

**Megoldás.** A neutron kezdeti mozgási energiája  $E_0 = 1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ , tömege (táblázatba foglalt érték):  $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

$$E_0 = \frac{1}{2} m_n v_0^2, \quad v_0 = \sqrt{\frac{2E_0}{m_n}} \approx 1,4 \cdot 10^4 \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

A neutron kezdeti mozgási energiája sokkal kisebb, mint a nyugalmi energiája (ami kb. 1 GeV), ezért jogosan használtuk a mozgási energia klasszikus (nemrelativisztikus) képletét.

A gyorsan mozgó neutron rugalmasan ütközik egy álló  ${}^2_1\text{H}$  deutérium-atommaggal (deuteronnal), amelynek tömege  $m_H \approx 2m_n$ . Felírhatjuk az ütközésre a lendület és a mechanikai energia megmaradásának törvényét:

$$(1) \quad m_n v_0 = m_n v_1 + m_H u_1,$$

$$(2) \quad \frac{1}{2} m_n v_0^2 = \frac{1}{2} m_n v_1^2 + \frac{1}{2} m_H u_1^2,$$

ahol  $v_1$  a neutron,  $u_1$  pedig a deuteron sebessége az ütközés után.

Az (1) egyenletből kifejezhetjük  $u_1$ -et, és azt (2)-be behelyettesíthetjük. A tömegek ismert arányát is felhasználva algebrai átalakítások után azt kapjuk, hogy

$$0 = (3v_1 + v_0)(v_1 - v_0).$$

A  $v_1 = v_0$  (és az ezzel járó  $u_1 = 0$ ) „megoldás” annak felel meg, hogy nem is történik ütközés, ezt a lehetőséget elvethetjük.

Ha a neutron ténylegesen ütközik a deuteronnal, akkor  $v_1 = -\frac{1}{3}v_0$ , tehát egyharmad részére csökken a neutron sebességének nagysága. Ez minden további ütközésnél megismétlődik (hacsak nem a már korábban meglökött deuteronnal ütközik a neutron; ennek lehetőségét nem vesszük számításba). Ilyen körülmények között minden ütközésnél harmadolódik a neutron sebessége, és  $N$  ütközés után

$$v_N = \frac{v_0}{3^N}$$

lesz a sebesség nagysága. Innen kiszámíthatjuk a neutronok lelassításához szükséges ütközések számát:

$$N = \frac{\log(v_0/v_N)}{\log 3} \approx 8.$$

b) Termikus energiaszinten a neutronok mozgási energiája

$$E_T = \frac{1}{2} m_n v_N^2 \approx 4 \cdot 10^{-21} \text{ J}.$$

Ha a neutronokat  $f = 3$  szabadsági fokú,  $T$  hőmérsékletű gáznak tekintjük, akkor az egyes részecskékre jutó átlagos mozgási energia

$$E_T = \frac{3}{2} kT$$

összefüggéséből a neutrongáz hőmérsékletére  $T \approx 195 \text{ K}$ -t kapunk. Ez nagyságrendileg megegyezik a 300 K-es szoba-hőmérséklettel; éppen ezért nevezik az ilyen mértékben lelassított részecskéket *termikus* neutronoknak.