

## C2.5 Energia Totală Einstein

Revenind la forma generală a energiei relativiste, este deosebit de utilă (în multe aplicații) relația energie-impuls, care se obține eliminând viteza din sistemul

$$\left\{ \begin{array}{l} p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{array} \right. \text{ și având forma } \boxed{E = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}}$$

Ca fapt divers, deși cu implicații filosofice profunde, în cazul electronului relativist, dacă se egalează energia sa (de repaus) relativistă cu potențialul produs de acesta rezultă așa zisa rază clasică a electronului

$$m_e c^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_0} \Rightarrow \boxed{r_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m_e c^2} = 2.8 \cdot 10^{-15} [m]}$$

care semnifică dimensiunea (sau limita) spațială în care masa electronului poate fi confinată! Această limită este de ordinul dimensiunii nucleelor, ceea ce explică posibilitatea de emisie a electronului din nucleu, în procesele de transformare nucleară (proton-neutron), ca și în reacțiile (ciocnirile) nucleare.

$$\begin{aligned} E &= (m_0^2 c^4 + p^2 c^2)^{1/2} = \\ &= m_0 c^2 \left( 1 + \frac{p^2 c^2}{m_0^2 c^4} \right)^{1/2} = \\ &= m_0 c^2 \left( 1 + \frac{p^2 c^2}{2m_0^2 c^4} + \dots \right) \\ &\cong m_0 c^2 + \frac{p^2}{2m_0} = m_0 c^2 + \frac{m_0 v^2}{2} \end{aligned}$$

Remarcabil, Hans Bethe a fost unul dintre primii fizicieni (alături de Einstein și Enrico Fermi) care a intuit că una dintre interpretările acestei relații este aceea că “o particulă cu masa foarte mică – așa numitele particule elementare, la nivelul atomic și subatomic/nuclear în speță – poate înmagazina o energie foarte mare” (datorită produsului dintre masa sa – chiar dinamică/de mișcare, foarte mică – cu pătratul vitezei luminii, care este foarte mare!) Acest lucru poate fi evidențiat dezvoltând în serie Taylor limitată la primii doi termeni energia totală

relativistă pentru o particulă nerelativistă ( $pc \ll m_0 c^2 \Leftrightarrow v \ll c$ ).

În ultima expresie, primul termen reprezintă energia care leagă particulele materiale, constituind cea mai mare parte a energiei din toată energia corpului (comparată cu energia cinetică a corpului – cel de-al doilea termen), dar care nu este vizibilă atâta timp cât nu se produce dezintegrarea/dezagregarea corpului.