

Emisia, propagarea și reflectarea luminii ca fenomene mecanice în sisteme inerțiale

Noiembrie 3, 2021

Filip Dâmbi Filipescu 

23995 N 167th Dr., Surprise, Arizona 85387, USA

filipdambi1@gmail.com

Abstract: Cinematica bilelor cu masă în sistemele inerțiale este ca cea din sistemul în repaus absolut. Exemple practice de bile cu masă studiate la limită atunci când masa lor este zero indică faptul că cinematica bilelor fără masă este ca cea a bilelor cu masă. Lumina ca undă sau particulă este o entitate fără masă. Prin urmare, este firesc să se aplice comportamentul cinematic al bilelor fără masă la lumină în interacțiunile sale cu materia în timpul fenomenelor de emisie și reflectare. Astfel, cinematica luminii depinde de cinetica ei de natură electromagnetică și de interacțiunile sale mecanice de emisie și reflectare cu materia. Lumina se comportă în sistemele inerțiale ca în sistemul în repaus absolut, iar viteza luminii este constanta c în sistemele inerțiale în care sursa și oglinda sunt în repaus. Experimentele terestre cu lumină nu pot dovedi mișcarea Pământului. Acest studiu explică rezultatul experimentului efectuat la CERN, Geneva, în 1964. Incluzând bilele fără masă în mecanica newtoniană, emisia, propagarea și reflectarea luminii pot fi considerate fenomene mecanice.

Cuvinte cheie: Cinematica Bilelor; Coliziunea Elastică Bilă-Perete; Optică Geometrică; Viteza Luminii; Emisia luminii; Propagarea Luminii; Reflectarea luminii.

I. INTRODUCERE

Fenomenele de emisie, propagare, și reflectare a bilelor și a luminii sunt analizate în spațiul vid al sistemul în repaus absolut numit aici sistemul absolut.

Un observator ipotetic în sistemul absolut observă fenomenele fizicii în sistemul său și în orice cadru inerțial ca un observator în acel cadru. Prin urmare, studiul fenomenelor de fizică în sistemul absolut include pe cele din sistemele inerțiale, iar aceasta este abordarea luată în această lucrare.

Secțiunea II prezintă exemple mecanice care concluzionează că cinematica bilelor fără masă este ca cea a bilelor cu masă. Secțiunea III descrie emisia, propagarea și reflectarea bilelor cu masă și fără masă. Secțiunea IV aplică cinematica bilelor fără masă la emisia, propagarea și reflectarea luminii ca fenomene mecanice.

Conform notațiilor utilizate în acest studiu, punctele indicate de litere fără indice corespund punctelor văzute de un observator în sistemul inerțial. Punctele indicate de literele cu un index sunt instanțe ale punctelor din sistemul inerțial în sistemul absolut. Punctele cu același indice sunt asociate cu aceeași instanță.

II. EXEMPLE MECANICE CARE CONDUC LA EMISIA, PROPAGAREA ȘI REFLECTAREA LUMINII CA FENOMENE MECANICE

Starea unei bile se schimbă prin aplicarea unei forțe, Exemplul 1, sau prin aplicarea unui impuls, Exemplul 2. Aceste exemple sunt prezentate ca dovadă că cinematica bilelor fără masă este ca cinematica bilelor cu masă.

A. Exemplul 1 - Bilă adusă din repaus la o viteză v prin aplicarea unei forțe

Un vehicul schimbă starea unei bile cu o masă m prin împingerea bilei din repaus la o viteză v , cu o forță constantă F , o accelerație constantă a , de-a lungul unei distanțe d . În timp ce viteza bilei crește de la zero la v , forța inerțială F_i a bilei acționează cu aceeași magnitudine în direcția opusă a forței F . Energia E consumată de vehicul pentru a învinge F_i este dată de lucrul mecanic creat de forța F , $L = F \times d = m \times a \times (1/2) \times a \times t^2 = (1/2)mv^2$. Cu F_i neutralizată, bila ajunge la viteza v a vehiculului, și câștigă energia E stocată în impulsul său $P = mv$. Într-adevăr, integrala impulsului $P = mv$, ca o funcție liniară cu panta m și variabilă v , de la zero la v , dă energia câștigată de bila de $(1/2)mv^2 = E$. Când forța F se oprește, bila continuă să călătorească cu viteza v .

Dacă masa bilei scade spre zero, forța F scade spre zero și când se oprește la viteza v , bila continuă să călătorească cu viteza v , și impulsul său P scade spre zero. La limită, când masa bilei este zero, vehiculul mișcă bila fără masă din repaus la viteza v fără nici o forță, $F = 0$, prin urmare, fără nici un consum de energie, $E = 0$. Când vehiculul se oprește, bila fără masă călătorește cu viteză v ca bila cu masă, dar fără impuls, $P = 0$.

