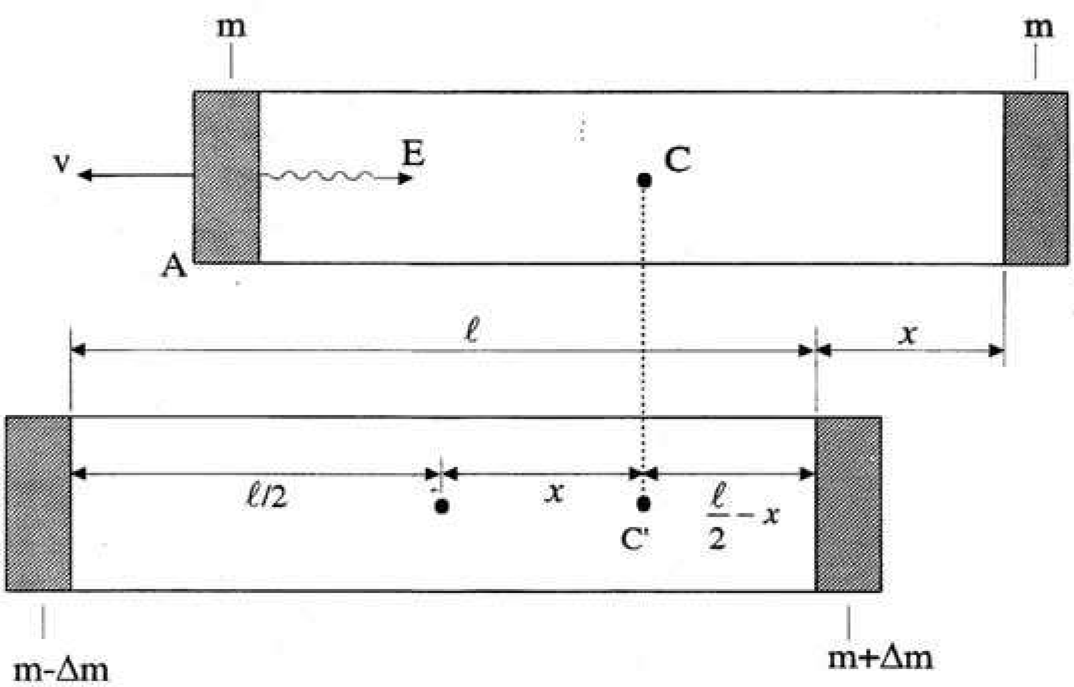
Consideraţii ecologice pe marginea unei demonstraţii a lui A. Einstein

Nikolić Vasilie

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

Pentru a urmări raţionamentul 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 şi 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 raţionamentul lui Einstein se bazează pe experienţele 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 distanţa x faţă de poziţia sa iniţială.

După Einstein, intervalul de timp dintre emisia şi absorbţia energiei, deci timpul de parcurgere de către incintă a distanţei x, va fi de

$$t = \frac{\ell}{c} \tag{1}$$

„ℓ" fiind lungimea incintei. De aici rezultă

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

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 − Δm iar în punctul B ea devine m + Δm. Cum în sisteme izolate poziţia centrului de masă rămâne neschimbată, se pot scrie momentele celor două mase faţă 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 înmulţirilor şi a reducerilor rezultă:

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

Comparând (2) cu (3) se poate scrie

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

Din (4) se obţine, prin simplificare:

$$E = \Delta m \cdot c^2 \tag{5}$$

Aceasta a fost demonstraţia lui Einstein.

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

$$t = \frac{\ell - x}{c} \tag{6}$$

Această situaţie poate fi observată dintr-un sistem inerţial exterior primului sistem şi care se află în nemişcare faţă de sistemul în care are loc experimentul.

În locul relaţiei (2) vom avea în acest caz

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

Comparând acum (7) cu (3) se obţine:

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

din care rezultă

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

Din (8) se vede că energia ce se obţine pe seama unei variaţii de masă este în general mai mare decât cea care corespunde relaţiei clasice (5) şi că factorul de amplificare $k = \frac{M}{M - \Delta m}$ este cu atât mai mare cu cât variaţia de masă (Δm) este mai semnificativă. Atunci când această variaţie 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:

$k \to 1$ când $\Delta m \to 0$ fiindcă $\dfrac{M}{M-0} = 1$

$k \to 2$ când $\Delta m \to m$ fiindcă $\dfrac{M}{M-m} = \dfrac{2m}{2m-m} = 2$.

