

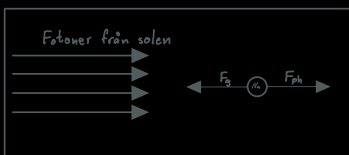
1) Antag en natrium-atom i grundtillståndet på 1 au avstånd ifrån solen. Hur stor är gravitationskraften ifrån solen? Hur stor är kraften från solens fotoner som interagerar med atomen? De två krafterna pekar åt motsatt håll. Vad är kvoten mellan deras storlekar? Vad är motsvarande kvot på 0.1 au eller 10 au?

För att lösa uppgiften behöver du ta reda på data om solen och natriumatomer (deras massa, hur många fotoner som solen strålar ut i våglängder relevanta för natrium, övergångssannolikheter för energiovergångar i en natriumatom) samt ett uttryck för hur mycket moment per tidsenhet som överförs från fotoner till atomen. I boken du fick låna så finns det ett avsnitt om strålningstryck på stoft, det här är nästan samma sak förutom att atomer bara känner av fotoner av specifika våglängder, som motsvarar atomens energiovergångar.

Jag valde natrium för att den har några få dominerande övergångar, så att du inte behöver räkna på hundratal svaga linjer. Senare kommer vi förstås gå in på andra ämnen mer relevanta för atmosfärer, men principen är densamma.

Jag hittar på lite motsvarande uppgifter allteftersom du löser dem, så sätter vi den officiella starten till höstterminens start. Du ska också få några artiklar att titta på senare.

Mvh Alexis



Element: Na

$$d = 1 \text{ AU} = 10 \cdot 1.496 \cdot 10^{11} = 1.496 \cdot 10^{10} \text{ m}$$

$$r_{Na} = 2.27 \text{ Å} \text{ (icke bunden)} = 2.27 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$m_{Na} = 22.990 \text{ u} = 22.990 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 3.8176 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$r_o = 696.34 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$m_o = 1.989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$$

Gravitationskraften

$$F = G \frac{m_{Na} m_o}{d^2}$$

$$F_{1 \text{ AU}} = 6.674 \cdot 10^{-11} \frac{(3.8176 \cdot 10^{-26})(1.989 \cdot 10^{30})}{(1.496 \cdot 10^{10})^2} = 2.26 \cdot 10^{-29} \text{ N}$$

$$F_{0.1 \text{ AU}} = 2.26 \cdot 10^{-28} \text{ N}$$

$$F_{10 \text{ AU}} = 2.26 \cdot 10^{-31} \text{ N}$$

Strålningstrycket

Na har 2 dominerande övergångar Na D doublet resten är < 0.1 I_λ.

$$\lambda_1 = 588.9550 \text{ nm} \quad \Delta \lambda = 0.6374 \text{ nm} \Rightarrow$$

$$\lambda_2 = 589.5924 \text{ nm}$$

Spectral irradiance at ≈ Fraunhofer lines från NASA

$$I_{589 \text{ nm}} = 1.776 \text{ W/m}^2 \text{ nm} \quad @ 1 \text{ AU}$$

$$I_{589 \text{ nm}} = 177.6 \text{ W/m}^2 \text{ nm} \quad @ 0.1 \text{ AU} \quad (\text{Scales as } 1/r^2)$$

$$I_{589 \text{ nm}} = 0.01776 \text{ W/m}^2 \text{ nm} \quad @ 10 \text{ AU}$$

Photon pressure

$$F_{\text{rad}} = \frac{\sigma_e I_{\lambda, \lambda}}{c} \quad \sigma_e = \frac{3\lambda^2}{2\pi} = \frac{3(589 \cdot 10^{-9})^2}{2\pi} = 1.656 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$$

$$F_{\text{rad}, 1 \text{ AU}} = \frac{1.656 \cdot 10^{-15} \cdot 177.6}{2.998 \cdot 10^8} = 9.81 \cdot 10^{-24} \text{ N/nm}$$

$$F_{\text{rad}, 0.1 \text{ AU}} = 9.81 \cdot 10^{-23} \text{ N/nm}$$

$$F_{\text{rad}, 10 \text{ AU}} = 9.81 \cdot 10^{-26} \text{ N/nm}$$

$$\frac{F_{0.1 \text{ AU}}}{F_{10 \text{ AU}}} = \frac{2.26 \cdot 10^{-28}}{9.81 \cdot 10^{-31}} = \frac{F_{1 \text{ AU}}}{F_{10 \text{ AU}}} = \frac{2.26 \cdot 10^{-29}}{9.81 \cdot 10^{-26}} = \frac{F_{0.1 \text{ AU}}}{F_{10 \text{ AU}}} = \frac{2.26 \cdot 10^{-20}}{9.81 \cdot 10^{-24}} = 2.3 \cdot 10^{-7} \text{ (per nm bandwidth)} = 2.3 \cdot 10^{-12}$$

comes from the spectral irradiance units

$$\text{Doppler width FWHM } \Delta \nu = \frac{\Delta \lambda}{2\pi} = \frac{6.14 \cdot 10^7}{2\pi} = 9.77 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\Delta \lambda_0 = \lambda^2 \frac{\Delta \nu}{c} = (589 \cdot 10^{-9})^2 \frac{9.78 \cdot 10^6}{2.998 \cdot 10^8} = 1.13 \cdot 10^{-14} \text{ m} = 1.13 \cdot 10^{-5} \text{ nm}$$