

10.kafli

Eiginleikar gastegunda

10.1 Hvað er gas?

- ▶ Við þekkjum gas úr daglegu lífi
 - ▶ En hver stoppar til að velta því fyrir sér?
 - ▶ Gas er einfaldasta eðlisástandið að skilja.
- ▶ Gastegundir eru léttar og smáar sameindir eða atóm.
- ▶ Gastegundir dreifa sér til að fylla uppí rými
- ▶ Gastegundum má þjappa saman í lítið rúmmál.
- ▶ Gastegundir blandast vel saman og mynda einsleita blöndu.
 - ▶ Langflest bæði lit og lyktarlaus
- ▶ Gastegundir innihalda sameindir þar sem er mikið bil á milli sameindanna og þær eru á mikilli hreyfingu.

10.2 Þrýstingur

- ▶ Þrýstingur er skilgreindur sem er kraftur á flatarmálseiningu.

- ▶ $P = F/A$

- ▶ P = þrýstingur (Pressure) F = kraftur (force)

- A = flatarmál (Area)

- ▶ $F = m * a = \text{massi} * \text{hröðun}$

- ▶ Tölum mikið um þrýsting í daglegu tali

- ▶ Þrýstingur sem eðlisfræðilegt afl

- ▶ Þrýstingur í dekkjum, þrýstingur í lögnum eða þrýsta á sár.

- ▶ Þrýstingur sem félagslegt afl

- ▶ Beita einhvern þrýstingi, hópþrýstingur.



Meira um þrýsting

- ▶ Þar sem að gas fyllir auðveldlega upp í rúmmál og hreyfir sig hratt þá getum við hugsað að það sé að klessa á „útveggina“ að reyna að komast út.
 - ▶ Blöðrutilraun.
- ▶ Eindirnar klessa á veggina á blöðrunni stöðugt, enda fara þær mjög hratt.
 - ▶ Á endanum gefst blaðran undan kraftinum og springur!
 - ▶ Fleiri árekstrar = meiri þrýstingur
- ▶ Við fáum oft hausverk í lokuðum rýmum þar sem lítið/ekkert loftflæði er.
 - ▶ Byggist auðveldlega upp þrýstingur ef við bætum alltaf við útblæstri.
 - ▶ Hefur að vísu einnig mikið að gera með súrefni

Enn meira um þrýsting



- ▶ Einingin fyrir kraft er Newton, N
 - ▶ Ef $P = F / A$
 - ▶ Þá hlýtur eining þrýstings að vera N/m^2
 - ▶ Sem við köllum Pascal, Pa
 - ▶ Blaise Pascal (1623 - 1662)
- ▶ Þar sem að þrýstingur er hlutfall krafts og flatarmáls sem krafturinn verkar á þá er hægt að sjá að kraftur er háður því á hvað hann verkar.
 - ▶ Skór með hælum þrýsta t.d. mjög mikið niður á við því að yfirborð hælsins er lítið.
 - ▶ Þekkjum þetta líka með hluti eins og nálar, skóflur, dýfingar etc.

Loftþrýstingur

- ▶ Loftþrýstingur er sá þrýstingur sem andrúmsloftið ýtir niður á við til jarðar
- ▶ Loftþrýstingur er mjög jöfn stærð og mjög takmörkuð staðbundin breyting á honum vegna loftflæðis.
- ▶ Mikil breyting á hæð yfir sjávarmáli.
 - ▶ Því hærra sem við förum því minni massi lofts er fyrir ofan okkur = minni þrýstingur
 - ▶ Því lægra sem landið liggur því hærri loftþrýstingur er.
- ▶ Loftþrýstingur og þrýstingsbreytingar eru ein aðalástæðan fyrir veðri og veðurbreytingum
 - ▶ Veður og heiðhvolfin hegða sér mismunandi og hafa mjög mismunandi þrýsting.
 - ▶ Hæðir og lægðir.

Mismunandi einingar þrýstings.

- ▶ Þrýstingur sem mælieining hefur ópolandi margar einingar sem við þurfum að læra
 - ▶ Pascal, **Pa** og oft notað sem **kPa** ($1\text{kPa} = 1000\text{ Pa}$)
 - ▶ Evangelista Torricelli afsannaði að andrúmsloft væri massalaust og fann upp fyrsta þrýstingsmælinn sem nýtti kvikasilfur sem mælieiningu.
 - ▶ Einingarnar **mmHg** og **Torr** eru það sama!
 - ▶ **Atm**, Staðlaður andrúmslofts þrýstingur
 - ▶ $1\text{ atm} = 760\text{ torr}$.
 - ▶ **Bar** = 10^5 Pa
 - ▶ **Psi** = pounds per square inch (megum bara gleyma að þetta sé til) $1\text{ bar} = 14,7\text{ psi}$

Samanburður á einingum

- ▶ $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 101,325 \text{ kPa} = 1,01325 \text{ bar}$
- ▶ Verður á jöfnublaðinu ykkar :D

Sýnidæmi 10.1

- ▶ Breytið eftirfarandi Mælieiningum:

- ▶ 0,357 atm yfir í torr

- ▶ $0,357 \text{ atm} * (760 \text{ torr} / \text{atm}) = 271 \text{ torr}$

$$6,6 * 10^{-2} \text{ torr í atm}$$

$$6,6 * 10^{-2} \text{ torr} * (1 \text{ atm} / 760 \text{ torr}) = 8,7 * 10^{-5} \text{ atm}$$

