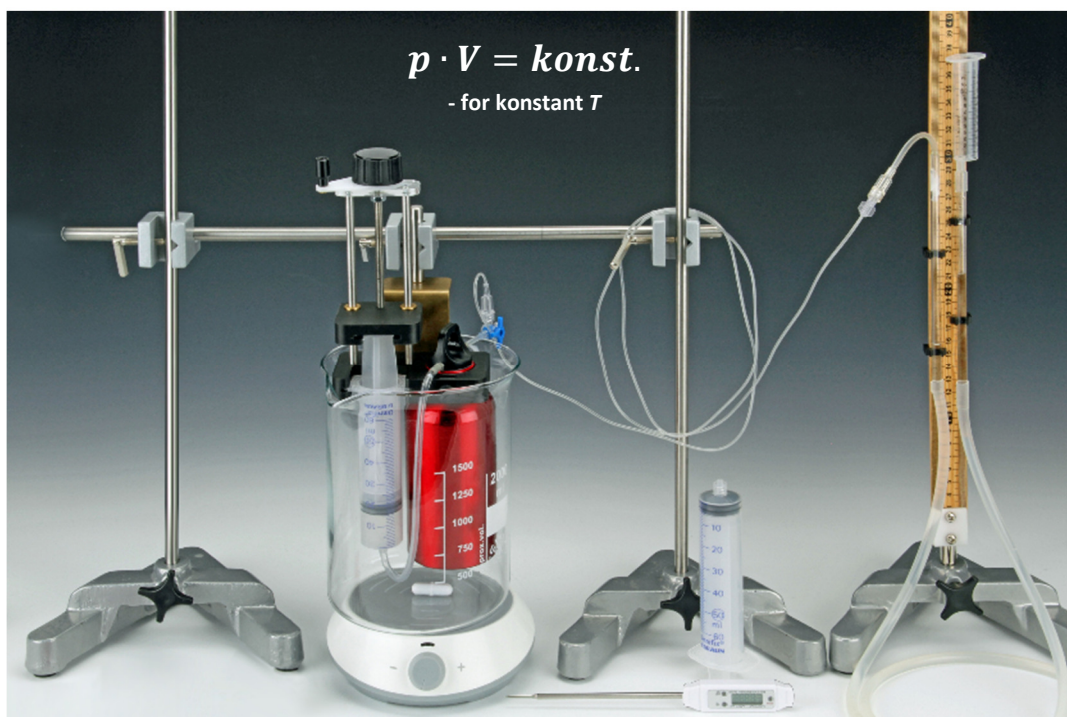


Eksperiment nummer	132220	Emne	Termodynamik, gaslovene		
Version	2018-12-18 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	gymA
					p. 1/4



Formål

Det eftervises, at i en gas med fast temperatur er tryk og rumfang omvendt proportionale.

Princip

Vi måler på en afspærret mængde af atmosfærisk luft. En del af luften befinder sig i en plasticsprøjte, som styres via en spindel og et håndsving.

Trykket måles med et væskemanometer. For at holde rumfanget konstant for den del af gassen, der ikke er i sprøjten, flyttes manometergrenene manuelt, så væskestanden i den indre gren holdes på et fast punkt i røret.

Apparatur

(Detaljeret apparaturliste på sidste side.)

Gaslovsapparat

Bægerglas (kan evt. undværes)

Termometer (kan evt. undværes)

Magnetomrører (kan evt. undværes)

Stativmateriel

Væskemanometeret

Manometeret måler differensstryk ift. atmosfæren – husk derfor at måle den aktuelle barometerstand (eller find den på nettet).

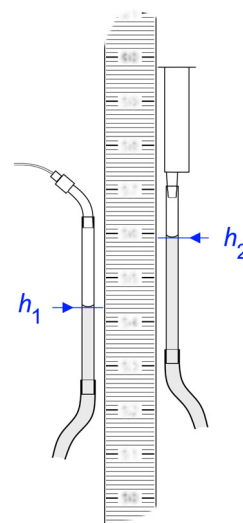
Trykdifferencen Δp er givet ved

$$\Delta p = \rho_V \cdot g \cdot (h_2 - h_1) ,$$

hvor ρ_V er massefylden af vand, g er tyngdeaccelerationen og h_1 og h_2 er væskestanden i de to grene.

