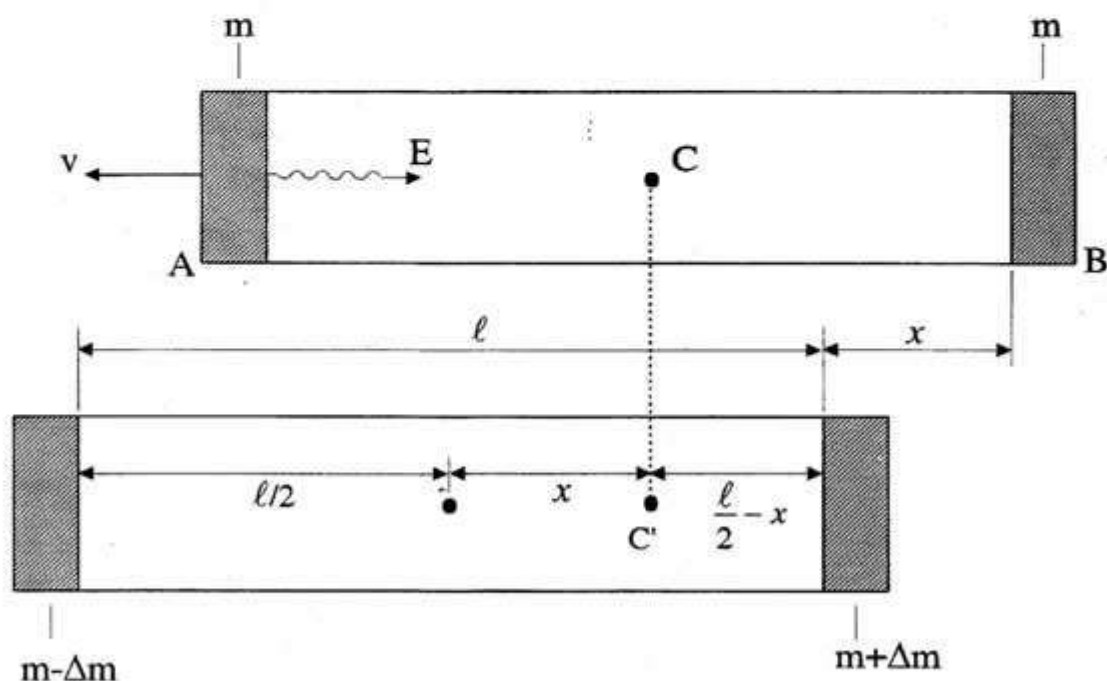


Considerații ecologice pe marginea unei demonstrații a lui A. Einstein

Nikolić Vasilie

Căutând relația de corespondență dintre energie și masă, Einstein recurge în 1905 la un experiment imaginar din care deduce binecunoscuta formulă $E = \Delta m \cdot c^2$.

Pentru a urmări raționamentul lui să refacem experimentul, cu referire la figura de mai jos:



Într-o incintă cilindrică vidată, având masa totală $M = 2m$ repartizată egal la cele două capete ale incintei astfel încât C să fie centrul de masă al ei, din capătul A se emite un semnal luminos scurt, de energie finită E și impuls $\frac{E}{c}$ (în

care $c =$ viteza luminii) care este absorbit integral de masa „ m “ din capătul B al incintei.

Datorită reculului în masa din A, incinta se va deplasa în sens opus cu viteza v , până când peretele (masa) din B va primi impulsul $\frac{E}{c}$, fapt care va opri deplasarea incintei. Aici raționamentul lui Einstein se bazează pe experiențele efectuate de Lebedev în 1899 care au demonstrat presiunea exercitată de lumină asupra corpurilor.

În virtutea legii conservării impulsului:

$$M \cdot v = \frac{E}{c}, \quad \text{de unde} \quad v = \frac{E}{M \cdot c}$$

În deplasarea sa, prin recul, incinta parcurge distanța x față de poziția sa inițială.