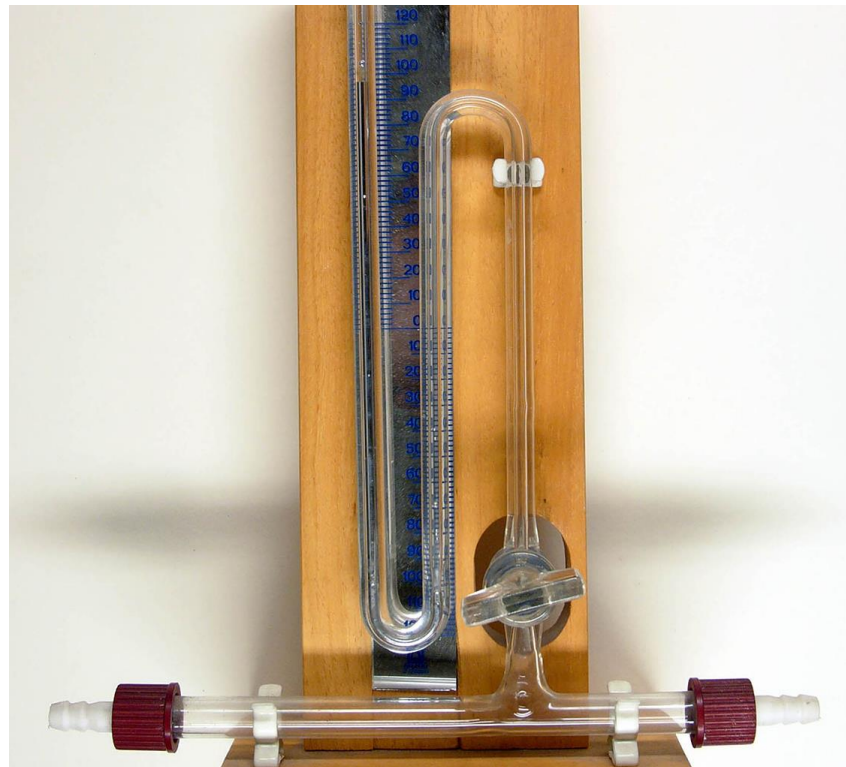
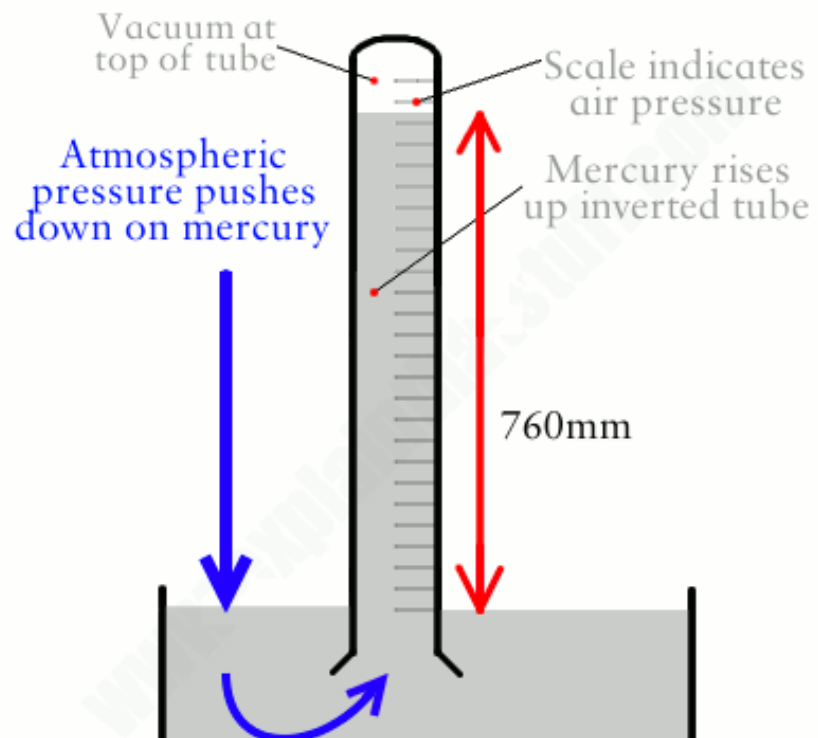
- ▶ 147,2 kPa í torr

- ▶ $147,2 \text{ kPa} * (760 \text{ torr} / 101,325 \text{ kPa}) = 1104 \text{ torr}$

$$902 \text{ mbar í atm}$$

$$902 \text{ mbar} * (1 \text{ bar} / 1000 \text{ mbar}) = 0,902 \text{ bar}$$

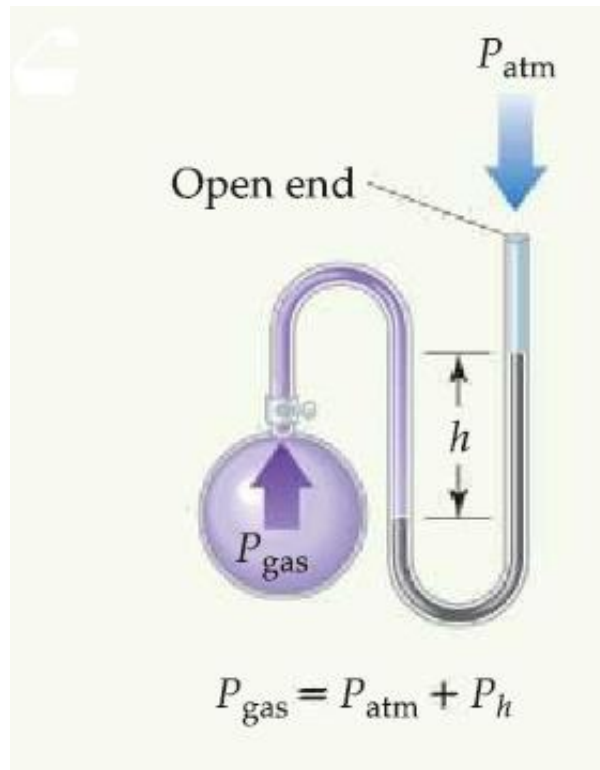
$$0,902 \text{ bar} * (1 \text{ atm} / 1,01325 \text{ bar}) = 0,890 \text{ atm}$$



