile fără masă, s-a ajuns la concluzia că cinematica luminii este aceeași în sistemele inerțiale și fixe precum cea a bilelor fără masă și cu masă. Experimentele menite să dovedească mișcarea Pământului și observarea stelelor trebuie să fie și sunt în concordanță cu rezultatul acestui studiu că viteza luminii depinde de viteza sursei sale.

Cuvinte cheie: cinematica bilelor cu masă, bilelor fără masă și fotonilor; ciocnirea elastică perete-bila; emisia, propagarea și reflectarea luminii; viteza luminii; experimentul Michelson-Morley; observarea stelelor

1. Introducere

Secțiunea 2 prezintă asemănarea emisie, propagării și reflectării fotonilor sau fronturilor de undă ale luminii într-un sistem inerțial cu cea a bilelor fără masă și cu masă. Secțiunea 3 adresează reflecția luminii atunci când sursa este în repaus într-un sistem fix și oglinda în mișcare. Secțiunea 4 abordează observarea stelelor atunci când observatorul este în repaus într-un sistem fix.

Conform notațiilor utilizate în acest studiu, punctele marcate printr-o literă fără index corespund punctelor văzute de un observator în sistemul inerțial. Punctele marcate printr-o literă cu un index sunt instanțele punctelor din sistemul inerțial în sistemul fix. Punctele cu același index aparțin aceleiași instanțe, nu neapărat în ordine secvențială de timp.

Acest studiu consideră că toate fenomenele fizice au loc în vid.

2. Emisia, propagarea și reflectarea luminii într-un sistem inerțial

Această secțiune discută patru marimi fizice cu unitățile lor de bază în SI urmate de emisia, propagarea și reflectarea bilelor cu masă și fără masă pentru diferite exemple.

Apoi, cinematica bilei fără masă este aplicată luminii.

Fenomenul de emisie, propagare și reflectare a bilelor și luminii sunt descrise în sistemul fix și apoi cum sint observate în sistemul inerțial.

Forța

$$\text{Forța}(F) = \text{masa}(M) \times \text{acelerația}(a), \quad [\text{Kg m/s}^2].$$

Forța este definită ca o mărime vectorială.

Lucrul mecanic sau Energia

$$\text{Lucrul mecanic}(L) \equiv \text{Energia}(E) = F \times \text{distanța}(d), \quad [(\text{Kg m/s}^2) \text{ m} = \text{Kg m}^2/\text{s}^2].$$

Lucrul mecanic este definit ca o mărime scalară.

Impulsul

$$\text{Impulsul}(P) = M \times \text{viteza}(v), \quad [\text{Kg m/s}].$$

Impulsul este definit ca o mărime vectorială.

Energia E consumată pentru a aduce un obiect cu o masă M de la repaus la o viteză v este transferată la obiectul în mișcare sub formă de impuls $P = M \times v$. Impulsul poate fi definit ca energia E_p consumată pentru a aduce obiectul cu masa M din repaus la unitatea de viteză de 1 m/s.

$$P = E_p = E/v, \quad [(\text{Kg m}^2/\text{s}^2)/(\text{m/s}) = \text{Kg m/s}].$$

Impulsul $P = M \times v$ este ecuația a unei drepte cu panta M și variabila de viteză v .

Integrala lui P de la zero la v dă energia $E = \frac{1}{2} Mv^2$.

Inerția

Inerția este rezistența unui obiect la orice schimbare a stării sale. Inerția este definită ca forța de rezistență sau forța de inerție F_i care se opune forței F care schimbă starea obiectului. Prin urmare,

$$\text{Inerția}(I) \equiv F_i = F = M \times a, \quad [\text{Kg m/s}^2].$$

Inerția I sau forța inerțială F_i este o mărime vectorială ca forța F , dar în direcție opusă.

2.1. Exemplul 1 - Bila adusă din repaus la o viteză v prin aplicarea unei forțe

Starea unei bile poate fi modificată prin aplicarea unei forțe (Exemplul 1) sau prin aplicarea unui impuls (Exemplul 2).

O forță F este aplicată unui obiect (în mecanică obiectele au masă) de către un vehicul care este purtătorul forței. Purtătorul forței F trebuie să consume o energie E pentru a mișca obiectul și energie pentru mișcarea sa care este ignorată aici.

O forță F aplicată unei bile cu o masă M mișcă bila din repaus la o viteză constantă v . Forța F creează un lucru mecanic sau energia E consumată pentru această mișcare care este înmagazinată în bilă sub formă de impuls $P = M \times v$.

În timp ce viteza bilei cu masa M crește de la zero la viteza v , forța inerțială F_i acționează cu aceeași magnitudine în direcția opusă forței F ; energia E este consumată pentru a învinge forța F_i . Aparent, forțele F și F_i se neutralizează reciproc iar purtătorul împinge bila cu masa M ca o bilă fără masă, fără altă forță decât F , deci fără altă energie

în afara de E . La viteza v , forța F se oprește iar bila continuă să călătorească cu viteza v .

Dacă masa bilei scade spre zero, atunci când forța F nu mai este aplicată, bila continuă să călătorească cu viteza v . La limită, când masa bilei este zero sau fără masă, purtătorul împinge bila fără masă din repaus la viteza v fără vreo forță, deci fără consum de energie. Când purtătorul se oprește, bila fără masă călătorește cu viteza v ca bila cu masă, dar fără impuls.

2.2. Exemplul 2 - Bila adusă din repaus la o viteză v_e prin aplicarea unui impuls

Un perete se deplasează perpendicular pe mișcarea lui cu viteza v_w și lovește o bilă cu masă. Peretele are o masă mai mare decât masa bilei. La instanța ciocnirii elastice, peretele transferă energie bilei sub formă de impuls. Peretele se deplasează în aceeași direcție cu o viteză mai mică decât v_w și bila primește o viteză emisă instantanee $v_e < v_w$ în aceeași direcție cu mișcarea peretelui. Viteza v_e crește către v_w pe măsură ce masa bilei scade. La limită, atunci când masa bilei este zero, bila fără masă obține, în momentul ciocnirii, viteza instantanee v_w . Bila fără masă nu are inerție și peretele continuă să călătorească neafectat după ciocnire cu viteza v_w . Nu există transfer de energie de la perete la bila fără masă. Peretele și bila pot călători atingându-se reciproc, dar independent unul de celălalt; dacă peretele se oprește, bila continuă să se deplaseze cu viteza v_e .