După Einstein, intervalul de timp dintre emisia și absorbția energiei, deci timpul de parcurgere de către incintă a distanței x , va fi de

$$t = \frac{\ell}{c} \quad (1)$$

„ ℓ “ fiind lungimea incintei. De aici rezultă

$$x = v \cdot t = v \cdot \frac{\ell}{c} = \frac{E}{M \cdot c} \cdot \frac{\ell}{c} = \frac{E \cdot \ell}{M \cdot c^2} \quad (2)$$

Prin impulsul luminos se transmite o parte din masă, Δm (echivalentă energetic impulsului), de la un perete spre celălalt, astfel încât, în final, în punctul A masa devine $m - \Delta m$ iar în punctul B ea devine $m + \Delta m$. Cum în sisteme izolate poziția centrului de masă rămâne neschimbată, se pot scrie momentele celor două mase față de C' la finele experimentului

$$(m - \Delta m) \cdot \left(\frac{\ell}{2} + x \right) = (m + \Delta m) \cdot \left(\frac{\ell}{2} - x \right)$$

Prin efectuarea înmulțirilor și a reducerilor rezultă:

$$2m \cdot x = \ell \cdot \Delta m \quad \text{de unde} \quad x = \frac{\ell \cdot \Delta m}{2m} = \frac{\ell \cdot \Delta m}{M} \quad (3)$$

Comparând (2) cu (3) se poate scrie

$$\frac{E \cdot \ell}{M \cdot c^2} = \frac{\ell \cdot \Delta m}{M} \quad (4)$$

Din (4) se obține, prin simplificare:

$$E = \Delta m \cdot c^2 \quad (5)$$

Aceasta a fost demonstrația lui Einstein.

Analizând însă fenomenul și experimentul imaginat de el, se observă că relația (1) nu este adevărată. Datorită deplasării incintei cu x în întâmpinarea impulsului luminos, acesta nu va mai străbate distanța ℓ ci una mai mică și anume $\ell - x$, iar timpul necesar pentru străbaterea acestei distanțe va fi

$$t = \frac{\ell - x}{c} \quad (6)$$

Această situație poate fi observată dintr-un sistem inerțial exterior primului sistem și care se află în nemișcare față de sistemul în care are loc experimentul.

În locul relației (2) vom avea în acest caz

$$x = \frac{E \cdot (\ell - x)}{M \cdot c^2} \quad \text{sau} \quad x = \frac{E \cdot \ell}{M \cdot c^2 + E} \quad (7)$$

Comparând acum (7) cu (3) se obține:

$$\frac{E \cdot \ell}{M \cdot c^2 + E} = \frac{\ell \cdot \Delta m}{M}$$

din care rezultă

$$E = \frac{M}{M - \Delta m} \cdot \Delta m \cdot c^2 = k \cdot \Delta m \cdot c^2 \quad (8)$$

Din (8) se vede că energia ce se obține pe seama unei variații de masă este în general mai mare decât cea care corespunde relației clasice (5) și că factorul de amplificare $k = \frac{M}{M - \Delta m}$ este cu atât mai mare cu cât variația de masă (Δm) este mai semnificativă. Atunci când această variație tinde să cuprindă întreaga masă m , k tinde spre valoarea 2. Valorile extreme ale factorului de amplificare a energiei din formula lui Einstein, în experimentul analizat, sunt:

$$k \rightarrow 1 \text{ când } \Delta m \rightarrow 0 \text{ fiindcă } \frac{M}{M-0} = 1$$

$$k \rightarrow 2 \text{ când } \Delta m \rightarrow m \text{ fiindcă } \frac{M}{M-m} = \frac{2m}{2m-m} = 2.$$

Astfel formula $E = \Delta m \cdot c^2$, dedusă de Einstein, reprezintă cazul particular când $k \rightarrow 1$, respectiv atunci când o parte elementară infimă din masa totală se transformă în energie. Pe măsură ce procentul de masă transformată crește, k ia valori semnificative ce pot ajunge până la 2 în experimentul analizat, atunci când întreaga masă din care a plecat fotonul se transformă în energie.

