

Gaslovene

Indhold

1. Måling af tryk og temperatur for gasser 74
2. Boyle Mariottes lov 75
3. Gay-Lussacs lov 77
4. Absolut temperatur 78

Dette er en indscannet kopi af et enkelt kapitel i Elementær Fysik 1.
Når det ikke er overført manuelt til elektronisk form, skyldes det at de eksperimentelle metoder, der anvendes i dette kapitel, må betragtes som forældede

VIII GASLOVENE

1. MÅLING AF TRYK OG TEMPERATUR FOR GASSER

Traditionelt har man benyttet kviksølv til såvel tryk- som temperaturmålinger for gasser.

Til måling af atmosfæretryk (barometerstand), benytter man et kviksølvbarometer, der i sin mest simple udformning består af et glasrør på ca. 1 m, og en skål med kviksølv. (Torricelli-rør) Glasrøret fyldes med kviksølv, og mens man holder for rørets åbne ende, vendes røret så den åbne ende er anbragt i skålen med kviksølv. Se figur 1.1. Kviksølvet i røret, vil da indstille sig i en bestemt højde h . Over kviksølv søjlen i røret er der vacuum (lufttomt), d.v.s. trykket er nul. Atmosfæretryk på kviksølvoverfladen i skålen må da være lig med trykket af kviksølv søjlen med højden h , da trykket er det samme i samme vandrette lag. Vi har tidligere vist, at trykket af kviksølv søjlen kan udregnes af formelen: $P = P_0 + \rho_{\text{Hg}}gh$, hvor P_0 , trykket på søjlens overflade i dette tilfælde er 0. Normalt vil man nøjes med at angive højden h som mål for trykket. Enheden er da mm Hg. Omregningen til S.I. trykenhed er vist i V.13. I praksis er barometeret vist som på figur b). Barometerstanden er da lig med højdeforskellen mellem de to kviksølvoverflader. I almindelighed vil barometeret være forsynet med en skala, så kun den ene kviksølvoverflade skal aflæses.

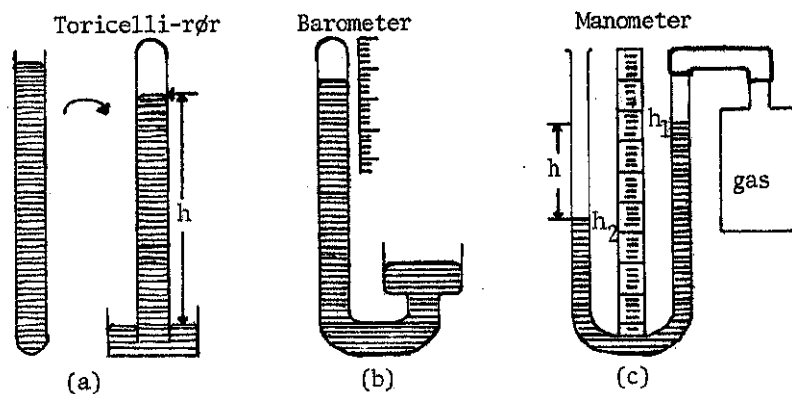


Fig. 1.1

GASLOVENE

Skal man måle gastrykket i en beholder anvendes et manometer.

Manometeret er et U-formet glasrør med åbning i begge ender. Det anvendes til at måle over- og undertryk i forhold til barometerstand. Beholderen, hvor man vil bestemme trykket forbindes til manometerets ene gren. Trykforskellen mellem gastrykket P og barometerstand B kan da aflæses som højdeforskellen mellem kviksølvoverfladerne i manometerets to grene. Der gælder nemlig, når trykket måles i mm Hg:

$$(1.2) \quad P = B + h \quad \text{eller} \quad P = B - h \quad ,$$

hvor + skal benyttes, hvis kviksølvet står højst i den åbne gren, svarende til overtryk, og hvor - skal benyttes, hvis kviksølvet står højst i grenen, der er forbundet til gasbeholderen. (Man kan også konsekvent bruge +, men så istedet regne $h = h_2 - h_1$ med fortegn, idet h_2 er højden af den åbne kviksølv søjle, og h_1 er højden af den anden, når de måles på samme målestok).