Kvikasilfursmælar

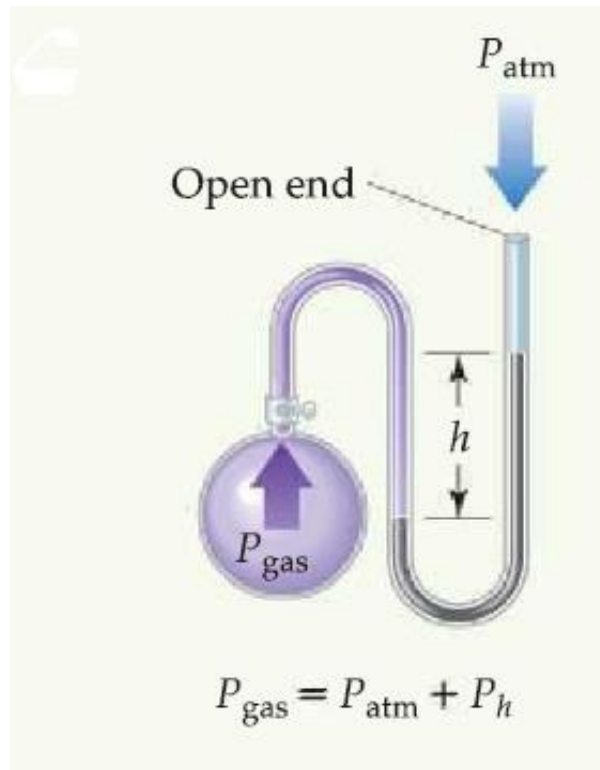
Sýnidæmi 10.2

Lesið úr kvikasilfursmæli

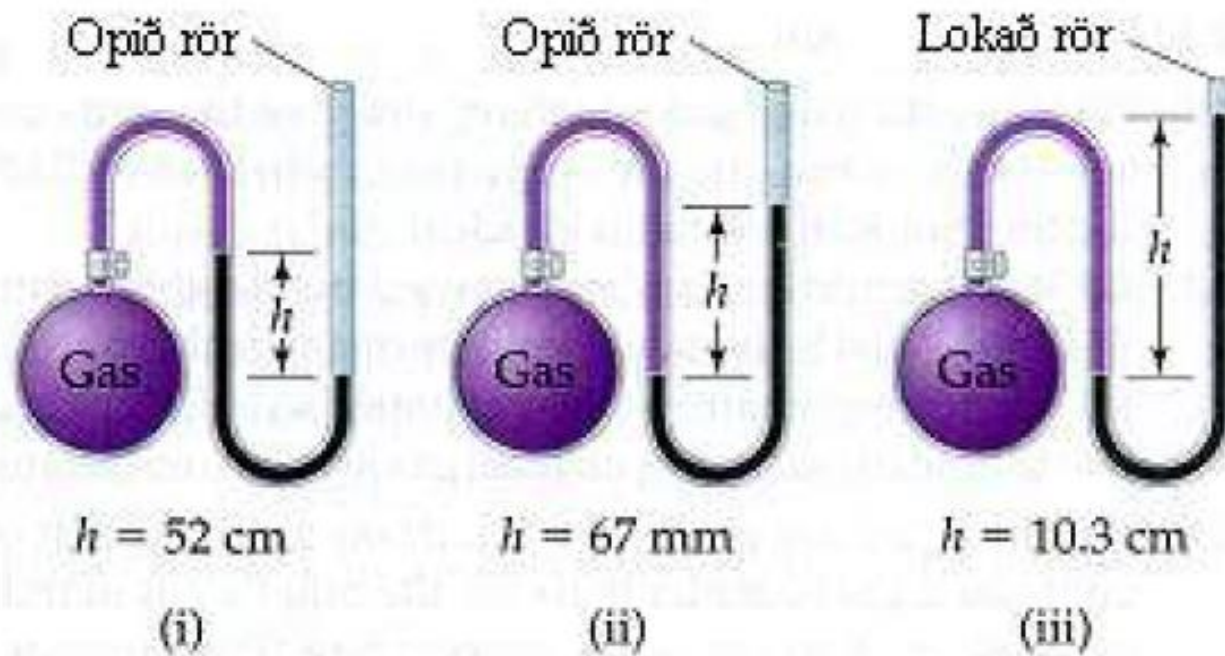


- ▶ Á sólríkum degi í vesturbæ Reykjavíkur er loftþrýstingurinn 764,7 torr. Á rannsóknarstofu á vegum Háskólans er gassýni geymt í flösku tengdri opnum kvikasilfursmæli. Mælistika við kvikasilfursmælinn metur mismuninn á kvikasilfursyfirborðinu sem 32,60 mm.
- ▶ Hver er þrýstingur gassins í flöskunni í atm?
- ▶ Hver er þrýstingurinn í kPa?

