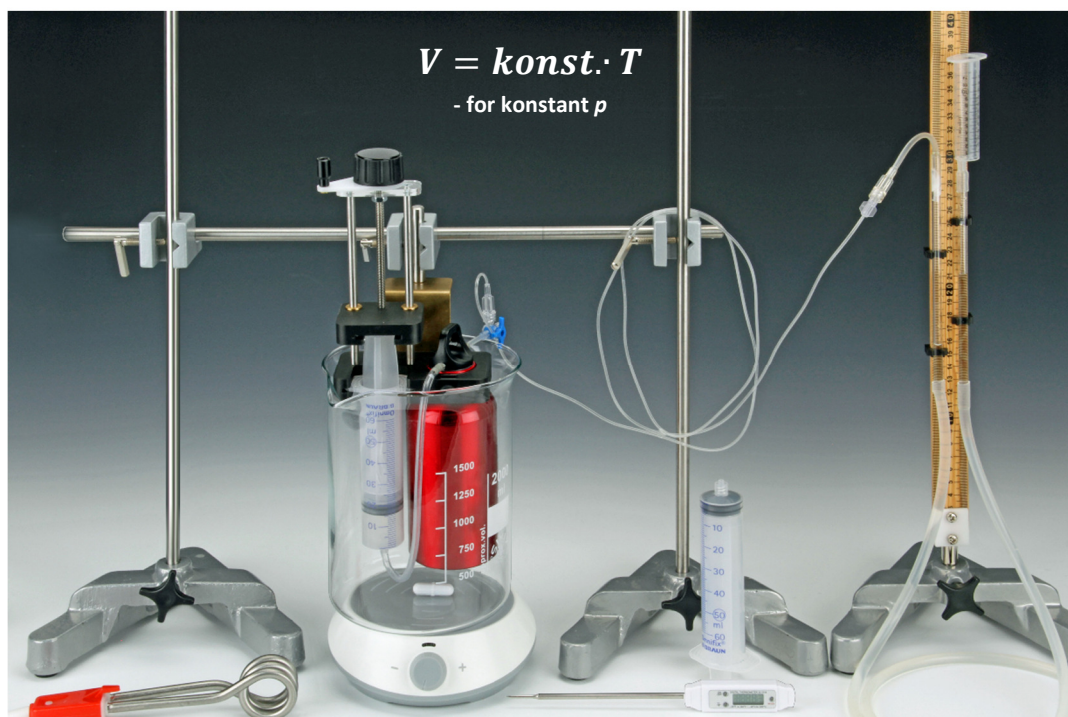


Eksperiment nummer	132240	Emne	Termodynamik, gaslovene		
Version	2018-12-18 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslået til	gymA
					p. 1/4



## Formål

Det eftervises, at rumfanget af en gas med fast tryk stiger lineært med temperaturen. Ved at ekstrapolere til rumfanget er lig nul, bestemmes det absolutte nulpunkt.

## Princip

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

Trykket måles med et væskemanometer. Væskestanden i begge manometergrene holdes på faste punkter.

## Apparatur

(Detaljeret apparaturliste på sidste side.)

Gaslovsapparat

Bægerglas

Dyppekoger

Termometer

Magnetomrører

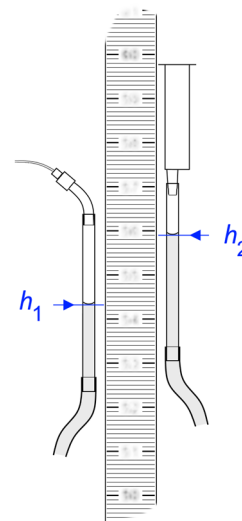
Stativmateriel

## Væskemanometeret

Manometeret måler differens-tryk ift. atmosfæren. Ønskes det absolutte tryk, skal man derfor kende barometerstanden.

I denne øvelse bruger vi blot manometeret til at sikre, at trykket er konstant, dvs. at forskellen på de to væskehøjder  $h_1$  og  $h_2$  ikke ændres.

Der kan være en lille nulpunktsfejl, hvis de to glasrør ikke har præcis samme indre diameter (skyldes hårrørvirkningen). Det er uvæsentligt i denne sammenhæng.



## 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 temperaturen ændres, vil gassen udvide sig eller trække sig sammen. 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 regulere rumfanget i sprøjten.

Er det lige ved at gå galt, er det måske hurtigere at sænke den ydre gren af manometeret midlertidigt.

## Forberedelser

Udstyret stille op som vist på billedet s. 1 – vent med at slutte forbindelsesslangen til manometeret. Sænk udstyret så langt ned i bægerglasset som muligt – dog så omrøremagneten stadig kan køre rundt.

Brug en tynd permanent tuschpen til at sætte en vandret streg midt på glasrøret. Væskeoverfladen skal stå i denne højde, hver gang der måles. Placer glasrøret på linealen, så stregen er ved 500 mm.

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.)

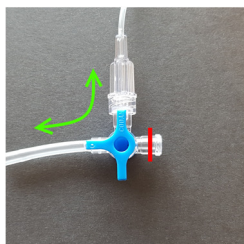
Man kan trykke let på manometerslangen et par gange, så glasrørene fugtes af vandet indvendigt omkring aflæsningspositionerne.

