

Øving 1

**Atmosfæren på Mars**

Temperaturmålinger i atmosfæren på planeten Mars kan med god tilnærming 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) Vis at tyngden av en luftøyde mellom  $z$  og  $z + dz$  medfører at trykket  $p(z)$  varierer med høyden i henhold til ligningen

$$\frac{dp}{dz} = -\mu g.$$

Her er  $\mu$  (den lokale) massetettheten, og  $g$  er tyngdens akselerasjon.

b) Anta at atmosfæren på Mars kan betraktes som en ideell gass og vis at massetettheten da kan skrives på formen

$$\mu(z) = \frac{p(z)m}{RT(z)}.$$

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

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

$$p(z) = p_0 \exp\left(-\int_0^z dz'/H(z')\right),$$

med den såkalte skalahøyden

$$H(z) = RT(z)/mg(z).$$

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 tilnærming 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  $H = RT/mg$  være på Mars, der midlere molare masse er  $m = 43.34 \text{ g}$ ? Med hvilken tallfaktor ville i så fall trykket være redusert i høyden  $z = H$ , relativt trykket på bakkenivå?

e) 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.

f) 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.

### Ekstra utfordring: Atmosfæren på jorda

Bruk internett (eller andre kilder) til å finne en pålitelig utgave av temperaturprofilen  $T(z)$  i jordas atmosfære. Forsøk deretter å konstruere en matematisk funksjon som reproduserer den målte  $T(z)$  på en noenlunde brukbar måte. Modifiser så programmet fra forrige oppgave slik at dette beregner trykkprofilen  $p(z)$  i jordas atmosfære. Bruk internett (eller andre kilder) til å finne resultater som du kan sammenligne din beregnede trykkprofil med.