Această situație reprezintă la rândul ei un caz particular în care, conform ipotezei inițiale, masa M este egal distribuită la cele două capete ale incintei cilindrice. Dar nimic nu ne împiedică să admitem că masa M se divide inegal, în punctul A plasându-se, de pildă, 1,5m iar în punctul B rămânând restul de 0,5m. În această situație, ținând cont și de faptul că centrul de masă se va deplasa spre A, la o distanță de $\frac{\ell}{4}$, fiind la $\frac{3}{4}\ell$ depărtare de B, toate raționamentele demonstrației rămân valabile. Constatăm însă că în acest caz Δm din formula finală va putea crește până spre 1,5m iar k , la rândul său poate tinde spre 4

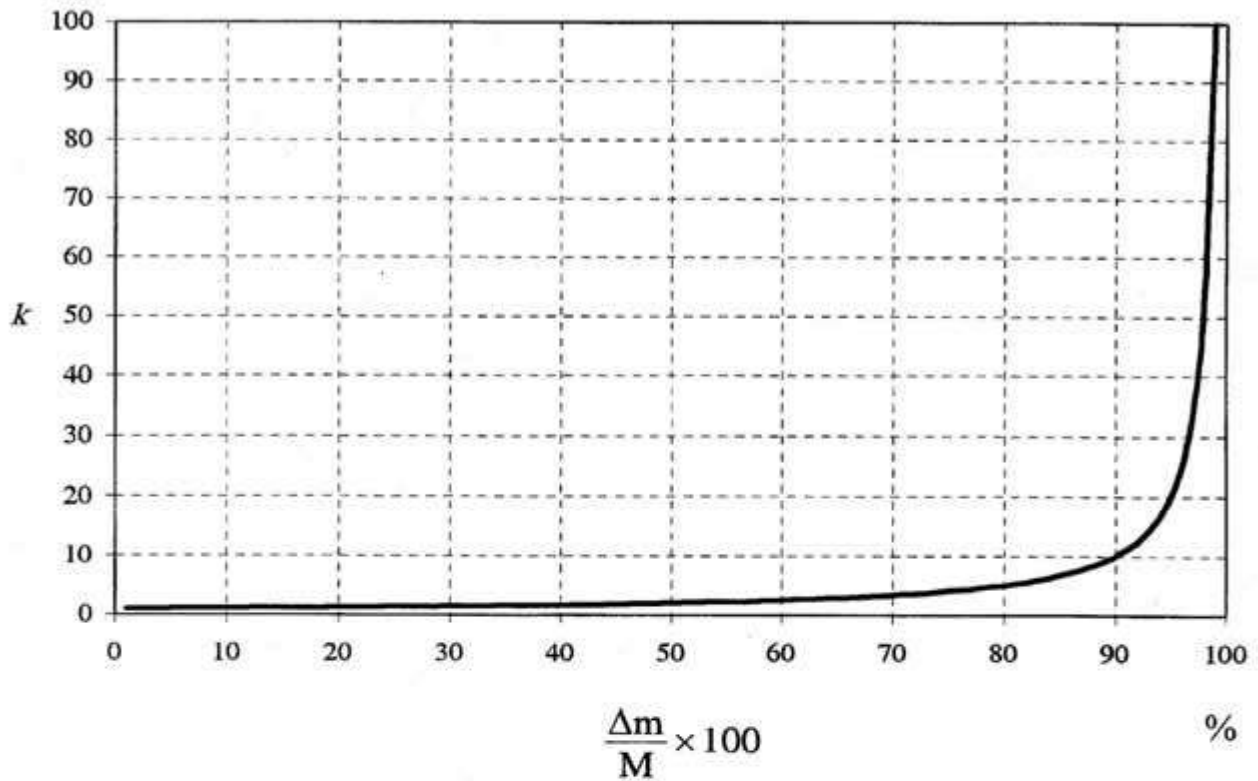
$$k = \frac{M}{M - \Delta m} = \frac{2m}{2m - 1,5m} = \frac{2}{0,5} \rightarrow 4$$

