

(1) Az intergalaktikus tér fajhője.

Az intergalaktikus tér eléggé üres, m^3 -enként átlagosan 1 hidrogénatom található benne, valamint egy 2.9^0K -es hőmérsékleti sugárzás. Mutassuk meg, hogy az intergalaktikus térben található hőmérsékleti sugárzás fajhője 10^9 -szer nagyobb mint az ott levő anyagé!

(2) A hőmérsékleti sugárzás nyomása.

(a) Mutassuk meg, hogy a hőmérsékleti sugárzás nyomása a következőképpen fejezhető ki a sugárzás energiasűrűségén keresztül: $p = \bar{\epsilon}/3$.

(b) Hasonlítsuk össze a hőmérsékleti sugárzás nyomását a hidrogéngáz nyomásával a Napban (a hidrogén karakterisztikus sűrűsége a Napban $10^6 \text{mól}/m^3$, de a koncentráció nem egyenletes, a Nap közepén kb. $10^8 \text{mól}/m^3$ -é válik). Milyen hőmérsékleten egyenlő a két nyomás?

(3-4) A Nap belsejének átlagos hőmérséklete és a Nap várható élettartama.

(a) Használjunk dimenzióanalízist (vagy más módszert) a Nap gravitációs sajátenergiájának megbecslésére (A Nap sugara $7 \cdot 10^8 m$, tömege $M_N = 2 \cdot 10^{30} kg$, s a gravitációs konstans $G = 6.7 \cdot 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$!) Ez a sajátenergia negatív, ha az energia nullájának a végtelen távoli részecskék közötti kölcsönhatási energiát tekintjük. (b) A viriál tétel szerint $1/\text{távolság}$ típusú kölcsönhatási potenciál esetén rendszer kinetikus energiája a potenciális energia $-\frac{1}{2}$ -szerese. Felhasználva, hogy a Napban levő részecskék száma 10^{57} nagyságrendű, becsüljük meg a Nap hőmérsékletét!

[A kapott eredmény alábecsüli a Nap belső hőmérsékletét, mivel a Nap sűrűsége nem egyenletes. Csillagok központi hőmérséklete (fehér törpéket és az óriáscsillagokat nem számít-va) $2 \cdot 10^7 K$ körül van (O. Struve, B. Lynds, and H. Pillans, *Elementary Astronomy*, Oxford, 1959).]

(b) Használjuk a Nappal foglalkozó előző feladatokban szerzett tudást és adatokat arra, hogy megbecsljük a Nap várható élettartamát. A Napban tárolt energiát abból határozhatjuk meg, hogy a Napban hidrogén (atomsúly 1.0078) alakul át héliummá (atomsúly 4.0026), s a reakció akkor áll le, amikor az eredeti hidrogénmennyiség 10% -a átalakult héliummá. Az univerzum jelenlegi életkora kb. 10^{10} év.

(5) Tervezzünk saját klímamodell!

Nulladik közelítésként vegyük az előzőekben már megoldott 6. heti 3-as problémát, első közelítésként pedig az 6. heti 4-es problémát.

Új elemként vegyük figyelembe, hogy az albedó (α), amit a 3. példában 0.7-nek vettünk, függ a Föld felületének hőmérsékletétől, $\alpha = \alpha(T_F)$. Ez valóban így van, hiszen pl. a jégkorszakok idején a hatalmas jégmezők növelik az albedót (α csökken), magas hőmérsékleten pedig sok víz párolog el, s a felhőtakaró nagysága lényegesen változhat, ami szintén változtatja az albedót. Sajnos a felhők hatását jelenleg még nem teljesen értjük. Egyrészt növelhetik az albedót a direkt sugárzásvisszaverésen keresztül. Másrészt a felhőknek erős üvegházhatásuk is van, ami effektíve az albedó csökkenésével ekvivalens (α nő). Tehát az $\alpha = \alpha(T)$ függvényt nem igazán ismerjük.

Konstruáljunk olyan $\alpha(T)$ függvényt, aminek az $\alpha(T_F = 15^\circ C)$ értéke megadja a jelenlegi $T_F \approx 15^\circ C$ átlaghőmérsékletet a Földön. Az $\alpha(T)$ alakjától függően ez a hőmérséklet stabil vagy instabil lehet. Konstruáljunk $\alpha(T)$ katasztrófa-szenáriókat, amelyek eredményeképpen megfagyunk, vagy megsülünk.

Az eredményeket semmi esetre se közöljük a sajtóval!