Der kan være en lille nulpunktsfejl, hvis de to glasrør ikke har præcis samme indre diameter (skyldes hårrørvirkningen).

Aflæs h_1 og h_2 med begge grene åbne mod atmosfæren for senere at kunne korrigere udregningerne.



Betegnelser

Manometerets *indre gren* er den, hvor lufttrykket er det samme som i aluminiumsflasken – den har højden h_1 , jf. tegningen s. 1.

Den *ydre gren* er den, som afsluttes i overløbsbeholderen. I denne gren er trykket det samme som i luften udenfor opstillingen (dvs. barometerstanden).

Vigtige forholdsregler (læses først!)

Der skal måles på almindelig, tør atmosfærisk luft.

Det er derfor vigtigt, at der ikke kommer flydende vand ind i aluminiumsbeholderen, da den mættede vanddamp ellers vil ødelægge nøjagtigheden. (Luftfugtigheden i indendørsluft er normalt så lav, at den ikke har betydning.)

Det vand, som anvendes i manometeret, må også holdes ude af forbindelsesslangen. Slangen er så tynd, at der er en stærk hårrørs-virkning, og vandet vil være svært at få ud af slangen igen.

Når rumfanget ændres, vil gassens tryk også ændres. Derfor må et af øvelsesholdets medlemmer hele tiden være opmærksom på at holde væskestanden i den indre gren af manometeret ca. midt i glasrøret ved at flytte manometergrenene op og ned.

Forberedelser

Udstyret stille op som vist på billedet s. 1 – vent med at slutte forbindelsesslangen til manometeret.

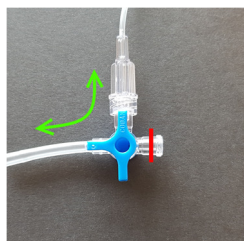
Brug en tynd permanent tuschpen til at sætte en vandret streg midt på glasrøret i den indre gren. Væskeoverfladen skal stå i denne højde, hver gang der måles.

Manometeret fyldes med demineraliseret vand ved hjælp af en sprøjteflaske – undgå luftbobler i manometerslangen og i glasrørene. Mængden af vand skal ideelt være, så det når halvt op i glasrørene i begge grene. (Står vandet et par centimeter højere eller lavere end midten i den ydre gren, er det OK.)

Man kan trykke let på manometerslangen et par gange, så glasrørene fugtes af vandet indvendigt omkring aflæsningspositionerne.

Indstil plastsprøjtens volumen på **25 mL**.

Forbind manometeret til resten af opstillingen, og indstil trevejshanan som vist her:



Hvis I vil være helt sikre på at holde temperaturen konstant i gassen, kan I placere aluminiumsbeholderen og plastsprøjtten i bægerglasset og fylde op med vand, der har stuetemperatur.

Udførelse

Kør spindlen i bund, så sprøjtens rumfang er 0 mL. Husk at flytte manometergrenene, så vandet holdes i glasrørene.

Vent et halvt til et helt minut, for at temperaturen kan stabilisere sig.

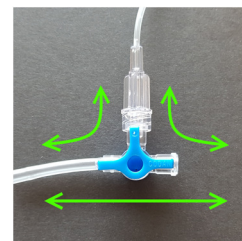
Finjuster manometergrenene, så vandet i den indre gren er præcis ud for mærket.

Aflæs h_1 og h_2 .

Øg rumfanget med 5 mL ad gangen, og gentag måleproceduren for hvert nyt rumfang.

Drej trevejshanan om, så der er åbent ud til atmosfæren – der må gerne løbe vand op i overløbsbeholderen, men lad manometerets grene følge efter, indtil de har samme højde.

Nu er der ingen risiko for, at vandet suges over i forbindelsesslangen.



