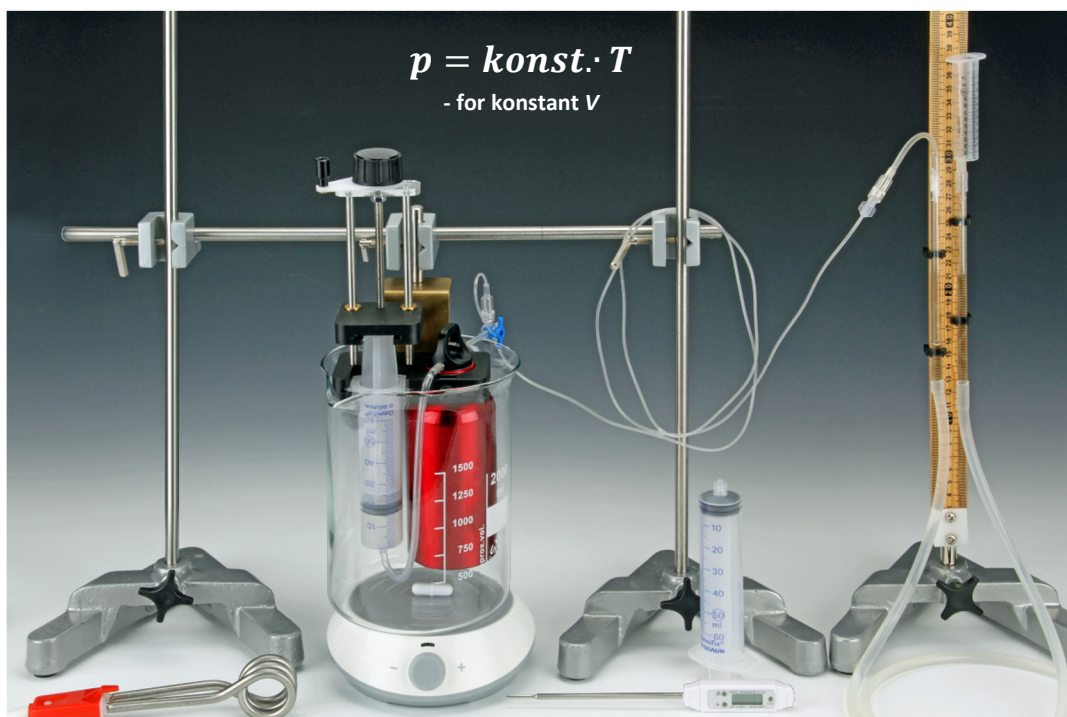


Eksperiment nummer	132230	Emne	Termodynamik, gaslovene		
Version	2018-12-18 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	gymA p. 1/4



## Formål

Det eftervises, at trykket i en gas med fast volumen stiger lineært med temperaturen. Ved at ekstrapolere til trykket er lig nul, bestemmes det absolute nulpunkt.

## Princip

Vi måler på en afspærret mængde af atmosfærisk luft, hvis temperatur styres med et vandbad. Trykket måles med et væskemanometer. For at fastholde rumfanget, flyttes manometergrenene manuelt, så væskestanden i den indre gren holdes på et fast punkt i røret.

## Apparatur

(Detaljeret apparaturliste på sidste side.)

Gaslovsapparat

Bægerglas

Dyppekoger

Termometer

Magnetomrører

Stativmateriel

## Væskemanometeret

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

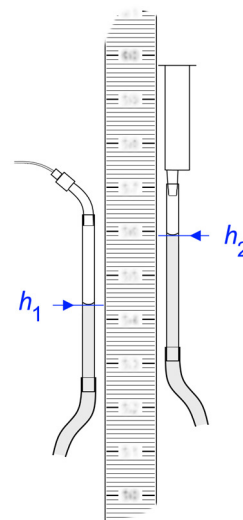
Trykdifferencen  $\Delta p$  er givet ved

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

hvor  $\rho_V$  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.*

Derfor må et af øvelsesholdets medlemmer hele tiden være opmærksom på at holde væskestanden i den indre gren af manometeret ca. midt i glastrøret.

Når temperaturen falder, vil gassen trække sig sammen, og det vil være nødvendigt at hæve  $h_1$  og sænke  $h_2$  for at holde vandet ude af forbindelsesslangen.

## Forberedelser

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

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

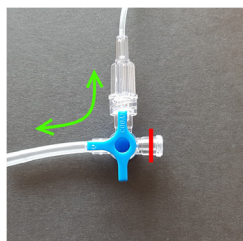
Manometeret fyldes med demineraliseret vand ved hjælp af en sprøjteflaske – undgå luftbobler i manometerslangen og i glastrørene. Mængden af vand skal ideelt være, så det når halvt op i glastrørene i begge grene. (Står vandet et par centimeter højere eller lavere end midten i den ydre gren, er det OK.)

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

Når manometeret ikke er forbundet, er trykket det samme i den ydre og den indre gren af manometeret. Aflæs  $h_1$  og  $h_2$  omhyggeligt – er de forskellige, udgør det en nulpunktsfejl, som du skal korrigere for i de følgende målinger.

Skru spindlen helt ned, så voluminet i sprøjten er nul.

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



## Udførelse

Nu skal luften køles ned – husk at holde øje med vandoverfladen i den indre manometergren!

Fyld bægerglasset op med så koldt vand som muligt – det må gerne have stået i køleskabet. Vandet skal fuldstændigt dække aluminiumsbeholderen og plastsprøjten.