Cinematica bilelor fără masă este ca cea a bilelor cu masă. Bilele fără masă, diferit de bilele cu masă, au nevoie doar de un vehicul ca purtător pentru a-și schimba starea și acest lucru se face fără energie și nu au impuls după aceea.

B. Exemplul 2 - Coliziunea elastică a unei bile în mișcare cu un perete în mișcare

În sistemul în repaus absolut, un perete cu masa m_1 se deplasează cu viteza v_1 și o bilă cu masa $m_2 < m_1$ se deplasează cu viteza v_2 în direcția opusă vitezei v_1 , așa cum este ilustrat în Fig. 1. La instanța coliziunii elastice, peretele aplică un impuls bilei, iar bila este reflectată înapoi cu viteză $v'_2 > v'_1$. Peretele continuă să călătorească în aceeași direcție cu viteza $v'_1 < v_1$.

Viteza v'_1 a peretelui și viteza v'_2 a bilei după o coliziune elastică sunt derivate aici.

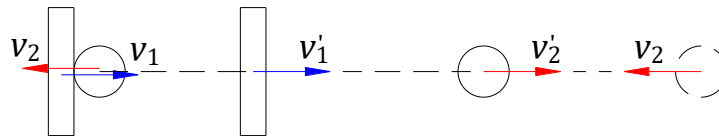


FIG. 1. Coliziunea elastică a unei bile în mișcare cu un perete în mișcare.

Ecuțiile pentru legea conservării impulsului și a energiei cinetice produc soluțiile pentru viteza v'_1 și viteza v'_2 .¹

Ecuția legii conservării impulsului este

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v'_1 + m_2v'_2. \quad (1)$$

Ecuția pentru legea conservării energiei cinetice este

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2. \quad (2)$$

Ecuțiile (1) și (2) produc soluțiile

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2}v_2 \quad \text{și}$$

$$v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}v_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}v_2.$$

Soluțiile sunt derivate în mecanică fără a cunoaște direcția vitezelor v_1' și v_2' după coliziune. Dacă masa bilei m_2 scade spre zero sau $m_1 \gg m_2$ și direcția vitezei v_1 , ca referință, este considerată a fi pozitivă, atunci direcția v_2 este negativă și direcția vitezelor v_1' și v_2' sunt pozitive. Soluțiile simplificate sunt approximate cu $v_1' \cong v_1$ și $v_2' \cong v_2 + 2v_1$. Dacă peretele călătorește în aceeași direcție cu bila $v_1' \cong v_1$ și $v_2' \cong v_2 - 2v_1$. Soluțiile simplificate sunt date ca aproximație, deoarece mecanica newtoniană, așa cum o înțelegem, exclude entitățile fără masă.

La limita când masa bilei este zero, soluțiile simplificate sunt $v_1' = v_1$, $v_2' = v_2 + 2v_1$ și $v_1' = v_1$, $v_2' = v_2 - 2v_1$, respectiv. În sistemul inerțial al peretelui, bila se deplasează cu viteza $v_2 + v_1$ și $v_2 - v_1$, respectiv.

Cu toate acestea, bila fără masă respectă ecuația pentru legea energiei cinetice $(1/2)m_1v_1^2 = (1/2)m_1v_1'^2$ și ecuația pentru legea conservării impulsului $m_1v_1 = m_1v_1'$. Aceste soluții subliniază că nu este nevoie de energie pentru a schimba starea unei bile fără masă, iar o bilă fără masă în mișcare nu are impuls.

Un caz particular este atunci când peretele este în repaus, $v_1 = 0$. La limita când masa bilei este zero, soluțiile simplificate sunt $v_1' = 0$ și $v_2' = v_2$.

Un alt caz particular este atunci când bila este în repaus, $v_2 = 0$. La limita când masa bilei este zero, soluțiile simplificate sunt $v_1' = v_1$ și $v_2' = 2v_1$. În sistemul inerțial al peretelui, bila călătorește cu viteza v_1 .

Cinematica bilelor fără masă este ca cea a bilelor cu masă atunci când li se aplică un impuls.

III. EMISIA, PROPAGAREA ȘI REFLECTAREA UNEI BILE ÎN CADRE INERȚIALE

Figura 2 ilustrează o structură, care conține o sursă S de bile cu masă sau fără masă și un perete W, în repaus într-un cadru inerțial care se mișcă cu viteza v în sistemul absolut. Sursa emite o bilă cu viteza emisă v_e în direcția A_1B_1 . Bila este târâtă de viteza sursei care este viteza sistemului inerțial v , astfel încât bila călătorește cu viteza de propagare v_s în direcția A_1B_2 ; viteza v_s este suma vectorială a vitezelor v_e și v .