2.3. Exemplul 3 – Emisia, propagarea și reflectarea unei bile

Acest exemplu combină exemplele 1 și 2 pentru a descrie complet emisia unei bile de la o sursă în mișcare și apoi continuă cu cinematica propagării și reflectării bilei fie cu masă, fie fără masă.

O structură, cu o sursă de bile S și un perete rigid W , în repaus într-un sistem fix, dar care se poate deplasa cu viteza v , este ilustrată în Figura 1.

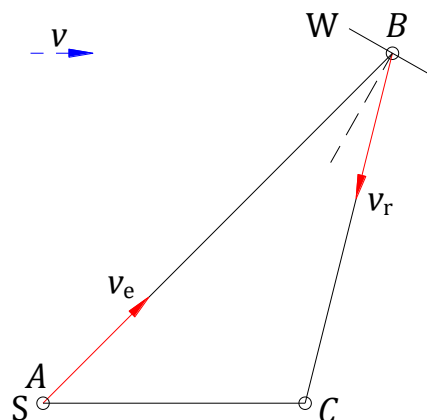


Figura 1. Bila observată în sistemul fix cu structura în repaus.

Când structura este în repaus, sursa emite o bilă, prin aplicarea unui impuls, cu viteza

emisă v_e , din punctul A al sursei spre punctul B al peretelui rigid. După ciocnirea elastică la B , bila se deplasează către punctul C cu viteza reflectată v_r ; viteza $v_r = v_e$.

Acum, structura, cu sursa și peretele rigid, este adusă din repaus la viteza v .

Viteza de propagare a bilei v_{ps} are două componente: viteza emisă v_e și viteza sursei v așa cum este ilustrat în Figura 2.

Timpu în care bila călătorește de la A_1 la B_2 cu viteza v_{ps} , sursa se deplasează de la A_1 la A_2 și peretele de la B_1 la B_2 cu viteza v .

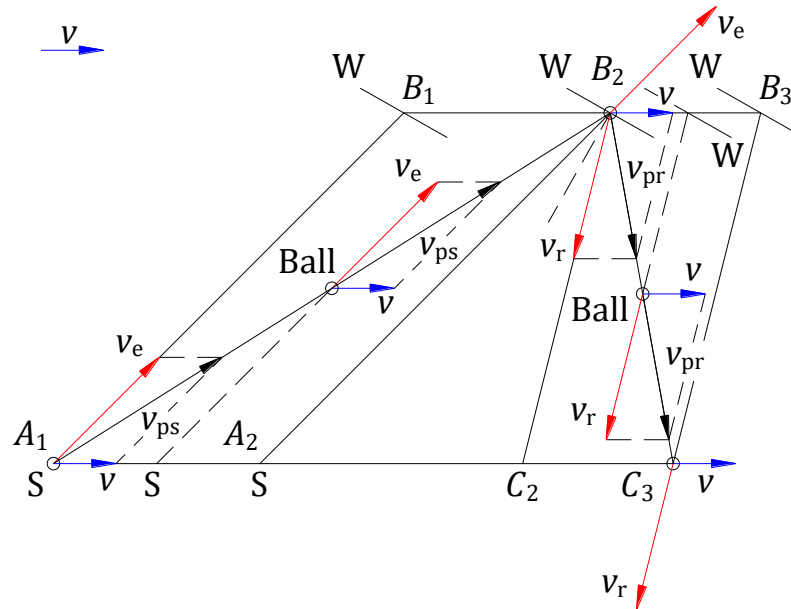


Figure 2. Bila observată în sistemul fix cu structura la viteza v .

Viteza v_e are aceeași direcție AB în sistemul fix ca și în sistemul inerțial al structurii. Viteza v_e are direcția AB pentru orice instanță între A_1 and A_2 .

În același timp, bila parcurge drumul A_1B_2 cu viteza v_{ps} față de A_1 și drumul A_2B_2 cu viteza v_e în raport cu sursa. Un observator vede bila parcurgând două drumuri cu viteze diferite. Drumul A_2B_2 este văzut în sistemul inerțial.

La B_2 , punctul de ciocnire, peretele și bila au aceeași viteză v , așa că sunt în repaus relativ unul față de celălalt. Viteza v a bilei este neafectată și continuă să tragă bila în aceeași direcție. Peretele reacționează numai la viteza v_e a bilei și reflectă bila în direcția B_2C_2 cu viteza $v_r = v_e$.

Timpu în care bila călătorește de la B_2 la C_3 cu viteza v_{pr} , peretele călătorește de la B_2 la B_3 și C de la C_2 la C_3 cu viteza v .

Viteza v_r are aceeași direcție BC în sistemul fix ca și în sistemul inerțial al structurii. Viteza v_r are direcția BC pentru orice instanță între B_2 și B_3 .

În același timp, bila parcurge drumul B_2C_3 cu viteza v_{pr} față de B_2 și drumul B_3C_3 cu viteza v_r față de perete. Un observator vede bila parcurgând două drumuri cu viteze diferite. Drumul B_3C_3 este văzut în sistemul inerțial.

Emisia, propagarea și reflectarea bilei, fără masă sau cu masă, sunt observate în sistemul inerțial al structurii ca în sistemul fix din Figura 1.

2.4. Exemplul 4 - Emisia, reflectarea și propagarea luminii

În Figura 1, când structura este în repaus, bila fără masă este înlocuită cu un foton sau cu un front de undă de lumină, sursa bilei cu o sursă de lumină S, peretele cu o oglindă M și vitezele v_e și v_r cu c_e și, respectiv, c_r . Viteza $c_e = c_r = c$, unde c este viteza luminii de la o sursă în repaus în sistemul fix; lumina are lungimea de undă λ . Ilustrația din Figura 1 poate fi substituită cu cea din Figura 3.