Acest raționament ar putea continua prin deplasarea în punctul A a unor fracțiuni din ce în ce mai mari din M încât, de exemplu, la proporția de 1,9m în A și 0,1m în B vom avea

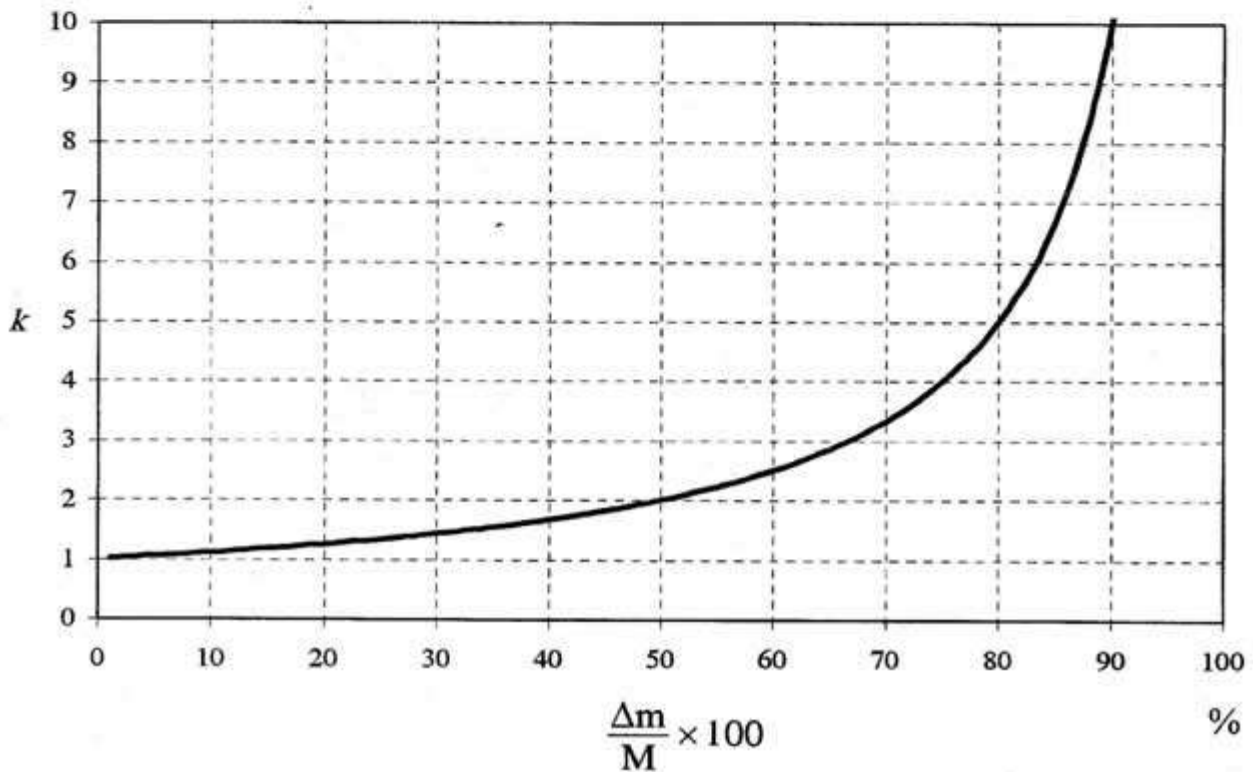
$$k = \frac{M}{M - \Delta m} = \frac{2m}{2m - 1,9m} = 20$$

Desigur această asimetrie a maselor nu poate merge la extrem întrucât, în virtutea ipotezelor inițiale, în punctul B trebuie să rămână întotdeauna o fracțiune din masă care să recepteze și să oprească propagarea fotonului. În același timp însă, trebuie admis că în cazul unor asimetrii accentuate, k poate lua valori foarte mari.