Lausn við sýnidæmi 10.2



- ▶ Sjáum á myndinni af mælinum að gasið er klárlega að ýta á kvikasilfrið
 - ▶ Sem segir okkur að þrýstingur gassins sé meiri en andrúmsloftsins!
 - ▶ Sem þýðir að þrýstingur gassins sé : $P_{gas} = P_{atm} + P_h$
- ▶ Setjum inn í jöfnuna:
- ▶ $P_{gas} = P_{atm} + P_h \Rightarrow P_{gas} = 764,7 \text{ torr} + 32,6 \text{ mmHg} = 797,3 \text{ torr}$
- ▶ Breytum torr í atm :
 - ▶ $797,3 \text{ torr} * \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ torr}} = 1,049 \text{ atm}$
- ▶ Breytum atm í kPa :
 - ▶ $1,049 \text{ atm} * \frac{101,3 \text{ kPa}}{1 \text{ atm}} = 106,3 \text{ kPa}$



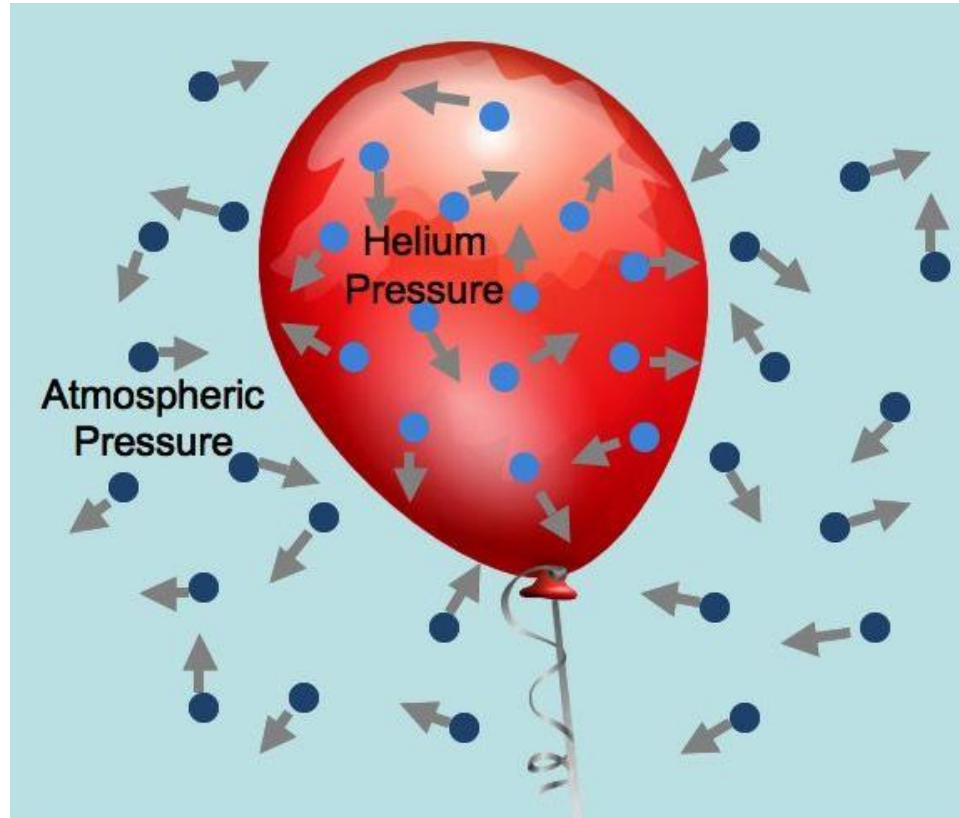
Hver er þrýstingurinn gasanna í dæmunum hér
að ofan ef P_{loft} er 0,975 atm

10.3 Gaslögmálin

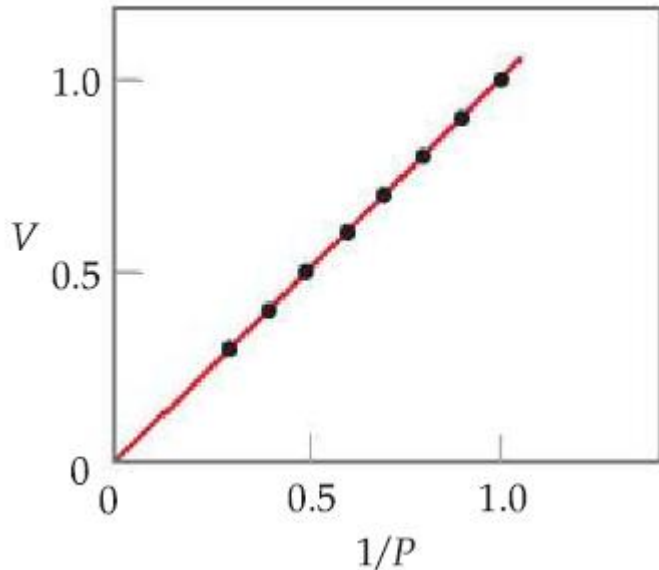
- ▶ Við þurfum fjórar breytur til að skilja ástandið „gas“ og hvernig það hegðar sér.
 - ▶ Hitastig (T)
 - ▶ Þrýsting (P)
 - ▶ Rúmmál (V)
 - ▶ Magn gassins sem er oftast nær mælt sem mól (n)
- ▶ Jöfnunar sem lýsa því hvernig þessar breytur tengjast og eru háðar hvor annarri kallast gaslögmálin.

