

Risposta alla domanda: "Volevo sapere se è stato calcolato il piccolissimo difetto di massa dell'atomo di idrogeno, corrispondente alla sua energia di legame, grazie"
Ulisse, portale di divulgazione scientifica della Sissa, Trieste
(Risposta apparsa il 10 maggio 2008)

Quando due particelle formano uno stato "legato", per effetto di un'interazione, la loro energia totale E_{TOT} è negativa e pari alla somma dell'energia cinetica E_C e dell'energia potenziale E_P

$$E_{\text{TOT}} = E_C + E_P.$$

Se le due particelle hanno masse m_1 ed m_2 , velocità v_1 e v_2 , cariche uguali ed opposte $\pm e$ e sono soggette per esempio ad interazione elettromagnetica, la formula precedente dà

$$E_{\text{TOT}} = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r},$$

dove ϵ_0 è la costante dielettrica del vuoto ed r la distanza fra le due particelle. Se un elettrone ed un protone, di carica e uguale ed opposta e pari a $1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$, si uniscono per formare un atomo di idrogeno (il cui raggio è approssimativamente $0.53 \cdot 10^{-10} \text{m}$), un rapido calcolo mostra che il protone (molto più pesante) è praticamente fermo e dunque il contributo dominante all'energia viene dall'elettrone. Questo ha massa pari a circa $9.1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$ e si muove con velocità pari ad $1/137$ della velocità della luce $c \cong 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$, per cui

$$E_{\text{TOT}} \cong -13.6 \text{eV}.$$

Questa quantità è la cosiddetta energia di legame, cioè l'energia necessaria a separare l'atomo di idrogeno in un elettrone ed un protone. Il difetto di massa dovuto all'energia di legame è dunque pari a

$$\Delta m = -\frac{E_{\text{TOT}}}{c^2} \cong 2.42 \cdot 10^{-35} \text{kg}.$$

Piccolissimo. Tradotto in parole povere, un atomo di idrogeno "pesa" Δm meno di un elettrone ed un protone.

Se m è la massa del sistema composto (nel nostro caso $m \cong 1.67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$, massa del protone), si ottiene un difetto di massa relativo pari a

$$\frac{\Delta m}{m} \cong 1.45 \cdot 10^{-8}.$$

Un valore molto piccolo. Confrontiamolo con l'analogo difetto di massa relativo che si ottiene in un processo nucleare $\left. \frac{\Delta m}{m} \right|_{\text{nucleare}} \cong 10^{-3}$, cioè 100.000 volte più grande. E' per questo motivo che il

difetto di massa si misura solo nei processi nucleari. Per curiosità, il difetto di massa relativo nel sistema gravitazionale terra-sole è $\frac{\Delta m}{m} \Big|_{\text{grav T-S}} \cong 10^{-14}$.

Nell'analisi precedente abbiamo semplificato il problema, usando analogie con la fisica classica e trascurando gli effetti relativistici. Queste approssimazioni sono abbondantemente giustificate.

Saverio Pascazio
Dipartimento di Fisica
Università di Bari