The Antiphysical Review

Founded and Edited by M. Apostol **241** (2023)

ISSN 1453-4436

Doua mari probleme. I. Relativitatea, Cuantica si Spinul

M. Apostol
Department of Theoretical Physics, Institute of Atomic Physics,
Magurele-Bucharest MG-6, POBox MG-35, Romania
email: apoma@theory.nipne.ro

Fizica moderna a zdruncinat multi oameni destepti cu misteriile ei. Multa risipa de intelect s-a facut si se face de la 1905, de cind a aparut Einstein cu Relativitatea lui. Multa disperare superioara s-a fost jertfita de pe la 1925, de cind a venit pe lume Mecanica Cuantica. Dualitatea unda-particula a lovit in multi savanti, dar ca spinul parca nu i-a durut nimic mai rau. De pe atunci fizicienii s-au obisnuit cu deznadejdea, cu mizeria stiintifica, si s-au resemnat. Au inceput sa faca greseli, tot mai multe greseli, ca astazi nu te mai poti vedea de ele. Daca tot nu stim, de ce sa ne blamati ca gresim? Gresim, fiindca pentru ca nu stim, nu cunoastem! Lumea e misterioasa, Fizica e rea, noi sintem modesti, traim si noi ca amaritzii. Profesam ignoranta.

Cu aceasta atitudine fizicienii au vazut ca le e bine; in sensul ca "amarit dar o duc bine". Job-uri, lefsoare, cariere, faima, petreceri, acolade, flori si zurgalai. Ba mai mult, au inceput sa dezgroape si sa fabrice alte si alte mistere. Ca sa-si rida de el, Einstein i-a dat unuia pe care il ardeau palmele o problema de nerezolvat: Turbulenta. De atunci a ramas ca Turbulenta este cea mai problema de Fizica Clasica ramasa imposibila. Au bagat publicitate, premii, ziarisii au ce minca, cafenelele sordide gem de filosofi. La Sybaris, unde-i capistea spoielii, se nasc genii pe strada care dau chix a doua zi. Urla ziarele, domle. Ce mai tragedii facem si noi!

Daca apare cite unu' mai normal, mai cu frica lu' Dumnezeu si zice ba fratzilor, stati ca parca e simplu, ca asa, ca ailalta, nu e mare filosofie. O, atunci omul e infierat ca naiv, ca un nimenea-n drum, marginalizat, anonimizat si neantificat. Corectitudinea in Fizica traieste astazi pe ascuns, la marginea cetatii.

Sa mai vedem totusi aici o data despre Relativitate, Cuantica si Spin. In urmatorul apr sa vedem despre Turbulenta.

In Fizica Clasica exista ecuatii de unde. De exemplu ecuatia sunetului. Aceste ecuatii sint deduse printr-o aproximare. Ele sint valabile daca viteza particulelor mediului este mult mai mica decit viteza sunetului. Aceasta aproximatie incurca lucrurile, trebuie avuta mereu in minte. Ecuatia sunetului nu este invarianta la transformarea Galilei. Dar ea este invarianta la transformarea Lorentz, cu viteza luminii inlocuita cu viteza sunetului. Vedem asadar ca nu e nimic misterios in transformarile Lorentz, am putea avea o “Relativitate sonora”. Iar cind viteza ar depasi viteza sunetului, transformarea nu ar mai fi valabila, atunci vom avem unde de soc in mediu. Dar la astfel de viteze mari ecuatia sunetului nu mai este valabila, asa ca trebuie sa facem aproximatia vitezelor mici in transformarile Lorentz de sunet, si regasim transformarile Galilei.

De ce e nevoie ca ecuatia sa fie invarianta? Din cauza legii lui Newton. Ecuatia lui Newton e invarianta la transformarea de sisteme inertiale, asa incit toate legile Fizicii trebuie sa fie invariante. Acesta este marele Principiu al Relativitatii. De notat ca invarianta nu se pastreaza la rotatii. Dar daca modificam timpul si spatiul, le facem curbe, putem include in invarianta si rotatiile, si gravitatea. De ce ar trebui ca legea lui Newton sa fie valabila, daca noi ne ocupam de altceva, de electromagnetism, de exemplu? Simplu, pentru ca masuratorile le facem cu aparate ce se supun legii lui Newton, si daca ea, legea, n-ar fi invarianta, am avea rezultate necontrolate de masuratori in sisteme inertiale diferite.