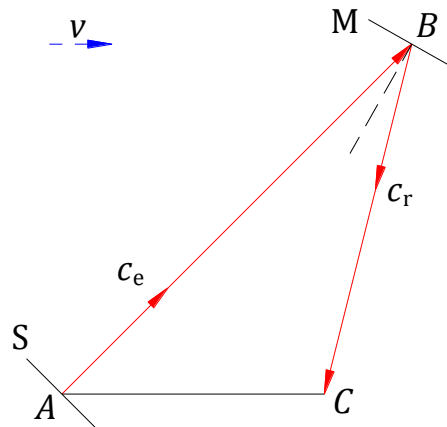


Figure 3. Lumina observată în sistemul fix cu structura în repaus.

În Figura 2, când structura se mișcă cu viteza v , vitezele v_{ps} și v_{pr} sunt înlocuite cu vitezele c_{ps} și, respectiv, c_{pr} . Ilustrația din Figura 2 poate fi înlocuită cu cea din Figura 4.

Mișcarea unui foton sau a unui front de undă de lumină este similară cu bila prezentată în Figura 2. Spre deosebire de o bilă sau un foton sau un front de undă de lumină, lumina este emisă continuu, prin urmare este observată ca o rază.

Viteza v schimbă drumul unui foton sau a unui front de undă de la A_1B_1 la A_1B_2 și de la B_2C_2 la B_2C_3 , dar nu îi schimbă direcția emisă AB sau direcția reflectată BC .

Vitezele c_{ps} și c_{pr} măresc/micșorează viteza și lungimea de undă a luminii, dar viteza v scade/mărește viteza și lungimea de undă a luminii cu același raport.

În sistemul fix, raza emisă se deplasează în direcția AB cu viteza c și lungimea de undă λ , pentru orice instanță între A_1 și A_2 , în timp ce viteza v trage raza. În sistemul inerțial al structurii, un observator vede raza călătorind în direcția AB , cu viteza c și lungimea de undă λ .

În sistemul fix, raza reflectată se deplasează în direcția BC cu viteza c și lungimea de undă λ , pentru orice instanță între B_2 și B_3 , în timp ce viteza v trage raza. În sistemul inerțial, un observator vede raza călătorind în direcția BC , cu viteza c și lungimea de undă λ .

În concluzie, emisia, propagarea și reflectarea luminii sunt observate în sistemul

inertial al structurii ca în sistemul fix din Figura 3.

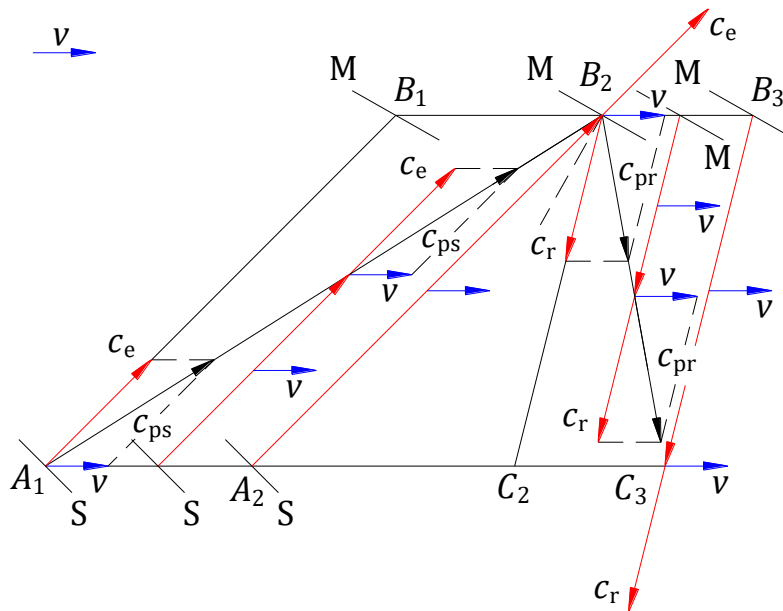


Figura 4. Lumina observată în sistemul fix cu structura la viteza v .

Un observator local în B_2 vede raza călătorind în direcția $c_e = c$, nu c_{ps} , cu lungimea de undă λ . Dacă știe timpul în care frontul de undă al luminii se deplasează de la A_1 to B_2 , observatorul poate localiza punctul A_2 în poziția sa reală. Un observator local în C_3 vede raza călătorind în direcția $c_r = c$, nu c_{pr} , cu lungimea de undă λ . Dacă știe timpul în care frontul de undă al luminii se deplasează de la B_2 to C_3 , observatorul poate localiza punctul B_3 în poziția sa reală. Aceste observatii ajută în Secțiunea 4.

Un caz particular este atunci când lumina se deplasează în aceeași direcție cu viteza v așa cum este ilustrat în Figura 5.

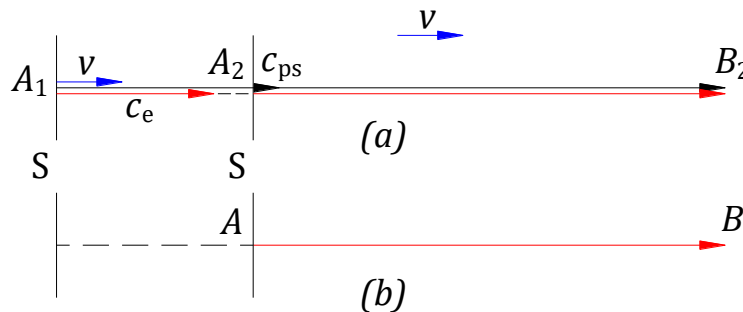


Figura 5. Lumina observată în sistemul fix și inertial pentru un caz particular.
5(a). În sistemul inertial. **5(b).** În sistemul fix.

În sistemul fix din Figura 5(a), viteza $c_{ps} = c_e + v = c + v$ are tendința de a crește viteza luminii și lungimea ei de undă, dar viteza v are tendința opusă cu același raport. Raza parcurge distanța A_2B_2 cu viteza c și lungimea de undă λ , nu cu c_{ps} ca frontul de

undă reflectat la A_1 și lungimea de undă variabilă, în timp ce sursa parcurge distanța A_1A_2 cu viteza v .

