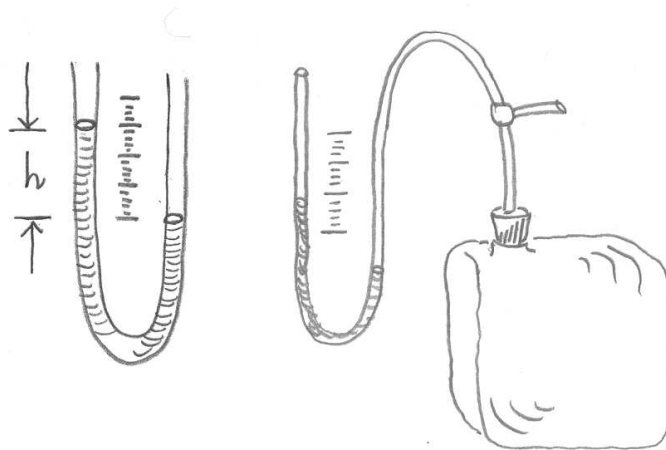


Eksperimenter 2: Adiabatisk process og antallet af frihedsgrader i en idealgas.

I dette eksperiment vil vi få førstehåndskendskab til adiabatisk processer. Vi vil udføre en (tilnærmelsesvis) adiabatisk proces efterfulgt af en varmeudveksling med omgivelserne. På denne måde vil vi også opnå en måling af antallet af frihedsgrader, f , i gassen som vi måler på.

Vi skal undersøge en gas (atmosfærisk luft) i en beholder (en 10 liters plastikdunk). Trykket i beholderen måles ved hjælp af et U-rørsbøjlet stykke plastikslange og en målestok, som vist på figuren.



Eksperimentet består af 2 skridt:

Skridt 1 Først pustes der luft i dunken, således at der er et overtryk svarende til ca 25 cm vandsøjle. Vent så til temperaturen er udlignet og noter den nøjagtige placering af de to vandsøjler. Højdeforskellen kalder vi h_1 . Denne tilstand (1) for gassen er givet ved (p_1, V_1, T_1) . Rumtemperaturen benævnes T_0 og er altså den samme som T_1 .

1. (repetition fra sidste uge) Hvad er sammenhængen imellem trykforskellen $p_1 - p_0$ (hvor p_0 er det ydre atmosfæretryk) og højdeforskellen h_1 på de to vandoverflader i U-røret?

Vi vil nu benytte at der gælder

$$pV^\gamma = \text{konstant} \quad \text{hvor} \quad \gamma \equiv \frac{f+2}{2}$$

for en adiabatisk proces. (Som vi skal se på onsdag er $\gamma = C_p/C_V$.)

2. Udlød heraf en sammenhæng imellem trykket p og temperaturen T af formen $p^x T^y = \text{konst}$ for en adiabatisk proces i en ideal gas.

Skridt 2 Nu løftes proppen af i ganske kort tid (ca 1 sekund) hvorefter proppen sættes i igen. Denne tilstand (2), lige efter at proppen er sat i er givet ved (p_2, V_2, T_2) . (Volumenet V_2 er vi ikke specielt glade for siden det inkluderer en ukendt mængde gas, som er lukket ud af beholderen).

3. Hvad er trykket, p_2 , umiddelbart efter vi har sat proppen i ?

4. Argumenter for at processen $(1) \rightarrow (2)$ er tilnærmelsesvis adiabatisk.

5. Tror I at T_2 er større end, lig med, eller mindre end T_1 ?

6. Efter at proppen er sat i igen ændrer trykket sig, som det fremgår af de to vandsøjler, langsomt. Hvorfor?

Tilstanden (3) som opnås når vandsøjlerne ikke længere bevæger sig er givet ved (p_3, V_3, T_3) . Mål den nøjagtige placering af vandoverfladerne. Højdeforskellen kalder vi h_3 . Nu har vi målt h_1 og h_3 hvorved forsøget er fuldført!

7. Hvad er sammenhængen imellem p_2 , T_2 , p_3 og T_3 ?

8. Nu bliver det nok lidt svært. Vi vil gerne knytte målingen af h_1 og h_3 til f . Vis at

$$\left(1 + \frac{\rho g h_1}{p_0}\right)^{1-\gamma} = \left(1 + \frac{\rho g h_3}{p_0}\right)^{-\gamma}$$

Vink: Start med at bruge svaret fra pkt 2. ovenfor.

9. Det udtryk I lige har bevist skrider på at blive approximeret vha lidt matematiske tricks, for eksempel: $x^a = y \Leftrightarrow a \log(x) = \log(y)$, og endelig

$\log(1+x) \approx x$ for $x \ll 1$. Læg mærke til at g og p_0 går ud i denne approximation! Undersøg i jeres aktuelle tilfælde hvor stor en fejl, der introduceres ved rækkeudviklingen af $\log$.

10. Hvad bliver måleresultatet for f ? Sammenlign med den teoretiske forudsigelse og diskuter hvilke forhold og usikkerheder, der fører til eventuel forskel på målingen og den teoretiske værdi.