În diagrama de mai jos este reprezentată variația lui k atunci când Δm variază, în % din M , de la 1% la 99 %.



Prezentăm în continuare un detaliu care cuprinde valorile lui k de la 1 la 10, în funcție de procentul de transformare al masei în energie.



Valabilitatea acestui raționament urmează a fi verificată pe cale experimentală, prin măsurători precise, atât asupra cuantumului de masă transformată din total masă aflată în experiment cât și asupra cantității totale de energie degajată din transformare.

Împotriva acestui raționament s-ar putea obiecta că, într-un sistem inerțial ca cel al incintei descrise, lumina, plecată din A, va avea, datorită reculului provocat, o viteză mai mică și anume $c-v$ și în acest caz:

$$t = \frac{\ell - x}{c - v} = \frac{\ell}{c} = \frac{x}{v}$$

iar formula lui Einstein ar rămâne valabilă în forma ei inițială.

Aceasta însă contrazice postulatul constanței vitezei luminii, indiferent de sistemul de referință. Deci ori postulatul, conform căruia viteza luminii este o constantă universală, nu este adevărat și atunci demonstrația lui Einstein e corectă, ori postulatul este corect și atunci demonstrația și formula privitor la echivalența dintre masă și energie trebuie reconsiderată.

Din cele arătate apare un element nou și - aparent - paradoxal: echivalența dintre cele două stări ale materiei, masă și energie este influențată de cantitatea de masă ce intră în joc. Această influență a *cantității* asupra *legităților* sub care au loc diferite fenomene, am mai observat-o și în alte situații și ea poate constitui un câmp de investigare nou și fascinant. Dar aceasta este o altă problemă.

Implicațiile ecologice ale considerentelor prezentate mai înainte sunt evidente: impactul ecologic al fiecărei explozii nucleare este, în realitate, mai mare decât s-a considerat teoretic până în prezent.

Dificultățile enorme de efectuare a unor măsurători precise în cazul dezintegrării unor surse mari de materie, explică faptul că cele arătate nu au putut fi sesizate. Actualele observații se rezumă la evaluări indirecte ale energiei degajate dintr-o explozie nucleară ceea ce nu a permis verificarea fizică exactă a formulei $E = \Delta m \cdot c^2$. Subiectiv vorbind se poate afirma însă, că după fiecare experiment nuclear efectele observate au întrecut așteptările experimentatorilor. Măsurătorile efectuate în laboratoare, cu prilejul dezintegrării particulelor

elementare nu puteau decât să confirme valabilitatea formulei lui Einstein, în care factorul de amplificare este sau tinde să devină 1.

Dacă în cazul utilizării pașnice a energiei atomice, de exemplu în centralele nucleare, amplificarea energiei produse, conform demonstrației de mai sus, este benefică, în cazul utilizării distructive, cum au fost exploziile nucleare de la Hiroshima și Nagasaki, cât și în cazul numeroaselor explozii experimentale ulterioare, de perfecționare a acestei arme distrugătoare, mediul înconjurător a fost afectat nu conform relației lui Einstein ci conform relației corectate, în care efectul distructiv a fost mult mai mare decât cel preconizat teoretic.

Desigur că pentru cei care, din rațiuni de supraviețuire a rasei umane și a vieții pe Terra, se opun utilizării armei nucleare, nu considerentele teoretice, de evaluare a cuantumului de energie degajată contează, dar e bine să se cunoască adevăratele proporții ale fenomenului în discuție pentru a avea un motiv de fermitate în plus în acțiunea de folosire exclusiv pașnică a acestei resurse uriașe de energie.