În sistemul inerțial din Figura 5(b), raza de lumină parcurge distanța AB cu viteza c și lungimea de undă λ .

2.5. Discuții

Exemplele 1 și 2 conchid că cinematica bilelor fără masă este aceeași într-un sistem inerțial și într-un sistem fix ca cea a bilelor cu masă. Dinamic, cinematica bilelor cu masă este cauzată de acțiunea unei forțe sau unui impuls, în timp ce cinematica bilei fără masă are loc fără o forță sau un impuls.

Cinematic, un foton se comporta ca o bilă fără masă în raport cu viteza sursei sale. Viteza de propagare a unui foton are componenta de viteză electromagnetică $c_e = c$ și când sursa sa este în mișcare are și componenta de viteză mecanică v a sursei sale.

Când sursa de lumină și oglinda sunt în repaus într-un sistem inerțial, emisia, propagarea și reflectarea luminii se comportă ca atunci când sursa de lumină și oglinda sunt în repaus într-un sistem fix.

Lumina are viteza c și lungimea de undă λ în orice sistem fix și inerțial în care sursa și oglinda sunt în repaus în acel sistem. Din această cauză, experimentele cu surse terestre trebuie să aibă același rezultat ca și într-un sistem fix. Rezultatele experimentelor care caută viteze $c \pm v$ și/sau lungime de undă variabilă într-un sistem inerțial și, în special, experimentul Michelson-Morley [1, 2], sunt în concordanță cu acest studiu.

3. Reflectarea luminii când sursa este în repaus și oglinda în mișcare

3.1. Reflectarea luminii când viteza sa are o direcție opusă vitezei oglinzii

Figura 6 ilustrează poziția inițială a unei oglinzi în repaus într-un sistem inerțial care se mișcă cu viteza v . O sursă coerentă în repaus într-un sistem fix emite raze paralele de lumină cu viteza c perpendiculare pe oglindă, în direcția opusă vitezei v a sistemului inerțial. Această secțiune calculează viteza unui front de undă de lumină reflectat într-un sistem fix, nu viteza luminii ca o rază într-un sistem fix sau inerțial.

Un front de undă de lumină de la sursă se ciocnește cu oglinda în punctul A_1 . Viteza relativă a unui front de undă în raport cu oglinda este, de asemenea, viteza frontului de undă incidentă față de oglindă în sistemul inerțial $c_{ii} = c + v_{mi} = c + v$ unde $v_{mi} = v$ este viteza oglinzii în direcția opusă razelor incidente.

Viteza frontului de undă reflectat al luminii în sistemul inerțial c_{ri} ca fenomen cinematic este egală cu viteza frontului de undă incident al luminii c_{ii} , $c_{ri} = c_{ii} = c + v_{mi} = c + v$.

Figura 6 prezintă vectorii de viteză v , c , c_{ri} și c_{rf} existenți în punctul instant de ciocnire A_1 . Viteza v și viteza frontului de undă reflectat în sistemul fix c_{rf} sunt, de asemenea, reprezentate de vectorii A_1B_1 și, respectiv, A_1C_1 .

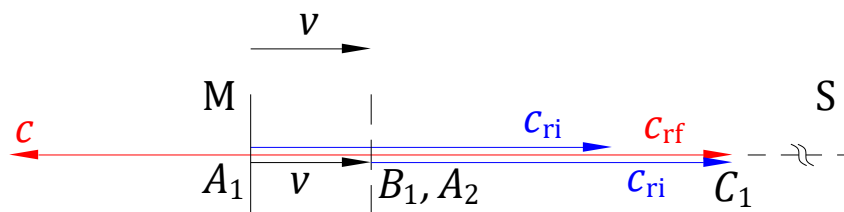


Figure 6. Reflectarea luminii atunci când viteza luminii de la sursă are o direcție opusă vitezei sistemului inerțial.

În timpul $t = 1s$ de la ciocnire, în sistemul fix, frontul de undă al luminii parcurge drumul A_1C_1 cu viteza c_{rf} și oglinda distanța A_1A_2 cu viteza $v_{mr} = v$; punctul A_2 coincide cu B_1 și $v_{mr} = v$ este viteza oglinzii de-a lungul direcției frontului de undă reflectată. În sistemul inerțial, frontul de undă reflectat parcurge distanța A_2C_1 cu viteza $c_{ri} = c + v_{mi} = c + v$.

Distanța $A_1C_1 = A_1A_2 + A_2C_1 \Rightarrow c_{rf}t = v_{mr}t + c_{ri}t \Rightarrow c_{rf} = c_{ri} + v_{mr} = c + v_{mi} + v_{mr} = c + v + v = c + 2v$.

3.2. Reflectarea luminii pentru cazul general

Figura 7 ilustrează cazul general când direcția vitezelor v_{mi} și v_{mr} face un unghi a și, respectiv, b cu direcția vitezei v . Punctele A_1, A_2, B_1, C_1, D_1 și D_2 sunt instanțe în sistemul fix a punctelor A, B, C și D din sistemul inerțial al oglinzii; T, U și V sunt puncte aparținând sursei în sistemul fix.

Figura 7 ilustrează toți vectorii de viteză prezenți în punctul instant de ciocnire A_1 ; vitezele v și c_{rf} sunt, de asemenea, reprezentate de vectorii A_1B_1 și, respectiv, A_1C_1 . Viteza $v_{mi} = v \cos a$, $v_{mr} = v \cos b$ și formula $c_{rf} = c + v_{mi} + v_{mr} = c + v \cos a + v \cos b$ care este aplicabilă pentru orice unghi a și b .