Flyt på den ydre manometergren, så  $h_1 = 500$  mm (lige på tusch-stregen).

Indstil plastsprøjten til **25 mL**.

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

Nu er gassen spærret inde.



## Udførelse

Efter hanen er lukket, indstilles sprøjten rumfang til **0 mL**. Dette vil presse vandet i manometeret delvis op i overløbsreservoaret.

Nu skal luften køles ned.

Fyld bægerglasset op med koldt vand – det må gerne have stået i køleskabet. Efter temperaturudligning skal vandet dog være mindst 8-10 °C.

Vandet skal fuldstændigt dække aluminiumsbeholderen og plastsprøjten.

Tænd for magnetomrøreren. Hold termometeret ned i vandet. Vent 2 til 3 minutter.

Justér rumfanget, så vandet i den indre manometergren ligger præcis på markeringsstregen.

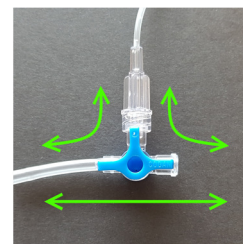
Aflæs temperaturen og rumfanget af sprøjten.

Med dyppekogeren varmes vandet nu 5-10 grader op. Sluk i god tid, så temperaturen ikke bliver for høj.

Vent igen et par minutter til temperaturen har stabiliseret sig, juster igen rumfanget og gentag målingen af rumfang og temperatur.

Fortsæt med flere temperaturer – så længe stemplet i sprøjten er indenfor skalaen.

Drej trevejshanen om, så der er åbent ud mod atmosfæren – så kan vandet ikke suges op i forbindelsesslangen, når temperaturen falder.



## Oprydning

Når alle målinger er overstået, skal bægerglasset tømmes.

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.

Der vil også være vand over stemplet i plastsprøjten. Vend apparatet på hovedet, så det kan købe ud.

## 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 for 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

Ifølge Charles' lov er rumfanget af en gasmængde med et konstant tryk proportionalt med den absolutte temperatur:

$$V = \text{konst.} \cdot T$$

Rent matematisk får rumfanget værdien 0 ved  $T=0$ . (Sammenhængen gælder dog kun, så længe gassens temperatur ligger en del højere end dens fortætningspunkt.)

Gassens rumfang er summen af sprøjtens (variable) rumfang  $V_{\text{VAR}}$  og et større, fast rumfang  $V_{\text{FIX}}$ :

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

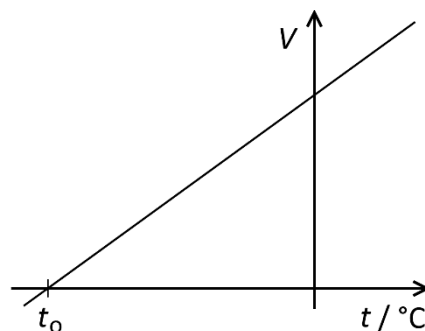
$V_{\text{FIX}}$  kan findes på tre måder:

1. I manualen til gaslovsapparatet er der angivet en nominal værdi, som dog er behæftet med en del usikkerhed.
2. Rumfanget kan bestemmes som angivet ovenfor (*Kalibrering af rumfang*).
3. Har man udført eksperiment 132220 Boyle-Mariottes lov, er et af resultaterne netop  $V_{\text{FIX}}$ .

Når vi måler temperaturen i celsiusgrader, er sammenhængen ikke længere en proportionalitet, men en lineær funktion:

$$V = \text{konst.} \cdot t + V_0$$

Det absolutte nulpunkt  $t_0$  (målt i °C) findes ved at bestemme skæringen mellem grafen og førsteaksen. (Overvej hvorfor.)



## Beregninger

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

Fast volumen		
$V_{\text{FIX}} =$		mL
$t$	$V_{\text{VAR}}$	$V$
°C	mL	mL

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

Afbild rumfanget  $V = V_{\text{FIX}} + V_{\text{VAR}}$  som funktion af temperaturen i et koordinatsystem, der er stort nok til, at grafen kan forlænges til skæring med førsteaksen. Anvendes et regneark, kan man i stedet beregne skæringspunktet ud fra ligningen for en tendenslinje for målepunkterne.

## Diskussion og evaluering

Hvilket udseende forventes af grafen? Sammenlign med de faktiske måleresultater.

Sammenlign den målte  $t_0$  med tabelværdien for det absolutte nulpunkt.

En smule af gassen har ikke samme temperatur som resten – hvor i apparatet befinder den sig?

Hvis vi antager, at denne lille gasmængde har stuetemperatur hele tiden og samme tryk som resten af gassen, så ændrer den heller ikke volumen – det er med andre ord i dette eksperiment en fuldstændig passiv del af systemet. Hvis man trækker dette rumfang fra  $V_{\text{FIX}}$ , hvilken betydning får det så for den målte værdi af  $t_0$ ?

(Prøv at finde dette rumfang vha. apparatmanualen.)

## Noter til læreren

### Benyttede begreber

Kelvinskala  
Celsiuskala  
Tryk  
(Massefylde)

### 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 / vakuumfedt 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 måle-resultatet fra Boyle-Mariottes lov (det faste rumfang  $V_{\text{FIX}}$ ) 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  
275010 Dyppekoger, 300 W / 230 V  
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/vakuumfedt

## 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.*