Timpul în care bila călătorește de la A_1 la B_2 cu viteza v_s , sursa călătorește de la A_1 la A_2 și peretele de la B_1 la B_2 cu viteza v .

În sistemul absolut, bila călătorește, în același timp, calea A_1B_2 cu viteza de propagare v_s și

toni în direcția A_1B_1 cu viteza emisă c_e egală cu viteza constantă c , $c_e = c$. Lumina sau fotonii sunt târâți de viteza sistemului inerțial v ca bilele fără masă, astfel încât lumina sau fotonii să călătorească cu viteza de propagare c_s în direcție A_1B_2 ; viteza c_s este suma vectorială a vitezelor $c_e = c$ și v .

Mișcarea unui foton sau a frontului unei raze de lumină este similară cu bila prezentată în Fig. 2. Diferit do o bilă sau foton sau de frontul unei raze de lumină, lumina este emisă continuu. Prin urmare, lumina este observată ca o rază târâtă de viteza v .

Viteza sistemului inerțial v aliniază direcția A_2B_2 cu direcția c_e . Ca urmare, raza de lumină călătorește pe calea A_2B_2 în sistemul absolut, care este calea AB în sistemul inerțial, la viteza emisă $c_e = c$. Lumina la punct B_2 este observată venind de la A_2 cu viteza c_e și nu de la A_1 cu viteza c_s .

Viteza sistemului inerțial v aliniază direcția B_3C_3 cu direcția c_r . Ca urmare, raza de lumină călătorește calea B_3C_3 în sistemul absolut, care este calea BC în sistemul inerțial, cu viteza reflectată $c_r = c_e = c$. Lumina la punct C_3 este observat venind de la B_3 cu viteza c_r și nu de la B_2 cu viteza c_m .

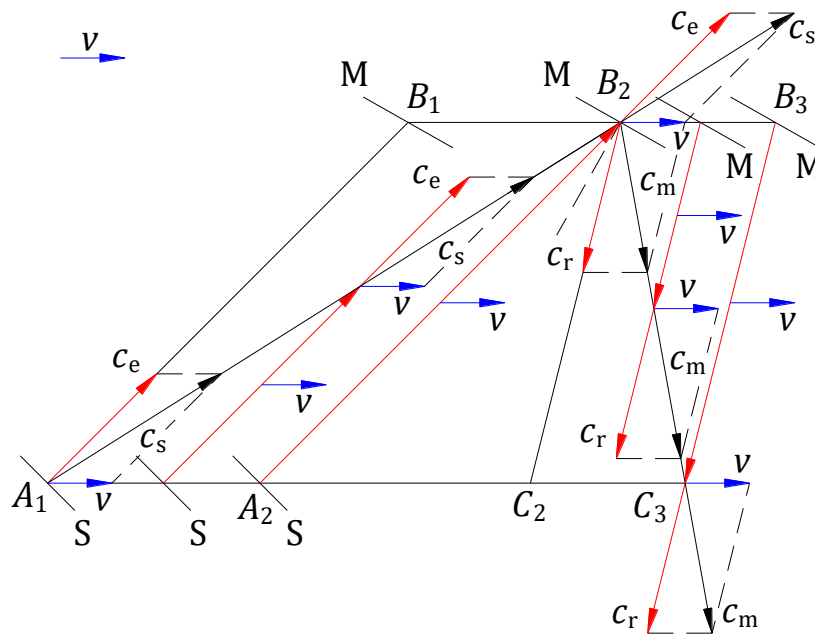


FIG. 3. Emisia, propagarea și reflectarea luminii în sistemul absolut și inerțial.

Emisia, propagarea și reflectarea luminii sunt observate în sistemul inerțial ca în sistemul absolut.

Un caz particular este atunci când lumina călătorește în direcția opusă vitezei v , așa cum este arătat în Fig. 4.

În sistemul absolut, frontul unei raze de lumină de la sursă se ciocnește cu oglinda în mișcare la punctul A_1 . Vitezele instantanee, v , $c_e = c$, $c_r = c_e = c$ și $c_m = c_r + v = c + v$ sunt arătate la punctul A_1 .

După un timp de la instanța coliziunii, în sistemul absolut, oglinda parcurge distanța A_1A_2 cu viteza v , iar frontul razei de lumină reflectat parcurge distanța A_1B_2 cu viteza c_m ; în sistemul absolut și inerțial, raza reflectată parcurge distanța $A_2B_2 = AB$ cu viteza $c_r = c$.