Hvis der er tid, kan I gentage hele måleserien med en større luftmængde end før.

Med trevejshanan åben mod atmosfæren justeres sprøjtens volumen til **45 mL**.

Drej trevejshanan om igen, så der er forbindelse mellem manometer og resten af apparatet, men lukket mod atmosfæren.

Gentag ovenstående procedure, men formindsk i starten rumfanget mere forsigtigt – manometeret vil sætte grænsen for, hvor langt, I kan gå ned.

Afslut igen med at åbne mod atmosfæren og flytte manometergrenene til samme niveau.

Er der fortsat tid i overskud, kan I også udføre målingerne med en mindre gasmængde. Denne gang justeres sprøjtten til **5 mL**, før der lukkes for hanen og målingerne gentages.

Oprydning

Hvis I har brugt bægerglasset, skal det tømmes, når alle målinger er overstået. Der vil også være vand over stemplet i plastsprøjtten, som skal tømmes ud.

Vandet i manometerslangen hældes ud.

Manometerets slange og glasrør skal ikke adskilles, men fjernes fra de små holdere på linealen.

De små plastholdere tages også af linealen, så de ikke sidder og bliver slappe med tiden. Læg dem i en plastpose, så de ikke bliver væk.

Kalibrering af rumfang

(Udføres *kun*, hvis I får besked på det af jeres lærer.)

Ved hjælp af en præcis vægt kan man udmåle rumfanget af de forskellige større dele af apparatet. Det kræver, at man fylder den pågældende del med vand med en kendt temperatur. Rumfanget findes da via en tabelværdi for vands massefylde ved den pågældende temperatur.

Bemærk, at sprøjtens skala ikke kan antages at være helt præcis! Finder I en afvigelse her, skal I tilføje en kolonne med det korrigerede rumfang i tabellen, som bruges i udregningerne.

De lidt tykkere slangedele kan nemmest udmåles med skydelære.

Rumfanget af den tynde slange er så lille, at man bedst kan bruge den nominelle værdi fra manualen (usikkerheden betyder næsten ingenting fr det samlede rumfang.)

Det er meget vigtigt, at alle dele er fri for vand, inden apparatet skal bruges igen, så sørg for at apparatet ikke samles med selv den mindste rest vand indvendigt. (Følg din lærers anvisninger.)

Teori

R. Boyle og E. Mariotte fremsatte 1662 hhv. 1676 uafhængigt af hinanden sammenhængen mellem tryk p og volumen V af en gasmængde med konstant temperatur:

$$p \cdot V = konst.$$

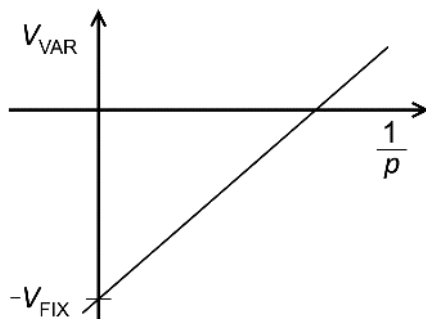
I apparatet, som anvendes i dette eksperiment, er det kun en del af voluminet, som er variabelt, nemlig sprøjtens rumfang. Opdeler man i et fast og et variabelt rumfang:

$$V = V_{\text{FIX}} + V_{\text{VAR}} ,$$

kan Boyle-Mariottes lov omskrives til følgende:

$$V_{\text{VAR}} = konst. \cdot \left(\frac{1}{p}\right) - V_{\text{FIX}}$$

Det ses, at der er en lineær sammenhæng mellem størrelsen $1/p$ og V_{VAR} . Grafisk set ser det således ud:



Beregninger

Omregn barometerstanden til Pa.

Lav et skema (evt. i et regneark) til målinger og beregninger:

Barometerstand		Tyngdeacceleration				
$B =$	Pa	$g =$	m s^{-2}			
Nulpunktskorrektion		Vands massefylde				
$\Delta h_0 =$	m	$\rho_v =$	kg m^{-3}			
V_{VAR}	h_1	h_2	Δh	Δh_{KORR}	Δp	p
mL	m	m	m	m	Pa	Pa

Her står Δh for højdeforskellen $h_2 - h_1$.

