

Øving 1

Atmosfæren på Mars

Oppgave 1

Temperaturmålinger i atmosfæren på planeten Mars kan med god tilnærmelse beskrives med funksjonen

$$T(z) = 234.0 - 2.25z + 14e^{-2z}.$$

Her er z høyde over bakkenivå, målt i enheten km, og T er absolutt temperatur. Oppgaven består i å beregne trykkprofilen $p(z)$ med utgangspunkt i temperaturprofilen $T(z)$.

a) Tyngden av en luftsøyle mellom z og $z + dz$ medfører at trykket $p(z)$ varierer med høyden, i henhold til hvilken ligning?

- A) $dp/dz = \mu/g$ B) $dp/dz = -\mu/g$ C) $dp/dz = \mu g$
 D) $dp/dz = -\mu g$ E) $dp/dz = g/\mu$ F) $dp/dz = -g/\mu$

Her er μ (den lokale) massetettheten, og g er tyngdens akselerasjon.

b) Anta at atmosfæren på Mars kan betraktes som en ideell gass. Hva er da riktig uttrykk for massetettheten $\mu(z)$?

- A) $\mu(z) = Rp(z)/mT(z)$ B) $\mu(z) = RT(z)/mp(z)$ C) $\mu(z) = p(z)m/RT(z)$
 D) $\mu(z) = p(z)/mRT(z)$ E) $\mu(z) = T(z)mR/p(z)$ F) $\mu(z) = p(z)T(z)/mR$

Her er m atmosfærens midlere molare masse, en størrelse som vi skal anta er uavhengig av hvor i atmosfæren vi befinner oss.

c) Anta nå at trykket på bakkenivå, $p_0 = p(0)$, er kjent. Da har trykket i høyde z over bakkenivå avtatt til verdien

$$p(z) = p_0 \exp \left[- \int_0^z \frac{dz'}{H(z')} \right].$$

Hva er riktig uttrykk for skalahøyden $H(z)$?

- A) $H(z) = RT(z)/mg(z)$ B) $H(z) = mT(z)/Rg(z)$ C) $H(z) = RT(z)m/g(z)$
 D) $H(z) = R/T(z)mg(z)$ E) $H(z) = Rg(z)/mT(z)$ F) $H(z) = mg(z)/RT(z)$

[Tyngdens akselerasjon g vil som kjent variere med avstanden fra planetens sentrum (og dermed med høyden z), men atmosfæren på Mars er i all hovedsak lokalisert innenfor høydeverdier (15 – 20 km) som gjør det til en utmerket tilnærmelse å regne med konstant verdi $g = 3.71 \text{ m/s}^2$.]

d) Dersom temperaturen T kunne regnes som konstant og lik 234 K, hva ville da skalahøyden H være på Mars, der midlere molare masse er $m = 43.34 \text{ g}$?

- A) 10.1 km B) 12.1 km C) 14.1 km D) 16.1 km E) 18.1 km F) 20.1 km

e) Med hvilken tallfaktor ville i såfall trykket være redusert i høyden $z = H$, relativt trykket på bakkenivå?

- A) $1/\pi$ B) $1/3$ C) $1/4$ D) $1/5$ E) $1/6$ F) $1/e$

Oppgave 2

Med høydeavhengig temperatur $T(z)$ (som nevnt innledningsvis) er det (med all sannsynlighet) ikke mulig å løse integralet i punkt c) analytisk. Løs integralet numerisk, og beregn på den måten trykkprofilen $p(z)$ fra bakkenivå og opp til en høyde 16 km. Bruk en metode for numerisk integrasjon som du har lært tidligere (f.eks. midtpunktmetoden, trapesmetoden eller Simpsons metode; se evt wikipedia, andre nettsider, en bok, eller be om hjelp på øvingstimen), og bruk ditt favoritt-programmeringsspråk, noe som for de fleste antagelig er Python. Hovedresultatet skal være en figur der p er plottet som funksjon av z , med angivelse av både fysisk størrelse og enhet langs begge akser. Verdien av trykket på bakkenivå kan du sette lik 600 Pa.

Utvid programmet ditt til også å beregne $p(z)$ med antagelsen at temperaturen er konstant og lik 234 K. Plott den resulterende trykkprofilen i samme figur som trykkprofilen beregnet med varierende temperatur.