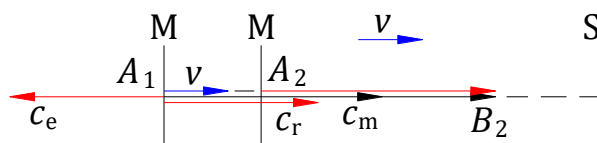


FIG. 4. Lumina de la sursă călătorește în direcția opusă vitezei v .

Considerați că sistemul inerțial se mișcă cu viteza v_1 într-un alt sistem inerțial numit sistemul în repaus relativ care se mișcă în sistemul în repaus absolut cu viteza v_2 . Prin urmare, viteza v este suma vectorială a vitezelor v_2 și v_1 . Un observator în cadrul în repaus relativ vede calea razei de lumină târâtă cu viteza v_1 . Se pot concluziona următoarele:

- Orice sistem inerțial este un sistem în repaus relativ pentru orice alt sistem inerțial.
- Fenomenele de fizică într-un sistem inerțial sunt observate la fel în sistemul în repaus absolut și în orice alt sistem în repaus relativ.
- Observarea și studierea fenomenelor fizice într-un sistem inerțial sunt independente de sistemul în repaus absolut și de orice sistem în repaus relativ.

Aceste concluzii se aplică emisie, propagării și reflectării luminii ca în cazul fenomenelor mecanice.

V. CONCLUZII

Secțiunea II concluzionează că cinematica bilelor fără masă este ca cea a bilelor cu masă. Bilele fără masă respectă legile de conservare a impulsului și a energiei cinetice. Astfel că, bilele ipotetice fără masă pot fi incluse în mecanica newtoniană.

Secțiunile III și IV arată că fenomenele de emisie, propagare și reflectare a luminii sunt similare cu cele ale bilelor fără masă. De exemplu, emisia, propagarea și reflectarea bilelor/luminii sunt observate în sistemul inerțial ca în sistemul absolut. Viteza bilei/luminii în sistemul absolut și sistemele inerțiale este $v_e = v_r / c_e = c_r = c$ dacă sursele și peretele/oglinda sunt în repaus în aceste sisteme.

Având în vedere că cinetica luminii este de natură electromagnetică, sunt așteptate diferențe între lumină și bilele fără masă. De exemplu, bilele pot fi emise cu magnitudini diferite a vitezei v_e , în timp ce lumina este emisă numai la viteza constantă c , $c_e = c$. Bilele fără masă și lumina nu își schimbă energia prin reflectare. Bilele fără masă nu au energie înainte și după reflectare, iar lumina păstrează aceeași energie electromagnetică.

În sistemele inerțiale, viteza v trage undele de lumină în întregime. Astfel că, ecuațiile lui Maxwell se aplică în sistemele inerțiale ca în sistemul absolut.

Lumina se comportă în sistemele inerțiale ca în sistemul în repaus absolut. Prin urmare, experimentele terestre nu pot dovedi mișcarea Pământului. Rezultatul experimentelor terestre, și în special experimentul Michelson-Morley,² sunt în concordanță cu acest studiu.

Experimentul efectuat la CERN, Geneva, în 1964,³ accelerează bosoni aproape de viteza constantă a luminii c cu energia electromagnetică provenită de la accelerator. La această viteză,

bosonii se dezintegrează în fotoni și alte particule care sunt îndepărtate din calea fotonilor. Fotonii continuă să călătorească cu o viteză apropiată de c . Bosonii accelerați sunt un fel de sursă de fotoni, dar nu ca o sursă de lumină care să le dea viteza instantanee $c_e = c$. Aici, fenomenul fizic este ca cel descris în Exemplul 1. Bosonii sunt purtători accelerați care aduc fotonii la viteza v egală cu o viteză apropiată de c ca fenomen mecanic, nu ca fenomen electromagnetic. Când bosonii se dezintegrează, fotonii sunt liberi să călătorească independent la o viteză apropiată de c .

Walter Ritz,⁴ precum și alți fizicieni, au abordat teoriile lor de emisie cu ipoteza că viteza luminii depinde de viteza sursei sale, teorii care trebuie confirmate de experimente. Aici, această ipoteză este o concluzie, din exemple obișnuite, cu care experimentele trebuie să fie de acord.

¹T. Idema, *Mecanică și Relativitate*, ed. 2019 (TU Delft Open, Delft, Olanda, 2019), p. 46.

²A. A. Michelson și E. W. Morley, [Am. J. Sci.](#) **34**, 333 (1887).

³T. Alvager, F. J.M. Farley, J. Kjellman și L. Wallin, [Phys. Lett. A.](#) **12**, 260 (1964).

⁴W. Ritz, [Ann. de Chim. și Phys.](#) **13**, 145 (1908).