

**Megoldás.** A neutronok mozgásuk során oxigén, hidrogén és deutérium atommagokkal ütközhetnek.

Az oxigénnel való ütközés során a neutron sebességének nagysága csak igen kis mértékben csökken, mivel az oxigén atommag tömege sokkal nagyobb, mint a neutron tömege.

A  ${}^1\text{H}$  (proton) jobban befogja a neutronokat, mint a deuteron, ezért bizonyos reaktortípusoknál nehézvizet használnak lassító-közegként. A továbbiakban feltételezzük, hogy a feladatban szereplő nehézvíz nem tartalmaz számottevő mennyiségben  ${}^1\text{H}$  atomokat.

A neutron sebessége akkor csökken a legnagyobb mértékben, ha nehézvízben mindig a legkisebb tömegű atommagokkal, a deuteronokkal ütközik, még hozzá centrálisan. (A deutérium atommagok ugyan egy-egy elektronnal nehéz-hidrogén atomokat, azok pedig oxigénnel nehézvíz molekulákat képeznek, de ezek az atomi és molekuláris kötések a neutron mozgási energiájához képest igen gyengék, emiatt a deuteronokat szabad részecskéknek tekinthetjük.)

Ha egy  $m$  tömegű,  $v_0$  sebességű részecske  $M$  tömegű álló részecskével centrálisan és tökéletesen rugalmasan ütközik, akkor az ütközés utáni sebességének nagysága (az energia- és az impulzusmegmaradás törvénye szerint)

$$v_1 = \frac{M - m}{M + m} v_0$$

lesz. (Ebből a képletből látható, hogy a sebességcsökkenés  $v_1/v_0$  aránya annál kisebb, minél kisebb az  $M/m$  tömegarány.) A deuteron tömege kb. 2-szerese a neutron tömegének, így

$$v_1 \approx \frac{1}{3} v_0,$$

pontosabb táblázati tömegadatokkal  $v_1 = 0,3327 v_0$ .

További ütközések során (ha azok szintén centrálisak és egyenesek, vagy ahhoz közeliek) a neutron sebessége ugyanolyan arányban csökken, mint az első ütközésnél. Így az  $n$ -edik ütközés után a neutron sebessége

$$v_n = \left( \frac{M - m}{M + m} \right)^n v_0 = 0,3327^n v_0$$

lesz. Innen és a megadott sebességekből az ütközések számára

$$n = \frac{\log v_n - \log v_0}{\log 0,3327} = 8,99 \approx 9$$

adódik.

Elméletileg tehát 9 ütközés éppen elegendő, hogy a neutron a kívánt mértékben lelassuljon, a valóságban azonban (a ferde ütközések lehetősége miatt) akár 2–3-szor több ütközésre is szükség lehet.