

a) A magfizikában a neutronok jellemzésére használatos az ún. neutron-hőmérséklet (T_n). T_n -et az definiálja, hogy a neutron energiája kT_n nagyságrendű. Innen

$$T_n \sim \frac{E_n}{k} = \frac{1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^{-7} \text{ V}}{1,3805 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}} \sim 10^{-3} \text{ K}.$$

Vagyis a neutron hőmérséklete mK nagyságrendű, ami igen kis hőmérséklet. Az alacsonyhőmérséklet-fizikában ilyen hőmérsékletek előállítása igen nagy technikai nehézséget jelent.

b) Az ultra-hideg neutronok sebességét az

$$E_n = \frac{1}{2} m_n v^2$$

összefüggésből becsülhetjük. Ebből

$$v \sim \frac{2E_n}{m_n} \cong 4,4 \text{ m/s}$$

adódik. Egy átlagos futó rövid távon ennél gyorsabban fut.

c) Az átlagos élettartam mérése neutronok esetében ugyanolyan elv alapján történik, mint bármely más radioaktív anyag esetében. A Δt időtartam alatt elbomlott részecskék száma (ΔN) arányos az összes jelenlevő, még elbomlatlan részecskék számával (N -nel):

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\frac{N}{\tau}.$$

A neutron protonra, elektronra és antineutrinóra bomlik. Így a Δt időtartam alatt elbomlott neutronok számát a keletkező protonok és/vagy elektronok számából állapíthatjuk meg. Az összes jelenlevő neutronok száma szintén mérhető. Ilyen mérésekre főleg szerves vagy szervetlen szcintillátorok alkalmasak. Ezek ismeretében az átlagos élettartam (τ) az (1) összefüggés alapján számolható.

d) Az emelkedési magasság az energiatételből becsülhető:

$$E_n = m_n g h.$$

Erre 1 m adódik.

e) Az ultra-hideg neutronok hullámhossza az ismert de-Broglie féle összefüggésből:

$$\lambda = \frac{h}{p_n} = \frac{h}{m_n v} = \frac{h}{\sqrt{2mE_n}} \sim 9 \cdot 10^{-8} \text{ m}.$$

A szilárd anyag atomjainak távolsága kb. 0,1 nm. A fenti hullámhossz ennél két-három nagyságrenddel nagyobb.

f) Az e) részben kiszámolt nagyságrendek miatt az ultra-hideg neutronok mozgása szilárd anyagban geometriai-optikai analógiákkal írható le. Definiálható (anyagtól függő) törésmutató és ún. teljes visszaverődési határszög. Helyesen megválasztott anyagok (pl. Ni) határfelületére érkezve a neutron azokról teljes visszaverődést szenved, így azok neutron-tükörként használhatók. Ha egy edény belső fala neutron-tükör anyagból készült, abban ultra-hideg neutronok tárolhatók.

Megjegyzés. A neutron-hőmérséklet becslésére több megoldó az $E_n = \frac{3}{2} kT$ formulát használta. Ez az összefüggés akkor használható, ha a neutronok termikus egyensúlyban vannak, sebességeloszlásuk a T hőmérsékletű ún. Maxwell eloszlás. Az ultra-hideg neutronok eloszlása azonban nem ilyen. Előállításuk úgy történik, hogy a termikus neutronok közelítőleg Maxwell eloszlású részéből „kivágják” a kis sebességű tartományt, és ezt használják fel további mérésekre. Természetesen ez azt is jelenti, hogy energiájuk nem pontosan 10^{-7} eV, ezért csak becslésként fogadhatók el a fenti szám adatok.