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

Juster manometergrenene, så vandoverfladen i den indre gren er præcis ud for markeringsstregen. Når I gør dette for hvert målepunkt, holdes voluminet af gassen konstant.

Aflæs  $h_1$  og  $h_2$ .

Noter temperaturen.

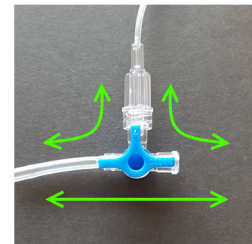
Med dyppekogeren varmes vandet nu ca. 10 grader op.

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

Fortsæt med flere temperaturer – så længe trykket ikke bliver større, end manometerlinealen tillader.

Flyt nu manometerets ydre gren helt ned på niveau med den indre – der må gerne løbe vand op i overløbsbeholderen. Drej trevejshananen om, så der er åbent ud til atmosfæren.

Derved er der ikke længere risiko for, at vandet suges over i forbindelsesslangen.



Har I tid nok, kan måleserien gentages med en mindre luftmængde:

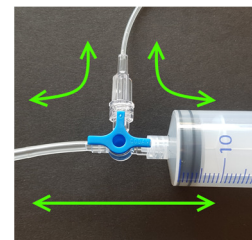
Brug vand omkring stuetemperatur, og brug den ekstra plastiksprøjte til at sænke starttrykket, så den indre manometergren er helt i top på linealen, og den ydre gren er helt i bund.

Trevejshananen skal stå, så der er forbindelse mellem alle tre grene (se billedet), indtil justeringen er foretaget – derefter lukkes for sprøjten og den fjernes.

Aflæs manometeret og temperaturen.

Fortsæt ligesom før med en serie målinger med højere og højere temperatur.

Og igen: Når måleserien er færdig, skal manometergrenene tilbage i neutralposition og der skal åbnes ud til atmosfæren.



Hvis der stadig er tid, gentages målingerne endnu en gang, men med en større luftmængde end tidligere:

Brug igen så koldt vand som muligt, men med  $h_1 = h_2$  ved denne temperatur. (Hold trevejshanen åben ud mod atmosfæren, indtil I er klar til at starte måleserien.)

Afslut som før med manometergrenene tilbage i neutralposition og åbent ud til atmosfæren.

**Som et sidste punkt skal I huske at finde samt notere atmosfærens tryk (barometerstanden).**

Det er nemmest med et barometer!

Ellers må I prøve at finde en værdi for den aktuelle, lokale barometerstand på internettet. Men pas på: Værdien kan evt. være korrigeret til havets overflade fremfor den højde, eksperimentet udføres i.

### Oprydning

Når alle målinger er overstået, skal bægerglasset tømmes.

Vandet i manometerslangen hældes ud.

Manometerets slange og glasrør skal ikke adskilles, men rørene 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. Det skal tømmes ud.

### Teori

Ifølge Gay-Lussacs lov er trykket i en gasmængde (med et fast volumen) proportionalt med den absolutte temperatur:

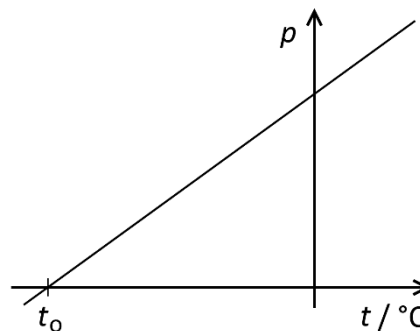
$$p = \text{konst.} \cdot T$$

Det absolutte nulpunkt (nulpunktet for kelvin-skalaen) er den temperatur, hvor molekylerne ikke længere har nogen bevægelsesenergi; de ligger helt stille, og trykket er derfor også nul.

(Dette er en rent matematisk ekstrapolation – reelt er fysikken ved ultralave temperaturer en del mere kompliceret.)

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

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



### Beregninger mv.

Omregn barometerstanden til Pa.

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

Barometerstand		Tyngdeacceleration				
B =	Pa	g =	m s <sup>-2</sup>			
Nulpunktskorrektion		Vands massefylde				
$\Delta h_0 =$	m	$\rho_v =$	kg m <sup>-3</sup>			
t	$h_1$	$h_2$	$\Delta h$	$\Delta h_{\text{KORR}}$	$\Delta p$	p
°C	m	m	m	m	Pa	Pa

Her står  $\Delta h$  for højdeforskellen  $h_2 - h_1$ .

$\Delta h_0$  er værdien af  $h_2 - h_1$  ved trykforskellen nul.

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

$\Delta p$  er trykforskellen mellem gassen og atmosfæren.  
 $p$  er gassens absolutte tryk.

Afbild trykket som funktion af temperaturen i et koordinatsystem, der er stort nok til, at grafen kan forlænges til skæring med førsteaksen.

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

Angiv jeres eksperimentelle værdi for det absolutte nulpunkt.

### Diskussion og evaluering

Hvilket udseende forventes af grafen (eller graferne)? 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?

Hvilken betydning har det for grafens hældning, at en smule af gassen ikke har den temperatur, I måler i vandbadet? Kommenter i forhold til resultaterne.

## Noter til læreren

### Benyttede begreber

Kelvinskala  
Celsiusskala  
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 hårrørsvirkningen.

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  $V_{\text{FIX}}$ ) 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/vakuumsfedt

## 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 fragtbøbet 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.*