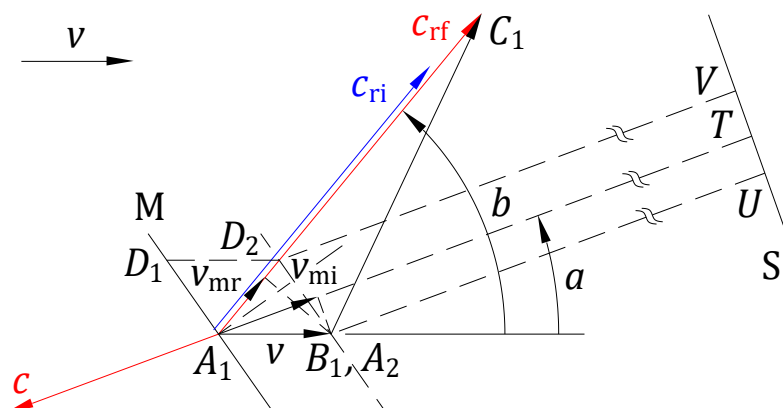


Figure 7. Reflectarea luminii pentru cazul general..

După o secundă de la ciocnire, frontul de undă al luminii parcurge drumul A_1C_1 cu

viteza c_{rf} și oglinda distanța A_1A_2 ; punctul A_2 coincide cu B_1 .

Instanțele A de la A_1 la A_2 reflectă doar un singur front de undă din fiecare rază trimisă din punctele T până la U ale sursei. Viteza c_{rf} are aceeași magnitudine și direcția A_1C_1 , nu A_2C_1 , pentru această multitudine de fronturi de undă care generează o nouă rază văzută în sistemul inerțial de-a lungul liniei A_2C_1 , cu vectorul vitezei de propagare A_2C_1 .

Instanțele punctelor pe oglindă de la A_1 la D_1 reflectă doar un singur front de undă din fiecare rază trimisă din punctele T până la V ale sursei. Viteza c_{rf} are aceeași magnitudine și direcție A_1C_1 pentru această multitudine de fronturi de undă care generează o nouă rază văzută în sistemul fix de-a lungul liniei D_2C_1 , cu vectorul vitezei de propagare D_2C_1 .

3.3. Discuții

Fronturile de undă reflectate pot deveni fronturi de undă incidente pentru o altă oglindă. Astfel că, formula c_{rf} devine $c_{rf} = c_s + v_{mi} + v_{mr} = c_s + v \cos a + v \cos b$, unde viteza c_s este viteza luminii de la o sursă sau o oglindă.

În 1924 Rudolf Tomaschek [3] folosind lumina stelelor și în 1925 Dayton Miller [4] folosind lumina soarelui au efectuat experimente cu un interferometru Michelson modificat. Lumina stelelor și lumina soarelui sunt considerate surse în repaus într-un sistem fix pentru observații terestre.

Formula pentru c_{rf} derivată aici este identică cu cea derivată în referința [5] în care viteza luminii ar fi independentă de viteza sursei sale și sursa este în repaus în sistemul inerțial al interferometrului. Derivarea schimbării franjurilor cu formula $c_{rf} = c_s + v \cos a + v \cos b$ a fost aplicată la două interferometre Michelson cu aceeași lungime a brațelor de 11 m ca în experimentul Michelson-Morley, în următoarele două lucrări:

„Reflectarea luminii ca fenomen mecanic aplicat unui particular interferometru Michelson” [5] care prezice o deplasare de zero franje. Pentru acest interferometru particular, derivarea clasică prezice o deplasare de $4.00E-01$ franje.

„Reflectarea luminii ca fenomen mecanic aplicat interferometrului Michelson” [6] prezice o deplasare de $2.00E-05$ franje. Michelson și Morley au prezis o deplasare de $4.00E-01$ franje pentru experimentul lor [1]. Pentru experimentele de înaltă precizie, geometria acestui interferometru tinde spre geometria interferometrului particular Michelson iar deplasarea franjurilor tinde spre zero.

Rezultatul experimentelor cu interferometrul Michelson modificat este în concordanță cu acest studiu.

Studiul acestei secțiuni poate fi aplicat altor experimente terestre care utilizează o sursă în mișcare în sistemul inerțial al Pământului.

4. Observarea unei stele din planul orbitei ei

4.1. Derivarea timpului în care lumina se deplasează de la stea la observator

Figura 8(a) descrie un observator și o stea într-un sistem fix. Observatorul este în repaus și steaua se rotește cu o viteză v , în sens trigonometric, pe o orbită circulară cu o rază R și centru în O_s . Observatorul din punctul O se află în planul orbitei stelei. Linia de observare de la O la O_s , $OO_s = d$, este perpendiculară pe linia AB . Punctul A este la poziția inițială a stelei la zero radiani. Un observator din punctul O vede steaua care se mișcă într-o direcție și alta pe linia AB . Raza R către steaua situată în punctul E face un unghi α cu coordonata $O_s x$.