Lögmál Boyle's

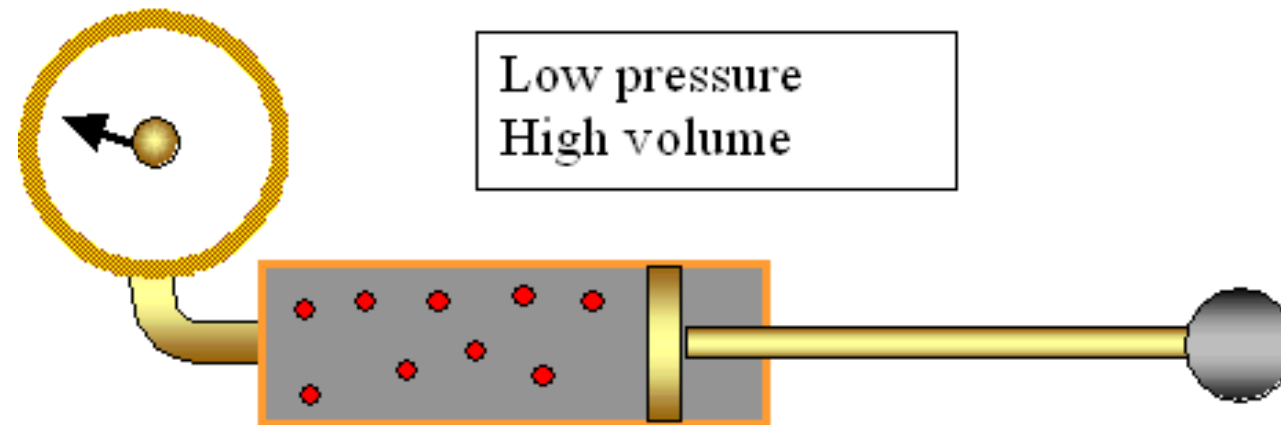
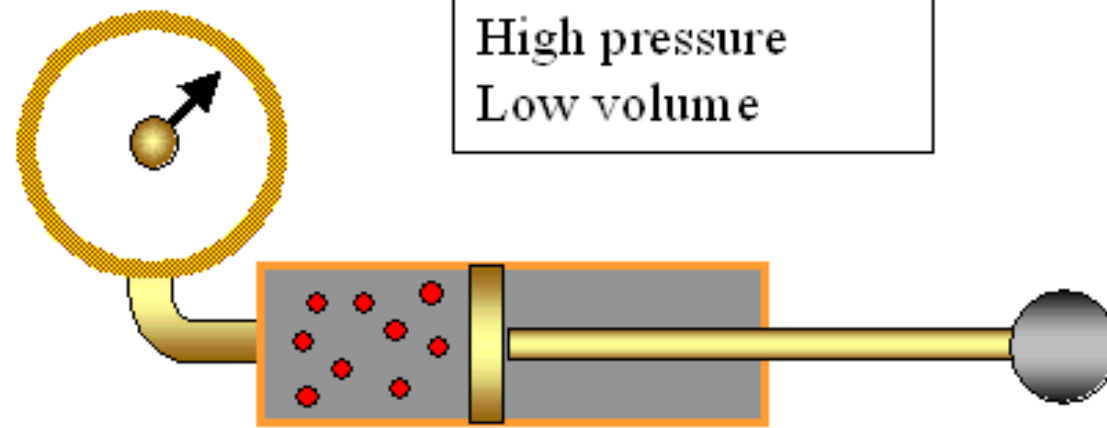
- ▶ Blaðra sem flýtur til himins mun stækka og stækka þar til hún springur.
 - ▶ Loftþrýstingur lækkar því ofar sem við förum (minna loft að ýta niður á okkur)
 - ▶ Því hærra sem blaðran fer eykst þrýstingurinn inn í henni því það er minna að ýta á móti henni.
 - ▶ Sýnitilraun.



Meira um Lögmál Boyle's



- ▶ Uppgötvað af Robert Boyle (1627 - 1691)
 - ▶ Stuttlega eftir notkun kvikasilfursmæla byrjaði
 - ▶ Fyrsta tilraunin skráð þar sem einni breytu er breytt!
- ▶ Formlega skilgreiningin :
 - ▶ Rúmmál fast magns gass við stöðugt hitastig er í öfugu hlutfalli við þrýstinginn.
- ▶ Setjum það upp stærðfræðilega :
- ▶ $V = \text{fasti} * \frac{1}{P}$ eða $P * V = \text{fasti}$



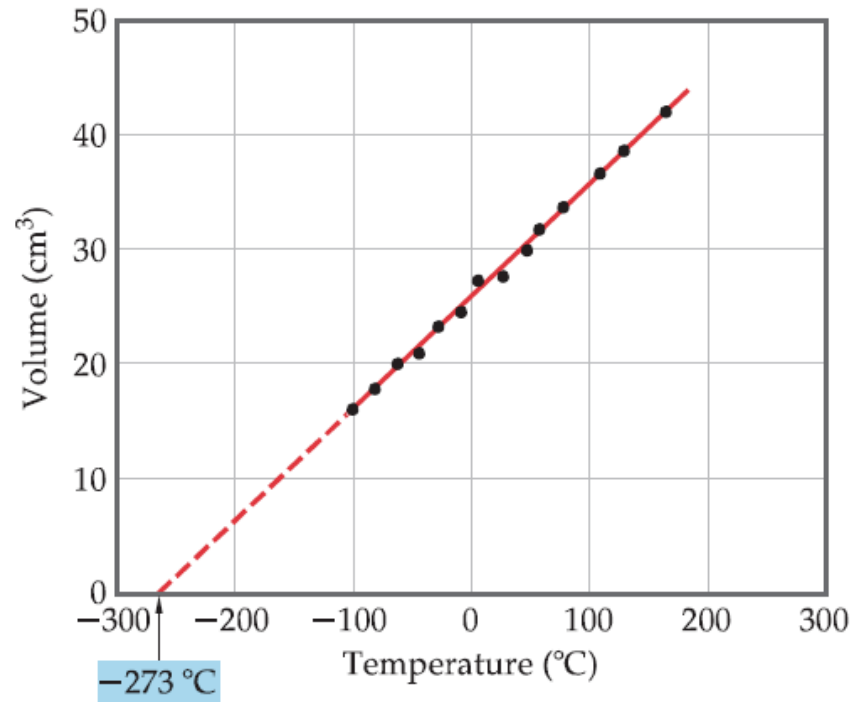


Lögmál Charles

- ▶ Við aukinn hita mun gas dreifa sér víðar
 - ▶ Gastegundir skreppa saman við kulda
- ▶ Þekkjum þetta úr daglegu lífi
 - ▶ Erfiðara að anda inn köldu lofti
 - ▶ Meiri hreyfing á köldu lofti
- ▶ Meikar sense ef við skoðum hvað hiti gerir við sameindir
 - ▶ Hiti eykur hreyfiorku sameinda
 - ▶ Hreyfast hraðar og klessa því oftár á
 - ▶ Fleiri árekstrar = meiri kraftur = meiri þrýstingur

Meira um lögmál Charles

- ▶ Uppgötvað 1787 af Jaques Charles
- ▶ Formlega skilgreiningin :
 - ▶ Rúmmál fast magns gass við jafnan þrýsting er í beinu hlutfalli við hitastig gassins.
- ▶ Sjáum að sambandið er línulegt.
- ▶ Sjáum einnig að rúmmálið er 0 við hitastigið $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ▶ Þekkjum þennan punkt sem alkul
 - ▶ Alkul er hitastigið þegar atóm hætta að hreyfast (hafa enga hreyfiorku)
 - ▶ Vitum að Kelvin skalinn er metinn við alkul.



