

TFY4115 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 8.

Oppgave 1. Termisk fysikk: Flervalgsoppgaver.

a) Hvor stor masse har lufta i soverommet ditt, sånn omtrent?

- A) ca 3 g B) ca 300 g C) ca 30 kg D) ca 3 tonn

b) Omtrent hvor mye etanol må du ha i "kula" nederst på et sprittermometer dersom 1 mm på søylen skal tilsvare 0.1°C ? Anta et sirkulært tverrsnitt på spritsøylen med diameter ca 0.4 mm. Relativ volumøkning for etanol er 0.1% når temperaturen øker med en grad. ($\beta = (\Delta V/V)/\Delta T = 0.001\text{ K}^{-1}$)

- A) ca 1.3 mL B) ca 1.3 cL C) ca 1.3 dL D) ca 1.3 L

c) Hva er trykket dersom ett mol luft ved 20°C okkuperer et volum 24.0 L? (Anta at lufta kan betraktes som en ideell gass.)

- A) 1 atm B) 3 atm C) 5 atm D) 7 atm

d) Når tettheten øker, vil luft avvike fra ideell gass. Da kan van der Waals tilstandsligning benyttes som en tilnærming. For ett mol gass er denne ligningen gitt ved

$$p = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$$

der a og b er konstanter. For luft er $a = 0.1368\text{ Pa}(\text{m}^3/\text{mol})^2$ og $b = 0.0000367\text{ (m}^3/\text{mol)}$. Hva blir trykket p for 1 mol luft ved det samme volumet 24.0 L når van der Waals tilstandsligning brukes med de gitte verdiene på a og b ?

- A) 1 atm B) 3 atm C) 55 atm D) 95 atm

e) Hva blir trykket p for 1 mol luft med volumet 0.24 L når van der Waals tilstandsligning brukes med de gitte verdiene på a og b ?

- A) 1 atm B) 3 atm C) 55 atm D) 95 atm

Oppgave 2. Van der Waals tilstandsligning

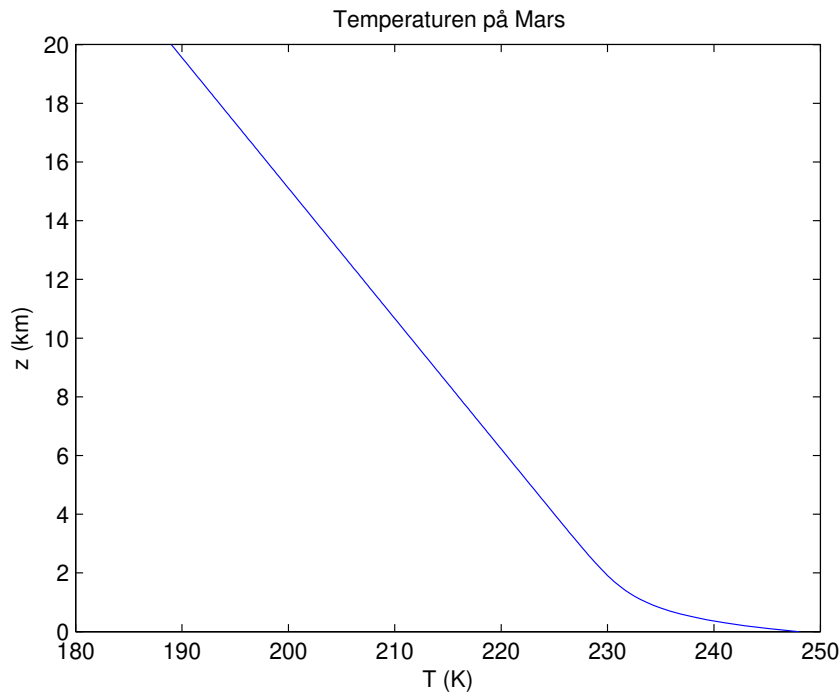
Vis at van der Waals tilstandsligning kan skrives som en tredjegradslikning i volumet V .

Oppgave 3. Atmosfæren på Mars

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

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

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 luftsøyle mellom z og $z + dz$ medfører at trykket $p(z)$ varierer med høyden i henhold til ligningen

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

Her er μ (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 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 (den konstante) skalahøyden $H = RT/mg$ være på Mars, der midlere molare masse er $m = 43.34$ 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, men som godt oppdratt NTNU-student lar du deg ikke stoppe av denslags: Løs integralet numerisk (med Python e.l.), 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). 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.