Astfel formula $E = \Delta m \cdot c^2$, dedusă de Einstein, reprezintă cazul particular când $k \to 1$, 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 situaţie reprezintă la rândul ei un caz particular în care, conform ipotezei iniţiale, 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 situaţie, ţinând cont şi de faptul că centrul de masă se va deplasa spre A, la o distanţă de $\dfrac{\ell}{4}$, fiind la $\dfrac{3}{4}\ell$ depărtare de B, toate raţionamentele demonstraţiei rămân valabile. Constatăm însă că în acest caz Δm din formula finală va putea creşte până spre 1,5m iar k, la rândul său poate tinde spre 4

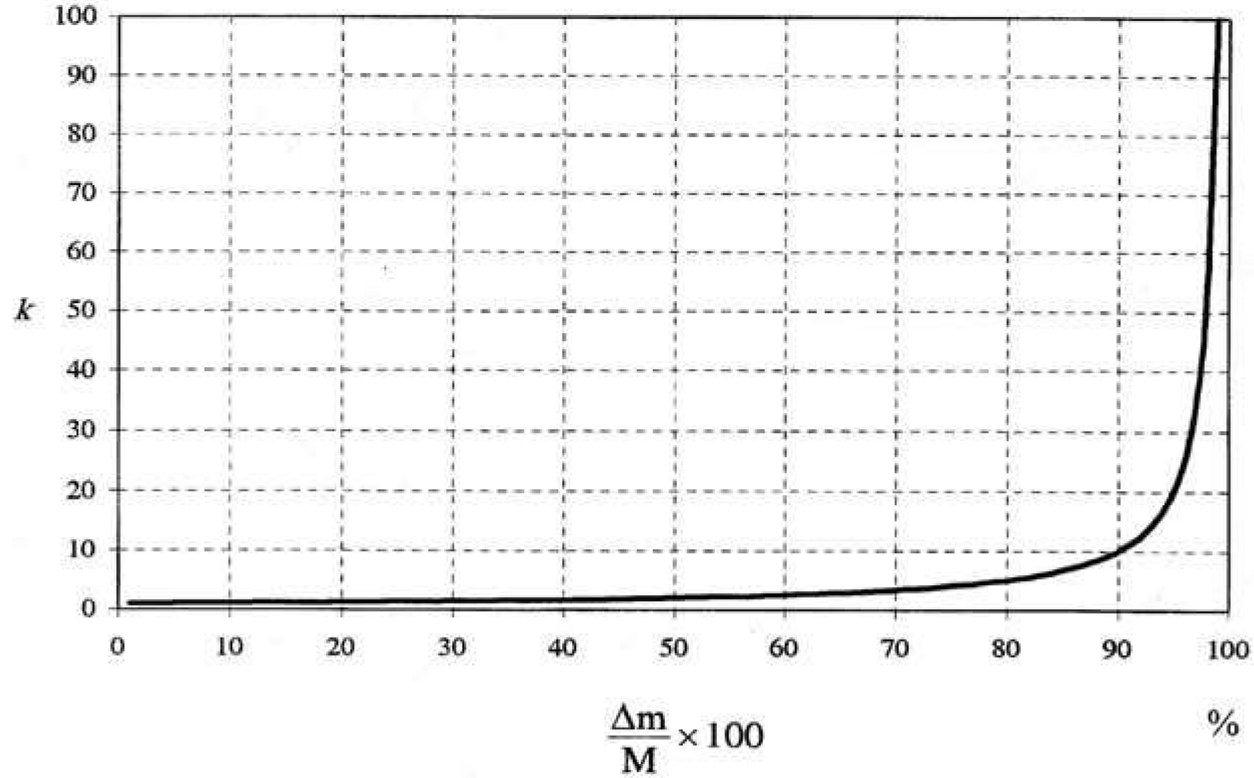
$$k = \frac{M}{M - \Delta m} = \frac{2m}{2m - 1{,}5m} = \frac{2}{0{,}5} \to 4$$

Acest raţionament ar putea continua prin deplasarea în punctul A a unor fracţiuni din ce în ce mai mari din M încât, de exemplu, la proporţia de 1,9m în A şi 0,1m în B vom avea

