

(1)

Ásványolajat külső mágneses térbe ( $B$ ) helyezünk. Az olajban levő protonok spinje  $1/2$ , mágneses momentuma  $\mu$ , így lehetséges mágneses energiájuk  $\varepsilon = \pm\mu B$ , annak megfelelően, hogy a spin  $B$ -vel egyirányban, vagy ellentétes irányban áll. Ha az olajat olyan rádiófrekvenciás térrel gerjesztjük, hogy a frekvencia,  $\nu$ , teljesíti a Bohr feltételt,  $h\nu = \mu B$  ( $h$  a Planck állandó), akkor a fenti két energiaszint között átmenetek történnek és a rádiófrekvenciás tér abszorpciója arányos a felső és az alsó energiaszinten levő protonok száma közötti *különbséggel*. Tegyük fel, hogy a protonok spinjei függetlenek egymástól és egyensúlyban vannak környezetükkel, amelynek hőmérséklete elég magas ahhoz, hogy a  $\mu B \ll k_B T$  egyenlőtlenség teljesüljön. Határozzuk meg rádiófrekvenciás tér abszorpciójának hőmérsékletfüggését!

(2)

Amikor a  $Na$  atom első gerjesztett állapotából visszatér alapállapotába,  $\lambda = 5.9 \cdot 10^{-7} m$  hullámhosszú fotont sugároz ki (ez az a jellegzetes sárga szín, amit akkor láthatunk, ha egy csipetnyi sót szórunk a gázlámba). Sötét szobában átlátszó,  $R = 0.1 m$  sugarú, gömb alakú tartályban  $10^{-3} kg$   $Na$  gáz van. A tartályt  $10 m$  távolságból figyeljük, miközben a hőmérsékletet lassan emeljük. Becsüljük meg azt a hőmérsékletet, amikor a tartályban levő gázt látni kezdjük! Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy szemünk egy fotont is képes regisztrálni (ez egyébként nincs messze a valóságtól).

(3)

Etüdok fajhőre:

(a) Határozzuk meg a metán ( $CH_4$ ) magashőmérsékleti fajhőjét!

(b) Kéttomos molekulák egy felületre vannak adszorbeálva. A molekulák a felület síkjában fekszenek, de egyébként szabadon mozognak a felületen, s egymással való kölcsönhatásuk elhanyagolható. Tárgyaljuk a molekuláknak a rendszer fajhőjébe adott járulékát, illetve annak hőmérsékletfüggését!

(4)

Vizsgáljuk az (1)-es példában leírt rendszert a rádiófrekvenciás gerjesztések nélkül és határozzuk meg a spinek átlagos energiáját, valamint a fajhőbe adott járulékukat!

(5)

Merev felfüggesztésű,  $D$  rugóállandójú rugóra, amely  $T$  hőmérsékletű ideális gázban van,  $m$  tömeget akasztunk.

(a) Mekkora lesz a rugó átlagos meghosszabodása,  $\bar{z}$ ?

(b) Mekkora lesz az egyensúlyi helyzet körüli négyzetes fluktuáció,  $\overline{(z - \bar{z})^2}$ ?

(c) Ha a fluktuációk akkorák, hogy  $\sqrt{\overline{(z - \bar{z})^2}} \approx \bar{z}$ , akkor a rugó gyakorlatilag már nem használható súlymérésre. Mekkora ez a súlymérési limit?