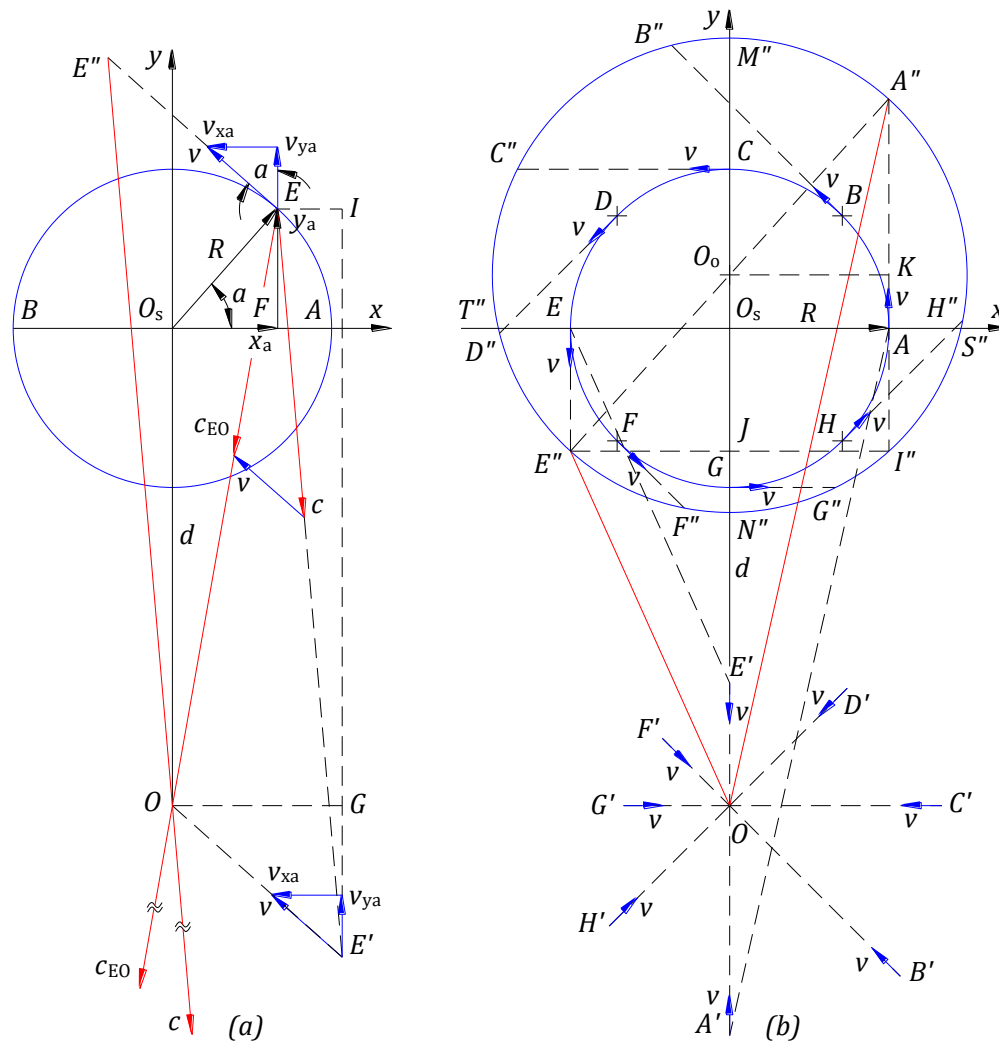


Figura 8. Observarea unei stele în planul orbitei sale. **8(a).** Steaua pe orbita sa la un unghi α față de poziția inițială. **8(b).** Orbita stelară actuală și observată.

În punctul E , există un front de undă de lumină trimis spre punctul E' cu viteza c care este tras cu viteza v din punctul A și, ca urmare a celor două viteze, frontul de undă se

deplasează de-a lungul drumului EO cu viteza c_{EO} , în timpul t_{sa} calculat după cum urmează:

$$\begin{aligned} \text{From Figure 8(a), } x_a &= R \cos a, \quad y_a = R \sin a, \quad v_{xa} = v \sin a, \quad \text{and } v_{ya} = v \cos a. \\ EE'^2 &= IE'^2 + IE^2 = (O_s O + EF + GE')^2 + (OG - O_s F)^2 \Rightarrow \\ c^2 t_{sa}^2 &= (d + y_a + v_{ya} t_{sa})^2 + (v_{xa} t_{sa} - x_a)^2 \Rightarrow \\ c^2 t_{sa}^2 &= (d + R \sin a + v t_{sa} \cos a)^2 + (v t_{sa} \sin a - R \cos a)^2 \Rightarrow \\ c^2 t_{sa}^2 &= d^2 + R^2 \sin^2 a + v^2 t_{sa}^2 \cos^2 a + 2dR \sin a + 2dv t_{sa} \cos a + 2Rv t_{sa} \sin a \cos a \\ &\quad + v^2 t_{sa}^2 \sin^2 a - 2Rv t_{sa} \sin a \cos a + R^2 \cos^2 a \Rightarrow \\ (c^2 - v^2) t_{sa}^2 &- 2dv t_{sa} \cos a - (d^2 + 2dR \sin a + R^2) = 0, \text{ cu soluția convenabilă} \end{aligned}$$

$$t_{sa} = \frac{\sqrt{d^2 v^2 \cos^2 a + (d^2 + 2dR \sin a + R^2)(c^2 - v^2)} + dv \cos a}{c^2 - v^2}.$$

Steaua își parcurge orbita în perioada $P = 2\pi R/v$. Timpul în care steaua călătorește de la A la E este $t_{ra} = aR/v$. Timpul în care lumina de la E ajunge la observator măsurată din poziția inițială este $t_a = t_{ra} + t_{sa}$, aplicabilă pentru orice alt punct al orbitei.

Viteza v schimbă drumul frontului de undă de la EE' la EO , dar nu direcția frontului de undă emis EE' . Lumina de la E călătorește către observatorul O cu viteza c_{EO} , în timpul t_{sa} , dar observatorul O vede această lumină călătorind cu viteza c , de la punctul E'' și cunoscând timpul t_{sa} observatorul poate calcula distanța OE'' . Figura $OE''EE'$ este un paralelogram cu $EE'' = E'O = vt_{sa}$ care se numește aici deviația punctului orbital $DOP_a = vt_{sa}$. Aceasta înseamnă că orbita observată a stelei este diferită de orbita sa reală.

Orbita stelară observată poate fi trasată prin calcularea deviației punctelor orbitale pentru diferite unghiuri a . Desenul din Figura 8(b) este la o scară pentru raza $R = 4 \text{ m}$, $D = 12 \text{ m}$, $v = 1 \text{ m/s}$ și $c = \sqrt{10} \text{ m/s}$. Datele sunt calculate în pași de 45° începând de la poziția inițială a punctului A și prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Deviația punctelor orbitale.

a [deg.]	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
t_{sa} [s]	5.776	6.062	5.333	4.177	3.089	2.392	2.667	4.278
DOP_a [m]	5.776	6.062	5.333	4.177	3.089	2.392	2.667	4.278

Orbita observată este un cerc sau aproape de un cerc, cu centrul său la O_o realizat grafic cu punctele de deviere din Tabelul 1, așa cum se arată în Figura 8(b). Viteza luminii de la orice punct al orbitei observate la observator este constanta c .

Din Figura 8(b), punctele A'' și E'' aparțin aceluiași diametru.

Din triunghiul $A''E''I''$, $A''I'' = DOP_{a=0^\circ} + DOP_{a=180^\circ}$, și $E''I'' = 2R$. Diametrul stelei observate $A''E'' = \sqrt{(DOP_{a=0^\circ} + DOP_{a=180^\circ})^2 + 4R^2}$ și raza $R_o = A''E''/2$.

