

(1) Hidrogénatomok ionizációja az intergalaktikus térben.

Az intergalaktikus tér eléggé üres, m^3 -enként átlagosan 1 hidrogénatom, valamint a 2.8^0K -es hőmérsékleti sugárzás van benne. Ezt a szituációt durván úgy modellezhetjük, hogy $1m^3$ -es kockákban található egy hidrogénatom, ami $T = 2.8^0K$ hőmérsékleten van. Becsüljük meg, hogy a hidrogénatomok hányad része van ionizálva!

Az alábbi feladatok megoldásához a fekete-test sugárzás következő tulajdonságát kell ismerni (amit valószínűleg még nem tudok elmondani a pénteki órán, de azért hallottak már róla a termodinamika előadáson):

Egy T hőmérsékletű fekete test felületéről egységnyi idő alatt távozó energia a hőmérséklet negyedik hatványával arányos:

$$J_E = \sigma T^4, \quad (1)$$

ahol σ a Stefan-Boltzmann állandó

$$\sigma = \frac{\pi^2}{60} \frac{k_B^4}{\hbar^3 c^2} = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{J}{m^2 s^\circ K^4}. \quad (2)$$

(2) A Nap felületi hőmérséklete.

A Napból jövő sugárzási energiaáramsűrűség a Földnél egyenlő az u.n. *Napállandóval*: $j_E = 1.36 \cdot 10^3 Js^{-1}m^{-2}$ (műholdakról ez jól mérhető mennyiség). Feltételezve, hogy a Nap sugárzása jó közelítéssel feketetest sugárzás (ez a feltételezés ellenőrizhető a bejövő sugárzás frekvenciaspektrumának méréseivel), megbecsülhetjük a Nap felületi hőmérsékletét (T_N). Mennyi T_N , ha a Nap-Föld távolság $1.5 \cdot 10^{11}m$ és a Nap sugara $7 \cdot 10^8m$.

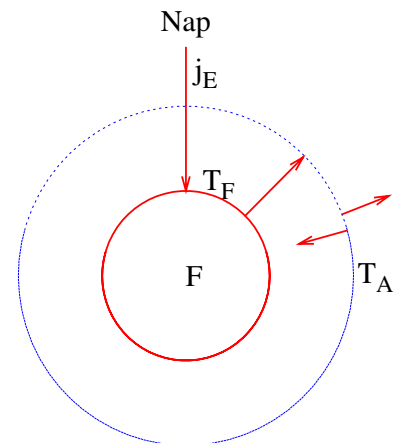
(3) A Föld felületi hőmérséklete.

A Napból jövő sugárzás energiaáramsűrűsége a Földnél egyenlő a Napállandóval: $j_E = 1.36 \cdot 10^3 Js^{-1}m^{-2}$. Becsüljük meg a Föld felületi hőmérsékletét, feltételezve, hogy a Föld feketetestként viselkedik, s a bejövő és a kimenő energiaáramok egyensúlyban vannak. Az eredmény aggasztó, különösen ha figyelembe vesszük, hogy a bejövő energia egy jelentős része (kb. 30%) nem is éri el a Föld felszínét (albedo!).

(4) Az üvegházhatás, mint jótékony effektus.

Hogyan változik a Föld hőmérséklete a fenti 3. példához képest, ha feltételezzük, hogy a

Föld körül van egy "üvegház" gázréteg (kék körrel jelölve az ábrán), amelyen keresztül a Napból jövő sugárzás (nagyreszt magasfrekvenciás, mivel a Nap hőmérséklete magas - lásd az előző példát) áthatol, viszont a Földről jövő sugárzás (alacsonyfrekvenciás, mivel a Föld hőmérséklete alacsony) elnyelődik, majd izotróp módon minden irányban szétsugározzódik (ez a sugárzás is feketetest sugárzás, amelynek hőmérséklete meghatározandó).



(5) A Föld hőmérsékletének változása a pályaeccentricitás változásának következtében.

A Földpálya excentricitása kb. 100000 éves periódussal változik, s emiatt a Földre érkező sugárzási energia is változik: a Napállandó értéke az átlag körül 0.1%-os amplitúddal oszcillál. Tegyük fel, hogy a 4. példában leírt üvegház modell jól adja a Föld hőmérsékletét, s határozzuk meg, hogyan módosul a Föld hőmérséklete az excentricitás változás miatt! Elég ez a változás a 100000 évente megjelenő jégkorszakok magyarázatához (a Föld átlaghőmérséklete 7^0K -nel alacsonyabb a jégkorszakokban)?