Kelvin skalinn

- ▶ William Thomson stakk upp á Kelvin kvarðanum 1848
 - ▶ Var partur af House of Lords í Bretlandi undir titlinum Lord Kelvin
- ▶ Í stað þess að hafa tvo hitastigskvarða stakk Thomson upp á vísindalegri skala.
 - ▶ Celsius kvarði
 - ▶ Fahrenheit kvarði
- ▶ Kelvin kvarðinn er ekki notaður í daglegu tali en hann er mun gagnlegri í alla vísindalega reikninga og rök.
 - ▶ Alkul er við 0 K
 - ▶ Vatn sýður þá við 373,15 K sem er mjög óþjált fyrir eðlilega notkun.
- ▶ En lögmál Charles meikar meira sense sem og hitaútreikningar
 - ▶ Nánar um hita og varma í kafla 5

Meira um Lögmál Charles

- ▶ Ef við skoðum samband hita og rúmmáls stærðfræðilega getum við sett upp :
- ▶ $V = \text{fasti} * T$ eða $\frac{V}{T} = \text{fasti}$
 - ▶ Sem þýðir að ef V breytist þá verður T að breytast jafn mikið til að hlutfallið haldist sem fasti.
- ▶ Ef hitastigið er reiknað í Kelvin þá er tvöföldun í hita tvöföldun í rúmmáli.
- ▶ $T_{\text{Kelvin}} = T_{\text{celcius}} + 273,15$
- ▶ Munum nota Kelvin í flestum útreikningum héðan af!

Lögmál Avogadro's

- ▶ Uppgötvað af Gay-Lussac og Amadeus Avogadro
 - ▶ Sami Avogadros og er ábyrgur fyrir Avogadrosartölunni $6,022 \cdot 10^{23}$
- ▶ Snýst um samband magn gass og rúmmáls.
- ▶ Grunnhugmyndin er sú að þegar við bætum við magni þá eykst rúmmálið.
 - ▶ Sjáum þetta mjög auðveldlega með blöðrum.
- ▶ Hlutverk Gay - Lussac
 - ▶ Mikill töffari, átti metið í mestri hæð í loftbelg í marga áratugi (7 km árið 1804)
 - ▶ Árið 1808 kom hann með hugmyndina um „law of combining volumes“
 - ▶ Gös sem hvarfast saman við gera svo í föstum hlutföllum sem eru alltaf smáar og heilar tölur.

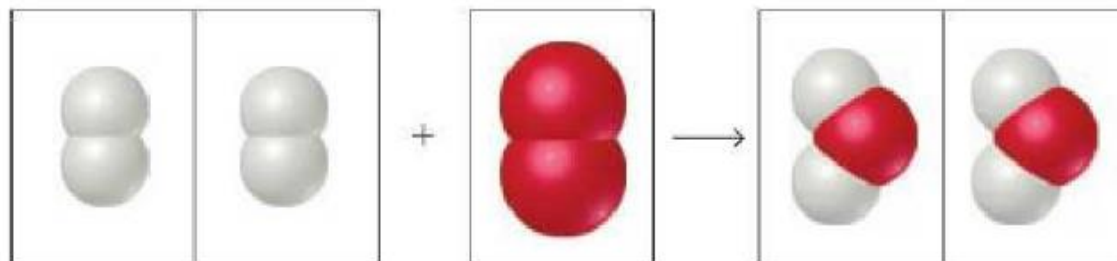
Observation

Two volumes
hydrogen

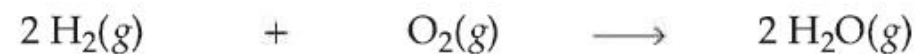
One volume
oxygen

Two volumes
water vapor

Explanation



Equation



◀ **Figure 10.10 The law of combining volumes.** Gay-Lussac's experimental observation of combining volumes is shown together with Avogadro's explanation of this phenomenon.

Hlutverk Avogadro

- ▶ Premur árum síðar betrumbætti Avogadro hugmyndir Lussac
- ▶ Hugmynd Avogadros : Gastegundir við sama rúmmál, hita og þrýsting innihalda jafn margar sameindir (mól)
 - ▶ Þetta hljómar vitleysa í byrjun en rannsóknir styðja niðurstöðuna og hún meikar meira sense eftir því sem við förum lengra.
 - ▶ Rannsóknir hans sýndu að 22,4 L af gastegund við 1,0 atm og 0°C inniheldur nákvæmlega eitt mól af sameindum ($6,022 \cdot 10^{23}$ sameindir)
- ▶ Formlega skilgreiningin : *Rúmmál gastegundar við fastan þrýsting og hitastig er í beinu hlutfalli við fjölda sameinda gastegundarinnar.*



Volume	22.4 L	22.4 L	22.4 L
Pressure	1 atm	1 atm	1 atm
Temperature	0 °C	0 °C	0 °C
Mass of gas	4.00 g	28.0 g	16.0 g
Number of gas molecules	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}