Ajungem la electromagnetism. Ecuatiile lui Maxwell si ecuatiile undelor ce rezulta din ele sint exacte. Aceste ecuatii contin o viteza c, care nu depinde de nimic. Nu exista, ca la sunet, un mediu elastic, un eter, care sa determine viteza c. Ar putea ca c sa depinda de sistemul de referinta, dar invarianta ecuatiilor Maxwell la transformari Lorentz ne arata ca nu depinde. Prin urmare c este o constanta universala. Invarianta la transformari Lorentz inseamna coordonate si timp conform cu ecuatiile:

$$x' = \frac{x + vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \ , \ t' = \frac{t + \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \ .$$

Prima ecuatie ne spune ca spatiul depinde de timp, prin vt; ceea ce nu e mare lucru. asta ni se pare normal. Dar a doua ecuatie ne spune ca timpul depinde de spatiu, prin $\frac{v}{c^2}x$; ca si cum am avea un timp x/c in care ne ajunge raza de lumina, si acest timp este micsorat in raportul v/c, adica in acest timp noi parcurgem spatiul $v \cdot \frac{x}{c}$, si de-abia acolo ne ajunge raza de lumina, adica fix in timpul $(v \cdot \frac{x}{c})/c$. Asta revine la a spune ca noi masuram timpul si spatiul cu raza de lumina. Ceea ce e posibil numai daca distantele sint mai mici decit c inmultit cu t, altfel nu putem masura; adica, numai daca $v < c$. De exemplu, ne putem imagina un corp rigid de raza R in rotatie cu viteza unghiulara ω; daca $\omega R > c$, nu putem masura, de la centru, pozitia si timpul punctelor aflate la periferie. Stiinta nu are sens asupra lucrurilor ce nu pot fi masurate.

Radacina patrata de la numitorul ecuatiilor de mai sus e mai speciala. Ea ne arata ca in miscare timpul se lungeste si distantele se scurteaza. Dar, atentie, distantele trebuie masurate la acelasi moment, ceea ce e cam imposibil.

Transformarile Lorentz arata ca intervalul $ds^2 = c^2dt^2 - d\boldsymbol{r}^2$ este invariant. Vectorul $(cdt, d\boldsymbol{r})$ are "lungimea" invarianta. Dupa acest model putem construi si alti vectori relativist invarianti. De exemplu. momentul $\boldsymbol{p} = m\boldsymbol{v}$ se va transforma ca $d\boldsymbol{r}$, corespunzator termenului vt din prima ecuatie ($x = 0$); el va deveni deci $\boldsymbol{p} = m\boldsymbol{v}/\sqrt{1 - v^2/c^2}$. Energia cinetica $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ va corespunde primului termen din a doua ecuatie ($x = 0$). Vom scrie $E_c = mc^2(v^2/2c^2)$, sau

$$E_c = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right) \quad ,$$

ceea ce ne spune ca energia este $E = mc^2/\sqrt{1 - v^2/c^2}$; si ca exista o energie de repaus $E_0 = mc^2$. Vectorul relativist este $(E/c, \boldsymbol{p})$, si vedem ca

$$E^2/c^2 - p^2 = mc^2 \ .$$

Asta inseamna ca in repaus avem o energie mc^2 si un moment mc, pentru orice corp de masa m.

De unde aceasta energie si acest moment de repaus? Orice energie si orice moment implica o miscare. Asta inseamna ca in repaus particulele se misca; adica nu exista repaus absolut. Intr-adevar, asta este exact ceea ce ne invata Mecanica Cuantica. Mecanica Cuantica nu este adversara Relativitatii, cum adesea se spune, ci, din contra, completeaza si explica Relativitatea. Intr-adevar, conform Mecanicii Cuantice orice particula este o unda. Ca urmare, pe lungimea de unda si pe durata perioadei ei de oscilatie, particula nu are o pozitie si nici un moment de timp determinat. Cea mai precisa determinare a pozitiei si timpului unei particule este data de relatiile de incertitudine

$$mc^2\Delta t = \frac{1}{2}\hbar \ , \ mc\Delta x = \frac{1}{2}\hbar \ ,$$

unde $\hbar$ este constanta lui Planck. Lungimea $\hbar/mc$ se mai numeste si lungimea de unda Compton. Urmeaza ca nu putem sa folosim Relativitatea decit cu erori Δt si Δx. Pentru corpuri macroscopice, astfel de erori nu conteaza, Mecanica Cuantica este superflua. Dar pentru particule cuantice si relativiste, ca in ELectrodinamica Cuantica, astfel de limitari sint esentiale.

Si totusi, daca particula se misca cu energia mc^2 si momentul mc intr-o regiune de spatiu $\hbar/2mc$ un timp $\hbar/2mc^2$, si asta in mod continuu, sa observam ca aceasta miscare se face cu viteza luminii c. Intr-adevar, in aceasta zona de spatiu si in acest interval de timp particula isi pierde substantialitatea, ea este o interactie, un cimp, ce se misca cu viteza c.

In particular, o astfel de miscare nedeterminata conduce la un moment unghiular $L = mc \cdot \Delta x$, adica $L = mc \cdot \frac{\hbar}{2mc} = \frac{\hbar}{2}$, adica la spinul 1/2. In relatia de incertitudine $\hbar/2$ vine de la $\overline{\cos^2\varphi} = 1/2$; daca adaugam si $\overline{\sin^2\varphi} = 1/2$, obtinem 1, adica $mc\Delta x = \hbar$ si spinul 1. Pentru particulele elementare incertitudinea este liniara sau planara; nu exista alti spini (cu exceptia bosonului Higgs, spin zero, care insa are dinamica inghetata, astfel incit sa dea masa particulelor).