

Fizika feladatok megoldása 3.

Kinetikus gázelmélet

Szükséges előismeretek: nyomás és hőmérséklet értelmezése, ideális gáz állapotegyenlete, Boltzmann-eloszlás, barometrikus magasságformula, Maxwell–Boltzmann-féle sebességeloszlás, ekvipartíció tétele, belső energia

F1. Egy tízliteres tartályban lévő ideális gáz nyomása 1,6 MPa, hőmérséklete 25 °C. Hány mól gáz van a tartályban? Mekkora a gázkeverék sűrűsége, ha a gáz tömegének 10%-a hélium, a többi nitrogén?

F2. Egy másodpercnyi időtartam alatt $5,0 \cdot 10^{23}$ nitrogénmolekula ütközik egy 8,0 cm² területű sík falal. A molekulák falra merőleges sebességkomponensének átlagos értéke 300 m/s.

a) Mekkora a falra ható nyomás?

b) Becsüljük meg a gáz hőmérsékletét és az egy molekulára jutó átlagos mozgási (haladási és forgási) energiát! (Használjuk a $\langle |v_x| \rangle \approx \sqrt{\langle v_x^2 \rangle}$ közelítést!)

c) Becsüljük meg a molekulák közötti átlagos távolságot!

F3. N darab, m tömegű molekulából álló ideális gáz van egy R sugarú gömb alakú tartályban. Feltételezve, hogy a molekulák rendezetlenül, minden irányban mozognak, de sebességük nagysága egyenlő (v), vezessük le a kinetikus gázelmélet alapegyenletét, vagyis határozzuk meg a gáz nyomását!

F4. Mi lehet az a gáz, amelynek hőmérsékletét 100 K-nel emelve a molekulák termikus átlagsebessége 400 m/s-ról 500 m/s-ra nő?

F5. Az M_B tömegű, r sugarú bolygó T hőmérsékletű légkörében akkor maradhat meg tartósan egy molekula, ha (négyzetes) átlagsebessége nem éri el a szökési sebesség n -edrészét ($n \approx 5$). Mekkora tömegű molekulákból állhat a légkör?

F6. Egy hőszigetelő tartályt egy hőszigetelő fal két részre oszt. Az egyik térrészben 0,1 mol oxigéngáz, a másikban 0,2 mol neongáz van. Az oxigénmolekulák és a neonatomok haladó mozgásához tartozó átlagsebességek egyenlők. A válaszfalat kivesszük. Az oxigén kezdeti abszolút hőmérsékletének hányszorosa a kialakult közös hőmérséklet?

F7. Hány ütközés zajlik le 1 dm³ oxigénben a molekulák között másodpercenként, ha a gáz hőmérsék-

lete 17 °C és nyomása 0,133 Pa? Az ütközések szempontjából az oxigénmolekula $2,9 \cdot 10^{-10}$ m átmérőjű gömbnek tekinthető.

F8. Egy fűthető kemencén nagyon kis lyuk van. A kemencén kívül 0 °C hőmérsékletű, 100 kPa nyomású levegő van. A kemencében levő levegőt a fűtőrendszer állandóan 57 °C hőmérsékleten tartja. Kellő idő elteltével a kemencében a levegő nyomása állandósul. Adjunk becslést ennek az állandósult nyomásnak a nagyságára!

F9. Egy úrhajóban V térfogatú, T hőmérsékletű, p_0 nyomású levegő van. Az úrhajó falán keletkezik egy A keresztmetszetű piciny lyuk, amelyen keresztül a benti levegő lassan szivárog kifelé. Mennyi idő alatt csökken a benti levegő nyomása a felére? (Tegyük fel, hogy a benti levegő hőmérséklete nem változik.)

F10. Régen az utazók a víz forráspontjának mérését használták szintkülönbségek meghatározására. Egyik nap a reggeli induláskor a víz forráspontját 99 °C-nak mérték, majd a hegyes-völgyes terepen haladó út végén napnyugtakor pedig 97 °C-nak. Tegyük fel, hogy mindkét táborhelyen a mérés időpontjában a hőmérséklet 15 °C volt. Becsüljük meg a két táborhely közötti szintkülönbséget!

F11. a) Határozzuk meg az alábbi integrált:

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\alpha x^2} dx,$$

ahol $\alpha > 0$ állandó!

b) A Boltzmann-eloszlás felhasználásával igazoljuk az ekvipartíció tételét (például az x irányú haladó mozgásra)!

c) A térszög fogalmának felhasználásával számítsuk ki a gömb felszínét!

d) Adjuk meg a Maxwell–Boltzmann-féle eloszlásra a legvalószínűbb sebességet, az átlagsebességet és a termikus átlagsebességet!