Meira um lögmál Avogadros

- ▶ Lögmálið meikar meira sense þegar við munum að til þess að vera á gasástandi þá þurfa sameindir að vera bæði :
 - ▶ Smáar í stærð
 - ▶ Léttar
- ▶ Sem gerir þeim auðvelt fyrir að vera dreifðar og lítill munur á hver sameindin er.
 - ▶ Munum líka að $6,022 * 10^{23}$ er mjög stór tala og þó að það sé skekkja á milli gastegunda þá munum við ekki auðveldlega taka eftir henni.
- ▶ Setjum upp lögmálið stærðfræðilega
 - ▶ $V = fasti * n$ eða $\frac{V}{n} = fasti$
 - ▶ *Sem þýðir að ef rúmmálið breytist ekki nema að mólafjöldinn breytist!*

Sýnidæmi 10.3

- ▶ Við erum með gas innilokað í stokki með pumpu og inntaki að neðan (sjá mynd)
- ▶ Hver verður breytingin á gasinu ef við :
 - ▶ A) Hitum gasið frá 298 K í 360 K án þess að pumpan hreyfist
 - ▶ B) Færum pumpuna niður svo að rúmmálið fer frá því að vera 1,0 L niður í 0,5 L
 - ▶ C) Bætum við gasi inn um inntakið án þess að færa pumpuna.



▲ **Figure 10.12** Cylinder with piston and gas inlet valve.

Lausn við sýnidæmi 10.3

- ▶ A) Þegar við aukum hitann á gasinu þá aukum við hreyfiorku sameindanna og þær ferðast hraðar og það verða fleiri árekstrar sem þýðir að þrýstingurinn eykst.
- ▶ B) Það að minnka rúmmálið gefur sameindunum minna rými sem þýðir að árekstrar verða algengari og þrýstingurinn eykst.
- ▶ C) Ef að pumpan færir ekki þá er rúmmálið ekki að aukast heldur eru fleiri sameindir að deila sama rýminu. Við það verða líka fleiri árekstrar og þrýstingurinn eykst.



▲ **Figure 10.12** Cylinder with piston and gas inlet valve.

10.4 Kjörgasjafnan

Skoðum gaslögmálin saman

► Lögmál Boyle's

► $V = \frac{1}{P} * \text{fasti}$

► Lögmál Charles

► $V = T * \text{fasti}$

► Lögmál Avogadrosar

► $V = n * \text{fasti}$

Sameinum þau í eitt lögmál

$$V = \frac{nT}{P} * \text{fasti}$$

Umritum gaslögmálin í eina jöfnu

- ▶ Sameinum fastann úr öllum gaslögmálunum í fastann R sem við köllum gasfastann.
- ▶ Umritum jöfnuna og setjum inn fastann R
- ▶ $PV = nRT$
 - ▶ Þar sem :
 - ▶ P er þrýstingur í einingunni atm
 - ▶ V er rúmmál í einingunni L
 - ▶ n er mólafjöldi
 - ▶ T er hitastig í einingunni Kelvin
 - ▶ R er gasfastinn
- ▶ Þessa jöfnu köllum við kjörgasjöfnuna og munum nota mikið !

Gasfastinn R

- ▶ Kjörgasjafnan gerir ráð fyrir :
 - ▶ Að sameindir gastegundarinnar hvarfist ekki við hvor aðra
 - ▶ Að samanlagt rúmmál sameindanna sé mun minna en rúmmálið sem gasið fyllir upp.
- ▶ Fyrir langflest tilfelli stenst það en það er hægt að leiðrétta fyrir það með flóknari útreikningum (ekki okkar vandamál eins og er)
- ▶ Fastinn R er leiðréttingarfasti sem bindur gaslög málin saman.
- ▶ Oftast nær er hann gefinn sem : $0,08206 \frac{L \cdot atm}{mól \cdot K}$

Mismunandi form gasfastans R

- ▶ Það eru til nokkrar útgáfur af gasfastanum
 - ▶ Eru í mismunandi einingum.
- ▶ Það eru tvær leiðir til að nota gasfastann
 - ▶ Breyta fastanum eftir því hvaða einingar eru í dæminu.
 - ▶ Breyta öðrum einingum eftir gasfastanum.
- ▶ Ég mæli með seinni leiðinni og það er leiðin sem ég mun kenna en þið megið nota báðar eins og þið viljið.

TABLE 10.2 ■ Numerical Values of the Gas Constant, R , in Various Units

Units	Numerical Value
L-atm/mol-K	0.08206
J/mol-K*	8.314
cal/mol-K	1.987
m ³ -Pa/mol-K*	8.314
L-torr/mol-K	62.36

*SI unit

Skoðum jöfnuna nánar

- ▶ Skoðum hvert rúmmálið á 1 móli af gastegund er við hitastigið 0°C og $1,0\text{ atm}$
- ▶ Skrifum jöfnuna sem : $PV = nRT$
- ▶ Umritum hana fyrir rúmmál : $V = \frac{nRT}{P}$
- ▶ Setjum inn gildin okkar :

- ▶
$$V = \frac{1\text{ mól} * 0,08206 \frac{\text{L} * \text{atm}}{\text{mól} * \text{K}} * (0 + 273,15)\text{ K}}{1,0\text{ atm}} = 22,41\text{ L}$$

- ▶ Sem er það sama og var í gaslög máli Avogadros !
 - ▶ Rúmmálið er það sama fyrir hvaða gastegund sem er ef Hitinn, fjöldi móla og þrýstingur er sá sami.

Umritanir jöfnunnar

- Getum umritað kjörgasjöfnuna þannig að við einangrum eina breytu

- $PV = nRT$

- Gerum það með einfaldri algebru en það vefst oft fyrir mörgum svo ég hef allar umritanirnar hérna fyrir ykkur!