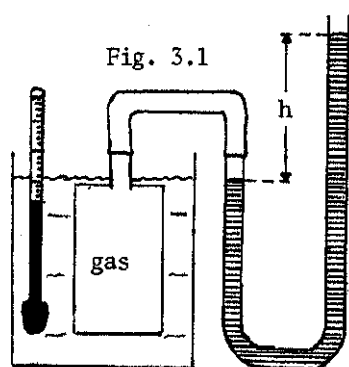
Temperaturmåling foretages normalt ved hjælp af et kviksølvtermometer, hvor kviksølvets rumudvidelse ved opvarmning benyttes som mål for temperaturen.

I Celsiusskalaen, anvendes som fixpunkter for skalaen frysepunktet for vand, som sættes til 0°C og kogepunktet for vand ved 1 atm., som sættes til 100°C . Temperaturdifferensen mellem disse to fixpunkter inddeles i 100 lige store stykker, der hver svarer til en temperaturstigning på 1°C . (Læses: En grad Celsius). Skalaen kan udvides i begge ender ved at fortsætte den ækvidistante inddeling.

2. BOYLE-MARIOTTES LOV

Boyle-Mariottes lov: For en indespærret gasmængde er produktet af gassens tryk P og rumfang V konstant for isoterme ændringer af P og V. (Isoterm betyder at temperaturen holdes konstant)

$$(2.1) \quad P \cdot V = k \quad (k = \text{konstant})$$

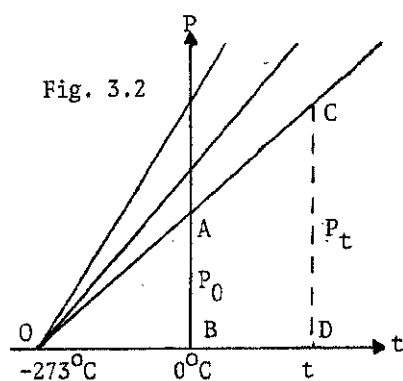


Vil man undersøge hvorledes gastryk-
ket P afhænger af temperaturen t ved
konstant rumfang, kan man anvende en
opstilling som vist på figuren.

En gas er indespærret i en beholder,
der er forbundet til et manometer.
Rumfanget holdes konstant ved, at man
før hver måling indstiller kviksølv-
overfladen nærmest beholderen ved det
samme mærke. Gasbeholderen er ned-

sænket i en væske, og gassen vil efter en vis tid antage den samme
temperatur som væsken. Gassens temperatur kan på denne måde aflæses
på et termometer i væsken, og gassens tryk aflæses på manometeret,
som barometerstand $B \pm h$, hvor h er højdeforskellen mellem de to
kviksølvoverflader, og iøvrigt som beskrevet i 1.

Opvarmes eller afkøles væsken, kan man ud fra opstillingen bestemme
samhørende værdier af gassens tryk P og gassens temperatur t .



Forsøg viser, at for alle (u-
mættede) gasser, er denne sammen-
hæng med tilnærmelse lineær.

Afsættes tryk som funktion af
temperatur i et $P - t$ diagram,
vil man således se, at punkterne
ligger på en ret linie. Fig. 3.2
(Det vil dog kun gælde så længe
gassen er umættet, d.v.s. den
ikke er begyndt at kondensere
til væske). Dette indtræffer, af-

hængig af væsken, ved passende lave temperaturer og høje tryk)

Antager man imidlertid, at den lineære sammenhæng fortsætter, kan
man ekstrapolere til meget høje og meget lave temperaturer.

Det interessante ved linierne, (som svarer til gasser med forskelligt
begyndelsestryk), er at de alle skærer temperatur-aksen i samme punkt,

Kap VIII

Alle forsøg giver samme temperatur for skæringspunktet, nemlig $t = -273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Skæringspunktet svarer til $P = 0$, altså trykket er nul. Da linierne ikke kan forlænges videre, idet dette ville betyde, at gassen udøvede et negativt tryk, kalder man temperaturen $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ for det absolutte nulpunkt. Lavere temperaturer kan ikke tænkes, da et negativt gastryk er umuligt.