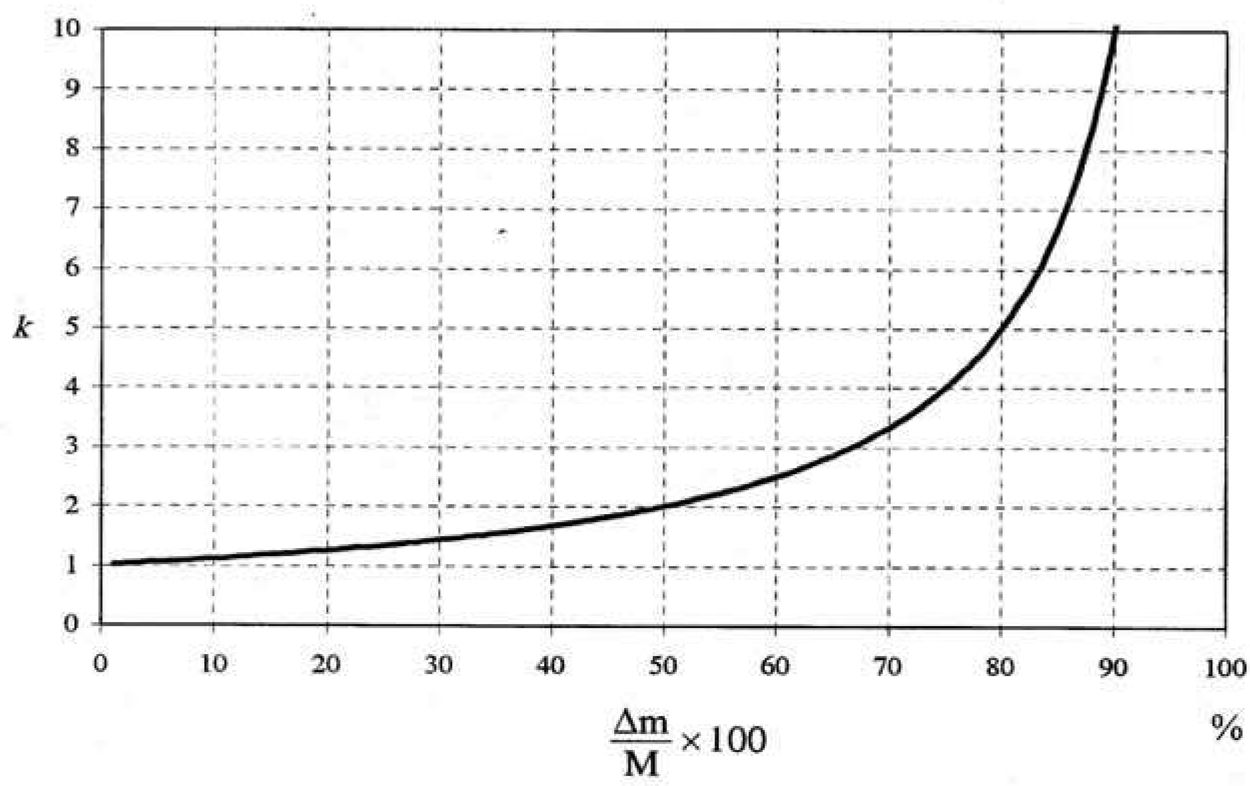
$$k = \frac{M}{M - \Delta m} = \frac{2m}{2m - 1{,}9m} = 20$$

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

În diagrama de mai jos este reprezentată variaţia 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 funcţie de procentul de transformare al masei în energie.



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

Împotriva acestui raţionament s-ar putea obiecta că, într-un sistem inerţial ca cel al incintei descrise, lumina, plecată din A, va avea, datorită reculului provocat, o viteză mai mică şi anume c–v şi 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 iniţială.

Aceasta însă contrazice postulatul constanţei vitezei luminii, indiferent de sistemul de referinţă. Deci ori postulatul, conform căruia viteza luminii este o constantă universală, nu este adevărat şi atunci demonstraţia lui Einstein e corectă, ori postulatul este corect şi atunci demonstraţia şi formula privitor la echivalenţa dintre masă şi energie trebuie reconsiderată.

Din cele arătate apare un element nou şi - aparent - paradoxal: echivalenţa dintre cele două stări ale materiei, masă şi energie este influenţată de cantitatea de masă ce intră în joc. Această influenţă a ***cantităţii*** asupra ***legităţilor*** sub care au loc diferite fenomene, am mai observat-o şi în alte situaţii şi ea poate constitui un câmp de investigare nou şi fascinant. Dar aceasta este o altă problemă.

Implicaţiile 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.

Dificultăţile 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 observaţii se rezumă la evaluări indirecte ale energiei degajate dintr-o explozie nucleară ceeace 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 aşteptările 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 paşnice a energiei atomice, de exemplu în centralele nucleare, amplificarea energiei produse, conform demonstraţiei de mai sus, este benefică, în cazul utilizării distructive, cum au fost exploziile nucleare de la Hiroshima şi Nagasaki, cât şi în cazul numeroaselor explozii experimentale ulterioare, de perfecţionare a acestei arme distrugătoare, mediul înconjurător a fost afectat nu conform relaţiei lui Einstein ci conform relaţiei corectate, în care efectul distructiv a fost mult mai mare decât cel preconizat teoretic.

Desigur că pentru cei care, din raţiuni de supravieţuire a rasei umane şi a vieţii 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 proporţii ale fenomenului în discuţie pentru a avea un motiv de fermitate în plus în acţiunea de folosire exclusiv paşnică a acestei resurse uriaşe de energie.