Distanța $A''K = I''K \Rightarrow DOP_{a=0^\circ} - O_s O_o = DOP_{a=180^\circ} + O_s O_o$. Abaterea centrului orbitei observate $O_s O_o = (DOP_{a=0^\circ} - DOP_{a=180^\circ})/2$. Distanța de la observator la centrul

orbitei observate $d_o = d + O_s O_o$.

Steaua se deplasează pe orbita reală cu o viteză unghiulară constantă ω și viteza circulară constantă v , dar viteza circulară v_o pe orbita observată este variabilă. În desenul din Figura 8(b), se poate afla că v_o este maximă, v_{omax} , în punctul M'' și că v_o este minim, v_{omin} , în punctul N'' . În punctele S'' și T'' , v_o este $v_{om} = (v_{omax} + v_{omin})/2$.

Când distanța d crește după o magnitudine specifică, steaua pe orbita observată ar trebui să arate nereguli de timp așa cum sunt prezentate de W. De Sitter [7, 8] și F. Dâmbi [9, 10].

4.2. Derivarea timpului în care lumina se deplasează de la stea la observator dacă viteza luminii ar fi independentă de viteza sursei sale

În Figura 8(a), dacă viteza luminii ar fi independentă de viteza sursei sale, lumina din punctul E călătorește la punctul O aceeași distanță EO ca în Subsecțiunea 4.1, dar cu viteza c în loc de c_{sa} , în timpul t'_{sa} :

$$t'_{sa} = \frac{OE}{c} = \frac{\sqrt{(OO_s + EF)^2 + O_s F^2}}{c} = \frac{\sqrt{(d + R \sin a)^2 + (R \cos a)^2}}{c} \Rightarrow$$

$$t'_{sa} = \frac{\sqrt{d^2 + 2dR \sin a + R^2}}{c}.$$

Timpul în care steaua călătorește de la A la E este t_{ra} , și timpul $t'_a = t_{ra} + t'_{sa}$.

4.3 Exemplificare

Datele Pământului utilizate în calculele pentru timpii t_a and t'_a sunt:

- Perioada de un an pe Pământ în secunde $P_E = 365 d \times 24 h \times 60 m \times 60 s = 3.153600E + 07 s$.
- Viteza luminii de la o sursă în repaus într-un sistem fix $c = 3.00E + 08 m/s$ și apoi un an lumină în metri $1ly = c \times P_E = 9.460800E + 15 m$.

Exemplificarea este o aproximare a stelei Algol sau Beta Persei Aa2 citată de De Sitter. Steaua este observată în planul orbitei, planul hârtiei, și călătorind în sens trigonometric ca în Figura 8(a): datele stelei sunt după cum urmează:

- Distanța $d_o = 90 ly \times 1ly m = 8.514720E + 17 m$.
- Perioada este aceeași pentru orbita reală și observată, $P = P_o = 2.867328 d \times 24 h \times 60 min \times 60 sec = 2.477371E + 05 s$.
- Axa semi-majoră, notată aici cu f_o , $f_o = (0.00215"/3600")^\circ \times \pi rad/180^\circ = 1.042349E - 08 rad$.
- Excentricitatea $e_o = 0$. Deci, orbita observată este un cerc cu raza $R_o = d_o \times \sin f_o \cong d_o \times f_o = 8.875313E + 09 m$.
- Viteza orbitei circulare $v_o = 2 \times \pi \times R_o / P = 2.250984E + 05 m/s$.

Dacă R este cunoscută, atunci $v = 2\pi R / P$ și aproximând distanța $d \cong d_o$, timpul t_{sa}

poate fi calculat pentru $a = 0^\circ$ și $a = 180^\circ$. Se pot calcula distanțele $DOP_{a=0^\circ} = vt_{sa=0^\circ}$ și $DOP_{a=180^\circ} = vt_{sa=180^\circ}$, apoi $A''E''$, R_o și O_sO_o . Pentru $R = 1.232951040E + 05 m$, calculată prin încercări, s-a obținut raza orbitei observate $R_o = 8.875313E + 09 m$. Calculele s-au făcut într-o foaie de calcul.

Ca rezultat al calculului de mai sus, orbita reală, care dă orbita observată a stelei Beta Persei Aa2, are următoarele date:

- Raza $R = 1.232951040E + 05 m$.
- Viteza pe orbita circulară $v = 2\pi R/P = 3.12705E + 00 m/s$.
Raportul razelor și vitezelor este egal cu $R_o/R = 7.19843E + 04$.
- Devierea centrului a orbitei observate $O_sO_o = 9.25118E + 01 m$ este atât de mică comparativ cu d_o încât practic distanța $d = d_o - O_sO_o \cong d_o$.

Tabelul 2 oferă datele pentru unghiurile a de la 0° la 360° în pași de 45° . Diferențele de timp $t_a - t_{a=0}$ și $t'_a - t'_{a=0}$ sunt pașii de timp în zile corespunzătoare pașilor unghiurilor $a = 45^\circ$ văzuți la O . Diferențele de timp $t_{a=n45^\circ} - t_{a=(n-1)45^\circ}$ și $t'_{a=n45^\circ} - t'_{a=(n-1)45^\circ}$, pentru $n \in [1, 8]$ indică faptul că observarea orbitei afișează variații ale vitezei v care au o rată mai mică dacă viteza luminii ar fi independentă de viteza sursei sale.