Δh_0 er værdien af $h_2 - h_1$ ved trykforskellen nul.

Δh_{KORR} er den korrigerede højdeforskel $\Delta h - \Delta h_0$.

Δp er trykforskellen mellem gassen og atmosfæren.
 p er gassens absolutte tryk.

(Det er ikke nødvendigt at omregne rumfang til SI-enheder – men det er OK at gøre det.)

Afbild rumfanget som funktion af den reciprokke værdi af trykket i et koordinatsystem, der er stort nok til, at grafen kan forlænges til skæring med andenaksen.

Har I udført mere end én måleserie, plottes hver serie som en selvstændig graf – men i samme koordinatsystem.

Diskussion og evaluering

Hvilket udseende forventes af grafen (eller graferne)? Sammenlign med de faktiske måleresultater.

Har I ikke selv gennemført en udmåling af de forskellige rumfang, kan I bruge, at den forventede værdi for V_{FIX} er ca. 430 mL. (Det kan evt. svinge lidt fra apparat til apparat.)

Hvordan ligger jeres målte værdi for det faste volumen (V_{FIX} fra Boyle-Mariottes lov) i forhold til den opgivne?

Noter til læreren

Benyttede begreber

Massefylde
Tryk

Matematiske forudsætninger

Indsættelse i formler
Enhedsomregning
Graftegning

Om apparaturet

Detaljer om gaslovsapparatet kan findes i apparaturmanualen. Her finder man bl.a. nominelle værdier for de forskellige del-voluminer af apparatet.

Er man uheldig, at det kommer vand i den tynde forbindelsesslange:

Start med at skylle slangen igennem med et par milliliter 96 % ethanol ved hjælp af den ekstra sprøjte med luer-lock. Ethanol fordamper meget lettere end vand.

Derefter bruges sprøjten til at blæse slangen igennem adskillige gange – i én retning – mens den frie ende af slangen slynges hurtigt rundt i en cirkel. Formålet er at slynge de dråber af, som ellers vil trække tilbage i slangen igen på grund af hårrørvirkningen.

Er der kommet vand i aluminiumsbeholderen (evt. for at kalibrere rumfanget), må man skrue denne af og få den tørret indvendig. Da man ikke har nogen mulighed for at kontrollere udefra, om der er kommet vand i beholderen, er det måske en ide at gøre dette, hver gang apparatet har været brugt til en elevøvelse.

Apparatet samles igen – evt. med en anelse hanefedt / vakuumsfedt på begge sider af pakningen.

Sammenhæng med andre eksperimenter

Man kan lave et miniprojekt ud af de tre eksperimenter med gaslovene:

132220 Boyle-Mariottes lov
132230 Det absolutte nulpunkt (Gay-Lussacs lov)
132240 Charles' lov

Udføres de i rækkefølge, kan man anvende måleresultatet fra Boyle-Mariottes lov (det faste rumfang V_{FIX}) i Charles' lov.

Derved har man to forskellige metoder (Gay-Lussacs lov og Charles' lov) til at finde det absolutte nulpunkt.

Navngivning af gaslovene

Historisk set er disse gaslove forbundet med flere forskellige fysikere. Afhængigt af tradition og sprogområde kan samme lov derfor optræde under forskellige navne.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

180700 Gaslovsapparat
007560 Bægerglas, 2 L, Duran, Lav form *)
064045 Magnetomrører 300-2000 rpm *)

Standard laboratorieudstyr

062100 Digitaltermometer *)
000100 A-fod (3 stk.)
000840 Stativstang (3 stk.)
002310 Stativmuffe (3 stk.)

Diverse forbrugsvarer

890300-6 Demineraliseret vand
042300 Hanefedt/slibfedt/vakuumsfedt

*) Øvelsen kan udføres uden disse.

(De skal bruges til de andre to gaslove.)

Reklamationsret

Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato. Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.

Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbeløbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt. Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside.