

# Atom– és kvantumfizika gyakorlat

pót ZH feladatai (atomfizika rész)

2015. december 18.

1. Számítsuk ki a Bohr-modellben a hidrogénatom energiaszintjeit úgy, hogy nem hanyagoljuk el az atommag mozgását<sup>1</sup>! Mekkora a könnyűhidrogén ( $^1\text{H}$ ) és a deutérium ( $^2\text{H}$ ) legnagyobb frekvenciájú látható színeképvonala közötti energiakülönbség? (Így fedezték fel a deutériumot.)

2.  $I_0 = 10^6/\text{s}$  intenzitású neutronnyaláb esik be egy  $1\text{mm} \times 1\text{mm} \times 20\text{ mm}$  méretű, gyémántból készült téglatest legkisebb lapjára merőlegesen. (A nyaláb jól kollimált: minden neutron eltalálja a téglatestet.) A gyémánt sűrűsége  $3,2\text{ g/cm}^3$ , a szénatom tömegszáma 12). A hatáskeresztmetszet  $\frac{d\sigma}{d\Omega} = A + B \cos \theta$  alakú, és tudjuk, hogy  $A = 10 \cdot B$ . 100% hatásfokú,  $10\text{ cm}^2$  felületű neutrontektorunkat  $D = 1,5\text{ m}$ -re helyezzük el,  $\theta = 60^\circ$ -nál, és másodpercenként 28 darab neutront észlel. Mennyi az  $A$  állandó? Mennyi neutron szóródik összesen?

(Útmutatás: olyan a céltárgy alakja, hogy a „másodszori szórás” elhanyagolható, de kérdés, hogy „vékony”-e a céltárgy. A  $\frac{d\sigma}{d\Omega}$  megmondja a szórt neutronok irány szerinti eloszlását; ebből kigondolható, hogy összesen mennyi neutron szóródik, ebből a teljes hatáskeresztmetszet.)

3. Nagyenergiájú fotonok *párokeltéssel* is kölcsönhatnak az anyaggal, ez az a folyamat, amikor egy nehéz atommag terében a fotonok átalakulnak elektron-pozitron párrá<sup>2</sup>:  $\gamma \rightarrow e^+ + e^-$ . Tegyük most fel, hogy a keletkező elektron és pozitron egyforma sebességgel, a bejövő foton irányában halad tovább egyenesen. Mekkora impulzust és mekkora energiát vesz fel a nehéz atommag? (Tipikus számpéldaként legyen a bemenő foton energiája  $E_\gamma = 1\text{ GeV}$ , az atommag pedig legyen ólom:  $A = 208$ .) Általában nagyjából a most kiszámolt nagyságú impulzust valóban át tud venni az atommag egy ilyen folyamatban, akármilyen irányban. Becsüljük meg ebből, hogy általában mekkora lehet a kilépő elektron (és/vagy pozitron) irányának eltérése a bejövő foton irányához képest! (Az  $e^+$  és  $e^-$  impulzusa azért általános esetben is kb. egyenlő lesz.)

4. Szokásos esetben az ideális gázban (pl. levegőben) a részecskék átlagos távolsága (ez a számsűrűség alapján becsülhető) jóval nagyobb, mint a részecskék átlagos impulzusának megfelelő hullámhossz, de ez nyilván egyre kevésbé igaz, ahogy csökkentjük a hőmérsékletet. Ha már nem teljesül ez a feltétel, a gáz nem tekinthető Boltzmann-féle gáznak, hanem kvantummechanikai hatások lépnek előtérbe. Vizsgáljuk a fémek vezetési elektronjait! Vegyük úgy, hogy ezek kölcsönhatásmentes gázt alkotnak<sup>3</sup>. Tekintsük példaként a rezet (átlagos atomsúlya  $63,5\text{ g/mol}$ , sűrűsége  $9\text{ g/cm}^3$ )! Tegyük fel, hogy atomonként egy vezetési elektron van. Becsüljük meg a vezetési elektronok gázának az előbbieken alapján definiálható „elfajulási hőmérsékletét” (ami alatt már nem Boltzmann-gáz a vezetési elektronok gáza)! Hogyan viszonyul ez a szobahőmérséklethez?

---

<sup>1</sup>A kvantumfeltételt az egész rendszer impulzusmomentumára rójuk ki, és az egész rendszer energiáját számítsuk ki!

<sup>2</sup>Emlékszünk, szabad térben ez nem játszódhat le.

<sup>3</sup>Ez nem magától értetődő, hiszen teljes joggal gondolnánk, hogy az elektronok Coulomb-erővel taszítják egymást. Későbbi tanulmányokban kiderül, hogy miért van mégis, hogy a vezetési elektronokra ezt sokszor nem kell figyelembe venni; most fogadjuk ezt el!