Ud fra $P - t$ diagrammet kan vi nu bestemme den ønskede sammenhæng mellem tryk og temperatur. Af de ensvinklede trekanter OAB og OCD fremgår det nemlig, at

$$(3.3) \quad \frac{|AB|}{|OB|} = \frac{|CD|}{|OD|} \Leftrightarrow \frac{P_0}{273} = \frac{P_t}{273 + t} \Leftrightarrow P_t = P_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)$$

P_0 og P_t betegner trykkene ved $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ og ved temperaturen t . Den sidste af ligningerne i (3.3) er én formulering af Gay-Lussacs 1. lov. Loven skrives dog meget mere bekvemt ved anvendelse af absolut temperatur.

4. ABSOLUT TEMPERATUR

Nulpunktet på Celsius skalaen er valgt temmelig vilkårligt, og har historiske årsager. Med erkendelsen af eksistensen af et absolut nulpunkt for temperatur ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), er det dog naturligt, at vælge dette som nulpunkt i en temperaturskala. Af praktiske grunde, har man dog bibeholdt gradinddelingens størrelse fra Celsius skalaen, således at størrelsen af temperaturdifferenser forbliver den samme i de to skalaer. Den nye temperaturskala kaldes for Kelvin skalaen, eller den benævnes absolut temperatur, og temperaturen T måles i enheden Kelvin, som forkortes K. Man skriver f.eks. $T = 293\text{ K}$. Sammenhængen mellem Kelvin temperatur T og Celsius temperatur t er:

$$(4.1) \quad T = 273\text{ K} + t \Leftrightarrow t = T - 273\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Det kan godt se lidt forvirrende ud med de to temperaturenheder. Men kendsgerningen er jo, at temperaturenheden 1 grad er den samme i de to skalaer, det er blot valget af nulpunkt, der er forskelligt

Derfor er det ved angivelse af temperaturdifferenser underordnet om man skriver Kelvin eller °C. F.eks. kan man skrive:

$$\Delta t = \Delta T = 123^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C} = 396 \text{ K} - 304 \text{ K} = 92^{\circ}\text{C} = 92 \text{ K}$$

Indfører man nu Kelvin skalaen $T = 273 \text{ K} + t$ i Gay-Lussacs lov (3.3) finder man,

$$(4.2) \quad \frac{P_0}{273 \text{ K}} = \frac{P_T}{T} \quad \Leftrightarrow \quad P_T = \frac{P_0}{273 \text{ K}} T$$

Den sidste ligning udtrykker på præcis måde Gay-Lussacs 1. lov:

For en indespærret gas, er trykket ligefrem proportionalt med Kelvin temperaturen, når rumfanget holdes konstant.

Ligningen (4.2) kan omformes til: $T = 273 \text{ K} \frac{P_T}{P_0}$. Af denne ligning fremgår det, at man kan bestemme Kelvin temperaturen T med apparatet på side 77, ved at måle trykkene P_0 ved 0°C og trykket P_T ved den ønskede temperatur. Anvendes apparatet til temperaturbestemmelse, kaldes det for et lufttermometer.

Ved hjælp af lufttermometeret er vi i stand til at give en mere tilfredsstillende definition af temperatur end den, der hvilede på rumudvidelsen i et kviksølvtermometer.

(4.3) Definition:

Ved temperaturenheden 1 Kelvin forstår man $\frac{273}{100}$ af den relative trykforøgelse, når en beholder med gas først anbringes i isvand, og dernæst i kogende vand. (Begge dele ved barometerstand 1 atm.)

5. TILSTANDSLIGNINGEN FOR IDEALE GASSER

Gasser der opfylder Boyle-Mariottes og Gay-Lussacs lov kaldes ideale. Som nævnt opfører de fleste gasser, som f.eks. ilt, brint, nitrogen og CO_2 sig som ideale gasser, så længe temperaturen ikke er for lav eller trykket for højt.

Vi tænker os nu, at vi har indespærret gas i en cylinder forsynet med et forskydeligt stempel. Se figur(5.1). Gassens tilstand er karakteriseret ved dens rumfang V , tryk P og absolut temperatur T .

Rumfanget reguleres ved at forskyde stemplet, og man tænker sig, at cylinderen er i forbindelse med en termostat, så gassens temperatur