

---

## The Antiphysical Review

---

Founded and Edited by M. Apostol

227 (2020)

---

ISSN 1453-4436

### De ce nu exista anti-fotonul

M. Apostol

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

#### Dlui Profesor anti-Comorosan

Cimpul electromagnetic este guvernata de ecuatiile Maxwell. Ecuatiile Maxwell sunt ecuatii diferentiale de ordinul doi. Solutiile elementare ale acestor ecuatii a o frecventa  $\omega$ , data de  $\omega^2 = c^2 k^2$ , unde  $c$  este viteza luminii in vid si  $\mathbf{k}$  este vectorul de unda. Ca urmare,  $\omega = \pm ck$ . Notam  $\omega = ck$  si avem si  $-\omega$ . Solutia generala a cimpului electromagnetic liber este o suprapunere de solutii elementare cu ambele frecvente,

$$\psi \sim \sum (ae^{-i\omega t} + a^*e^{i\omega t}) \quad , \quad (1)$$

unde  $t$  este timpul; indicii de componente si dependenta spatiala sint lasate nedefinite explicit;  $a$  si  $a^*$  sint coeficienti nedeterminati.

Din multe indicatii experimentale si teoretice s-a vazut ca frecventa  $\omega$  trebuie asociata unei cuante de energie  $E = \hbar\omega$ , unde  $\hbar$  este constanta lui Planck; aceasta cuanta s-a numit foton. Cimpul electromagnetic a fost astfel cuantificat,

$$\psi \sim \sum \left( ae^{-\frac{i}{\hbar}Et} + a^*e^{\frac{i}{\hbar}Et} \right) . \quad (2)$$

Aparitia energiei  $E$  in aceasta ecuatie a aprins imaginatia fizicienilor. Ecuatia (2) s-a citit (si se citeste): "disparitia unei cuante de energie  $E$  (coeficientul  $a$ ) este totuna cu aparitia unei cuante de energie  $-E$  (coeficientul  $a^*$ ); si viceversa, o cuanta de energie  $E$  este totuna cu disparitia unei cuante de energie  $-E$ ." Ce sa fie aceasta cuanta de energie negativa  $-E$ ? Nimic altceva, decit ce spune ecuatia (2), adica disparitia unei energii  $E$ .

Pina aici totul parea fara probleme. Dar daca fotonul e cuantificat, cu atit mai mult particulele trebuie sa fie cuantificate. In particular, particulele relativiste, intrucit fotonul e relativist, si interactioneaza cu aceste particule. Pentru particulele relativiste libere cunoastem energia; ea este data de  $E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$ , unde  $m$  este masa particulei, iar  $\mathbf{p}$  este impulsul particulei. Regulile de cuantificare si relativitatea stabilesc ecuatiile pe care le satisfac aceste particule cuantice. Ele sint ecuatii diferentiale de ordinul intii (cuplate) sau de ordinul doi. Solutiile lor sint suprapuneri de solutii elementare cu frecventele  $\pm E/\hbar$ , unde  $E = \sqrt{m^2c^4 + p^2c^2}$ ; asa incit, un cimp cuantic de particule se scrie, ca si fotonul, in forma

$$\psi \sim \sum \left( ae^{-\frac{i}{\hbar}Et} + a^*e^{\frac{i}{\hbar}Et} \right) . \quad (3)$$

Aici apar problemele. Spre deosebire de foton, particulele pot avea si alte caracteristici, ce apar in cimp ca variabile latente. Ca urmare, aparitia (disparitia) unei particule cu energia  $-E$  nu inseamna neaparat disparitia (aparitia) aceleiasi particule cu energia  $E$ ; poate inseamna si disparitia

(aparitia) unei alte particule, cu energia  $E$  dar cu celelalte caracteristici de semn opus particulei originale cu energia  $E$ . In particular, observam ca energia  $-E$  apare prin complex conjugare, iar complex conjugarea pentru particule cu sarcina electrica inseamna schimbarea semnelui sarcinii electrice. Mai mult, complex conjugarea implica si reversia temporala  $t \rightarrow -t$ , dar si inversia spatiala  $\mathbf{r} \rightarrow -\mathbf{r}$ , asa incit, operatia de conjugare complexa pentru sarcinile electrice de semn opus, notata  $C$ , este legata de operatia de inversie temporala notata  $T$  si de operatia de inversie spatiala notata  $P$ . Simetria la operatia combinata  $CTP$  permite existenta particulelor care au caracteristici de semn opus particulelor originale. Aceste noi particule se numesc antiparticule. Ele exista penru ca particulele au si alte caracteristici, precum sarcina electrica (flavour, culoare, numar barionic, leptonic). Masa nu intra in rindul acestor caracteristici, intrucit in aproximatia nerelativista a formulei energiei (ce trebuie satisfacuta) scriem  $E = |m| c^2 + p^2/2 |m|$  si notam  $|m|$  cu  $m > 0$ . Cimpul se scrie acum in forma

$$\psi \sim \sum \left( a e^{-\frac{i}{\hbar} E t} + b^* e^{\frac{i}{\hbar} E t} \right) , \quad (4)$$

unde coeficientul  $b$  indica prezenta unei particule diferite de particula  $a$  (antiparticula).

Asadar, antifotonul nu exista pentru ca nu avem alte caracteristici (sarcina, ..) pe care sa le asociem fotonului. O situatie asemanatoare apare pentru neutrino, care, fara masa nu are antiparticula, dar cu masa are antiparticula. Particulele fara antiparticule sint propriile lor antiparticule. Motivul fundamental, ultim, pentru care antiparticulele exista este experienta.