

34. Nagy László Fizikaverseny
Szalézi Szent Ferenc Gimnázium, Kazincbarcika
2019. február 21 – 22.

J a v í t ó k u l c s

12. osztály

4. feladat

a)

A pozitív béta-bomláskor „születő” pozitron, és a testünkben lévő szabad elektronok sebessége elhanyagolható.

Így az elektron-pozitron pár -mint *zárt rendszer*- összes impulzusa zérus.

A keletkező két gamma-foton összes impulzusának is nullának kell lennie az *impulzusmegmaradás törvénye* értelmében,

és ez éppen *ellentétes irányba haladáskor* teljesül.

1 pont

1 pont

1 pont

1 pont

1 pont

b)

A tömeg-energia egyenértékűségi egyenlet írja le mennyiségileg a fenti jelenségeket:

$$E = m \cdot c^2 \quad \text{vagy: } \Delta E = (\Delta m) \cdot c^2$$

1 pont

c)

Az egyenlet a mikrorészecskék *kettős természetével* kapcsolatos.

Minden részecske egyaránt rendelkezik részecskeszerű és hullámszerű tulajdonságokkal, de többnyire a külső behatások miatt, vagy az egyik, vagy a másik megjelenési formájában észleljük azokat.

1 pont

Nem tűnik el tehát a tömeg, és alakul át energiává, vagy fordítva, hanem csak az anyagnak vagy az egyik, vagy a másik megjelenési formáját tapasztaljuk, de mindkét forma egyidejűleg jelen van.

1 pont

d)

A párképződésnél Δm a keletkező elektron-pozitron részecskepár együttes tömegét jelenti.

Legalább akkora energiájának kell lennie a gamma-fotonnak, hogy e két részecske „megszülessen”.

1 pont

$$\Delta m = 2 \cdot m_{\text{elektron}} = 2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

1 pont

Ehhez $\Delta E = (\Delta m) \cdot c^2 = 1,82 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 1,638 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ nagyságú foton-energia szükséges.

2 pont

1 pont

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \Rightarrow \quad 1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$\text{Így } \Delta E = \frac{1,638 \cdot 10^{-13} \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{MeV}}} = 1,02 \text{ MeV}$$

2 pont

Tehát legalább 1,02 MeV energiájú γ -foton képes párkeltést okozni.

Ha a foton energiája ennél kevesebb, nem jön létre a folyamat,

ha viszont ennél nagyobb energiája van a fotonnak, akkor az 1,02 MeV fölötti energián egyenlő arányban osztozik az elektron és a pozitron, a mozgási energiájukat növeli a többlet energia.

1 pont

1 pont

e)

A mikrovilág folyamatai közben is érvényesek az alapvető megmaradási törvények: az összes energia, az összes elektromos töltés és az összes impulzus megmarad.

Tehát ha 1,02 MeV energiájú foton tud csak párkeltést okozni, az energiamegmaradás törvénye értelmében 0,51 MeV energiájú elektron és 0,51 MeV energiájú pozitron keletkezik a pármegsemmisülés (annihiláció) közben.

1 pont

1 pont

$$\Delta E = h \cdot f \quad \Rightarrow \quad f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{1,638 \cdot 10^{-13} \text{ J}}{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 2,472 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$$

1 pont

Összesen: 20 pont

