

Megoldás. Jelöljük a deuteron tömegét m -mel, a proton és neutron tömegének összegét $m + \Delta m$ -mel! (Az összetevők össztömegének és az összetett rendszer tömegének Δm különbségét tömeghiánynak, tömegdefektusnak nevezik.) Táblázati adatok szerint

$$\frac{\Delta m}{m} \approx 1,2 \cdot 10^{-3} \ll 1.$$

Ha f frekvenciájú gammasugárzás éri a deuteron, a sugárzás egy-egy kvantuma hf energiát és $\frac{hf}{c}$ impulzust hordoz (h a Planck-állandó, c pedig a fénysebesség vákuumban). Az elnyelődő gammakvantum hatására a deuteron protonra és neutronra esik szét. Ez a két részecske az impulzusmegmaradás törvénye szerint nem maradhat nyugalomban, valamekkora (esetleg egymástól különböző) sebességgel mozogniuk kell. Belátható (pl. a tömegközépponti koordinátarendszerből szemlélve a folyamatot), hogy a szétesést előidézni képes *legkisebb* frekvenciájú (energiájú) gammafoton olyan protont és neutront kelt, amelyek ugyanakkora (v) nagyságú és az elnyelődő fotonéval megegyező irányú sebességgel mozognak.

Az energiamegmaradás törvénye szerint

$$(1) \quad hf + mc^2 = (m + \Delta m)c^2 + \frac{1}{2}(m + \Delta m)v^2,$$

az impulzusmegmaradás pedig

$$(2) \quad \frac{hf}{c} = (m + \Delta m)v.$$

Ezekben a képletekben a nyugalmi energiát feltüntettük, de egyébként a klasszikus (nemrelativisztikus) fizika összefüggéseit alkalmaztuk. Ezt azért tettük, mert – várakozásunk szerint – a meglökött részecskék sebessége sokkal kisebb lesz, mint a fénysebesség.

A (2) egyenletből (ha Δm -t elhanyagoljuk m mellett)

$$(3) \quad hf = mvc$$

adódik, amit (1)-be helyettesítve kapjuk, hogy

$$(4) \quad \frac{v}{c} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{1}{2} \left(\frac{v}{c} \right)^2.$$

A fenti egyenlet jobb oldalának utolsó (másodrendűen kicsi) tagját elhanyagolva a mozgó részecskék sebességére

$$v \approx \frac{\Delta m}{m}c = 3,6 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

adódik. Ezt (2)-be helyettesítve (és Δm -t ismét elhanyagolva m mellett) a keresett frekvenciára az

$$f = \frac{\Delta m c^2}{h} \approx 5 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$$

értéket kapjuk. (Ez valóban a gammasugárzás frekvenciatartományába esik.)

(G. P.)