- $T = \frac{PV}{nR}$

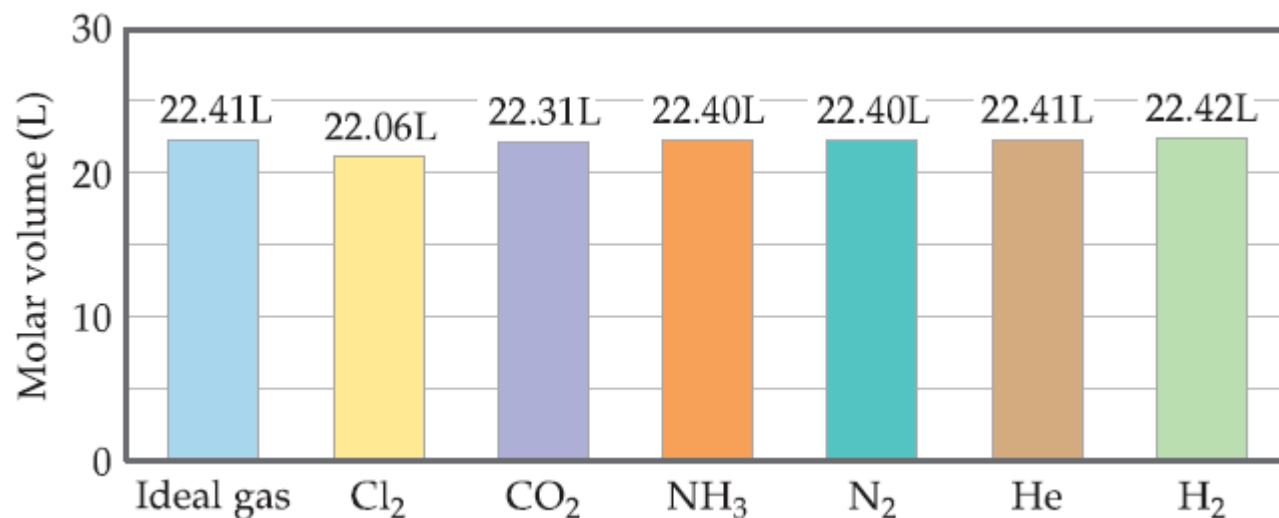
- $P = \frac{nRT}{V}$

- $n = \frac{PV}{RT}$

- $V = \frac{nRT}{P}$

Staðalaðstæður

- ▶ Aðstæðurnar eins og á glærunni á undan eru kallaðar staðalaðstæður
 - ▶ Það er þegar þrýstingurinn er 1,0 atm og hitastigið er 0 °C
 - ▶ Oftast stytt í STP og er skrifað þannig í bókinni.
 - ▶ Stendur fyrir standard temperature and pressure
- ▶ Grafið hérna fyrir neðan sýnir raungildi algengra gastegunda miðað við að áætla að það hegði sér sem kjörgas.



Sýnidæmi 10.4

- ▶ Kalsíumkarbonat, $\text{CaCO}_{3(s)}$ brotnar niður við hita og myndar $\text{CaO}_{(s)}$ og $\text{CO}_{2(g)}$.
- ▶ Sýni af kalsíumkarbonati er hitað og koldíoxíðinu safnað í 250 mL keilufloösku. Í lok hvarfsins er þrýstingurinn í floöskunni mældur sem 1,30 atm og hitastigið $31,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ▶ Hversu mörg mól af CO_2 var safnað ?

Sýnidæmi 10.4 - lausn

- ▶ Byrjum á því að umrita jöfnuna og einangrum fyrir mól.
- ▶ $n = \frac{PV}{RT}$
- ▶ Skoðum hvort að allar breytur okkar séu í réttum einingum og sjáum að við þurfum að breyta hitastiginu í Kelvin og rúmmálinu í Lítra!
 - ▶ $T = 31,0\text{ }^{\circ}\text{C} + 273,15 = 304,15\text{ K}$
 - ▶ $V = 250\text{ mL}$ sem eru $0,25\text{ L}$
- ▶ Setjum gildin okkar inn í jöfnuna :
 - ▶ $n = \frac{PV}{RT} = \frac{1,30\text{ atm} * 0,25\text{ L}}{0,08206 \frac{\text{L*atm}}{\text{mól*K}} * 304,15\text{ K}} = 0,013\text{ mól}$

Seinna dæmi í sýnidæmi 10.4

- ▶ Tennisboltar eru vanalega fylltir með andrúmslofti eða N_2 gasi við hærri loftþrýsting en andrúmslofts svo þeir skoppi betur.
- ▶ Ef tennisbolti hefur innra rúmmálið 144 cm^3 og inniheldur $0,33 \text{ g}$ af N_2 gasi, hver er þrýstingur gassins við $24,0 \text{ }^\circ\text{C}$?

Lausn við seinna sýnidæmi 10.4

- ▶ Byrjum á að skrifa umrituðu kjörgasjöfnuna þar sem við einangrum þrýstinginn.
- ▶ $P = \frac{nRT}{V}$
- ▶ Byrjum á að finna réttu einingarnar til að setja í jöfnuna.
 - ▶ $T = 24^{\circ}\text{C} + 273,15 = 297,15\text{ K}$
 - ▶ $n = \frac{m}{M} = \frac{0,33\text{ g}}{2 \cdot 14,007 \frac{\text{g}}{\text{mól}}} = 0,01178\text{ mól}$
 - ▶ Vitum að $1\text{ cm}^3 = 1\text{ mL}$ sem þýðir að $144\text{ cm}^3 = 144\text{ mL} = 0,144\text{ L}$
- ▶ $P = \frac{0,01178\text{ mól} \cdot 0,08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mól} \cdot \text{K}} \cdot 297,15\text{ K}}{0,144\text{ L}} = 1,9947\text{ atm} = 2,0\text{ atm}$