Tabelul 2. Date pentru unghiurile a de la 0° to 360° în pași de 45° pentru orbita reală.

a [°]	0	45	90	135
t_a [d]	3.285000034E+04	3.285035866E+04	3.285071683E+04	3.285107501E+04
t'_a [d]	3.285000000E+04	3.285035842E+04	3.285071683E+04	3.285107525E+04
$t_a - t_{a=0}$ [d]	0.000000000E+00	3.583157133E-01	7.164895930E-01	1.074663470E+00
$t'_a - t'_{a=0}$ [d]	0.000000000E+00	3.584160034E-01	7.168320048E-01	1.075248003E+00
$t_{an} - t_{an-1}$ [h]	0.000000000E+00	3.583157133E-01	3.581738797E-01	3.581738769E-01
$t'_{an} - t'_{an-1}$ [h]	0.000000000E+00	3.584160034E-01	3.584160014E-01	3.584159986E-01
DOP_a [m]	8.875313497E+09	8.875313470E+09	8.875313405E+09	8.875313340E+09
180	225	270	315	360
3.285143332E+04	3.285179184E+04	3.285215050E+04	3.285250915E+04	3.285286767E+04
3.285143366E+04	3.285179208E+04	3.285215050E+04	3.285250891E+04	3.285286733E+04
1.432979176E+00	1.791495463E+00	2.150153583E+00	2.508811707E+00	2.867328000E+00
1.433664000E+00	1.792079997E+00	2.150495995E+00	2.508911997E+00	2.867328000E+00
3.583157066E-01	3.585162867E-01	3.586581203E-01	3.586581231E-01	3.585162935E-01
3.584159966E-01	3.584159966E-01	3.584159986E-01	3.584160014E-01	3.584160034E-01
8.875313312E+09	8.875313340E+09	8.875313405E+09	8.875313470E+09	8.875313497E+09

Observatorul vede timpul real t_a în conformitate cu orbita stelară reală cu datele din tabelul 2, chiar dacă orbita stelară observată este diferită.

Datele calculate pentru orbita stelară observată sunt date în Tabelul 3 care indică neregularitățile de timp care nu există.

Tabelul 3. Date pentru unghiurile a de la 0° la 360° în trepte de 45° pentru orbita observată.

a [$^\circ$]	0	45	90	135
$t_a - t_{a=0}$ [d]	0.000000E+00	-6.865283E+00	-2.394036E+01	-4.100640E+01
180	225	270	315	360
	-4.786291789E+01	-4.029005032E+01	-2.250738451E+01	-4.715270971E+00
		2.867328000E+00		

Dacă numai distanța d ar crește dincolo de aproximativ $d \times 1.3E + 03$ atunci steaua Beta Persei Aa2 ar arăta nereguli de timp real. Tabelul 4 prezintă datele pentru distanța $d \times 1.00E + 04$.

Tabelul 4. Date pentru unghiurile a de la 0° la 360° în pași de 45° și distanța de observare $d \times 1.00E + 04$.

a [$^\circ$]	0	45	90	135
$t_a - t_{a=0}$ [d]	0.000000E+00	-6.444849E-01	-2.707286E+00	-4.770087E+00
180	225	270	315	360
	-5.414572E+00	-4.053255E+00	-1.273622E+00	1.506011E+00
				2.867328E+00

4.4. Discuții

Fiecare stea trebuie tratată individual pentru a afla orbita reală și apoi se efectuează calculul numeric al timpilor t_a pentru evaluarea neregulilor de timp.

Orbita oricărei stele este observată mai mare decât cea reală. Acest fenomen este mai evident atunci când observarea unei stele este perpendiculară pe orbita stelei. Deci, astronomii ar putea detecta diferențele prezentate aici între viteza luminii depinzând de viteza sursei sale și dacă viteza luminii ar fi independentă de viteza sursei sale.

Acest studiu indică faptul că diametrul unei stele este observat mai mare decât cel real.

Oricum, neregulile de timp, prezise de orbita stelară reala, sunt reale si observabile; un exemplu poate fi sistemul stelei binare Beta Aurigae.

5. Discuții

Alte studii fac ipoteza că viteza luminii depinde de viteza sursei sale, care apoi trebuie verificată prin experimente și observații. Aici, această ipoteză este o concluzie cu care experimentele și observațiile trebuie să fie consecvente.

Undele electromagnetice sunt identități fără masă create de obiecte care au masă. Deci, este de așteptat ca undele să moștenească unele proprietăți mecanice.

Ecuțiile lui Maxwell dau viteza emisă a undelor electromagnetice în vid c atunci când sursa este în repaus într-un cadru fix și energia electromagnetică stocată în unde sub forma variației continue a câmpului electric și magnetic.

Ecuțiile lui Maxwell nu pot spune ceva despre viteza sursei undelor care se schimbă prin interacțiunea undelor cu obiecte, pentru fiecare caz particular, similar cu a bilei. Deci, electromagnetismul ar putea fi considerat o ramură a mecanicii care are o cinematică comună, dar cu caracteristicile sale dinamice specifice.

References

- [1] Michelson, A. A.; Morley E. W. On the relative motion of the earth and the luminiferous ether. *Am. J. Sci.* 1887, 34(203), 333–345.
- [2] Bărbulescu, N. Physical Foundations of the Einsteinian Relativity. *St. & Enc. ed.; Bucharest, Romania.* 1975, 50-66.
- [3] Tomaschek, R. Über das verhalten des lichtet außerirdischer lichtquellen. *Annalen der Physik.* 1924, 378, 105–126.
- [4] Miller, D.C. Ether-drift experiments at Mount Wilson. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA.* 1925, 11(6), 306–314.
- [5] Dambi, F. Reflection of light as a mechanical phenomenon applied to a particular Michelson interferometer-Rev1. *General Science Journal.* 2020.
<https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Mechanics%20/%20Electrodynamics/Download/8434>
- [6] Dambi, F. Reflection of light as a mechanical phenomenon applied the Michelson interferometer-Rev1. *General Science Journal.* 2020.
<https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Mechanics%20/%20Electrodynamics/Download/8452>
- [7] De Sitter, W. A proof of the constancy of the velocity of light. *Proc. Royal Netherlands Acad. Arts and Sci.* 1913, 15(II), 1297–1298. Communicated in the meeting of February 22, 1913.
- [8] De Sitter, W. On the constancy of the velocity of light. *Proc. Royal Netherlands Acad. Arts and Sci.* 1913, 16(I), 395–396.
- [9] Dambi, F. Irregularities in observing binary stars if the velocity of light depends on the velocity of its source. *General Science Journal.* 2019.
<https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Astronomy/Download/7836>
- [10] Dambi, F. Algol confirms the independence of the velocity of light from its source. *General Science Journal.* 2020
<https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Astronomy/Download/8300>