

# Kap 5. Gasser

- Gasslover
- Ideell gasslov
- Gassblandinger og reaksjoner
- Partialtrykk og Daltons lov
- Reelle gasser



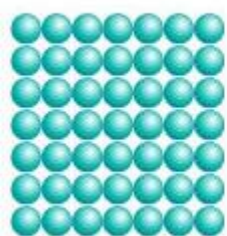
Hot Air Balloon Taking Off from the Ski Resort of Chateau d'Oex in the Swiss Alps

# Hva er gass?

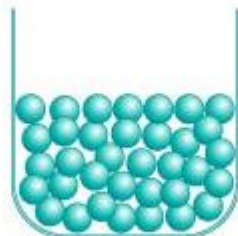
- Stoff uten fast form eller fast volum.
- Partiklene beveger seg i en rett linje til de støter på noe
- Ofte målt i trykk

$$\text{trykk} = \frac{\text{kraft}}{\text{arealenhet}}$$

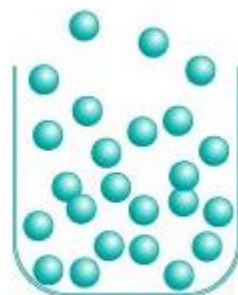
$$P = \frac{F}{A} = \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$



Solid



Liquid



Gas



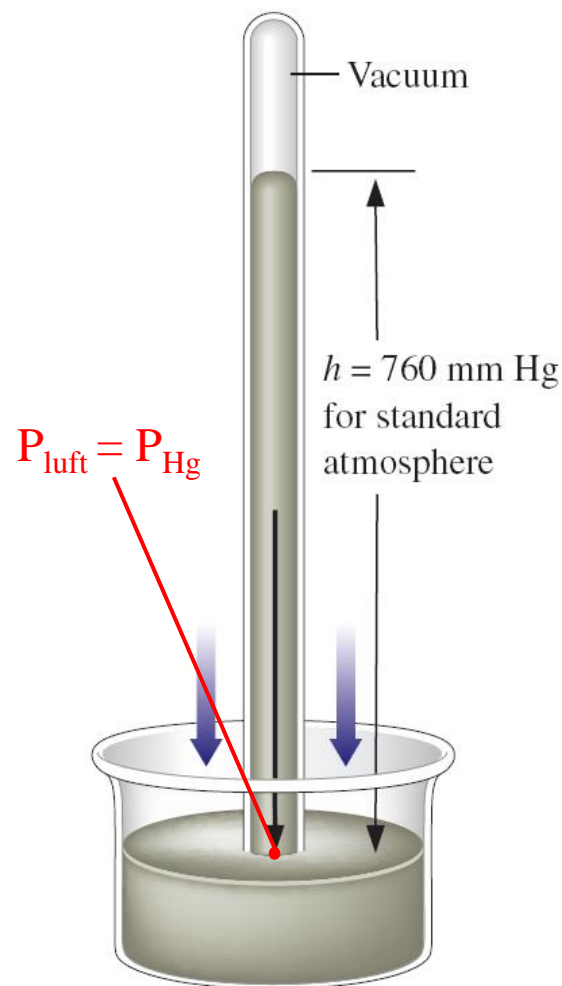
NTNU

Innovation and Creativity

## 5.1 Tidlige eksperimenter

- Torricelli fant ut at luft i atmosfæren utøver et trykk
- Designet det første barometeret
- Normalt lufttrykk = Hg-søyle på 76 cm

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr}$$



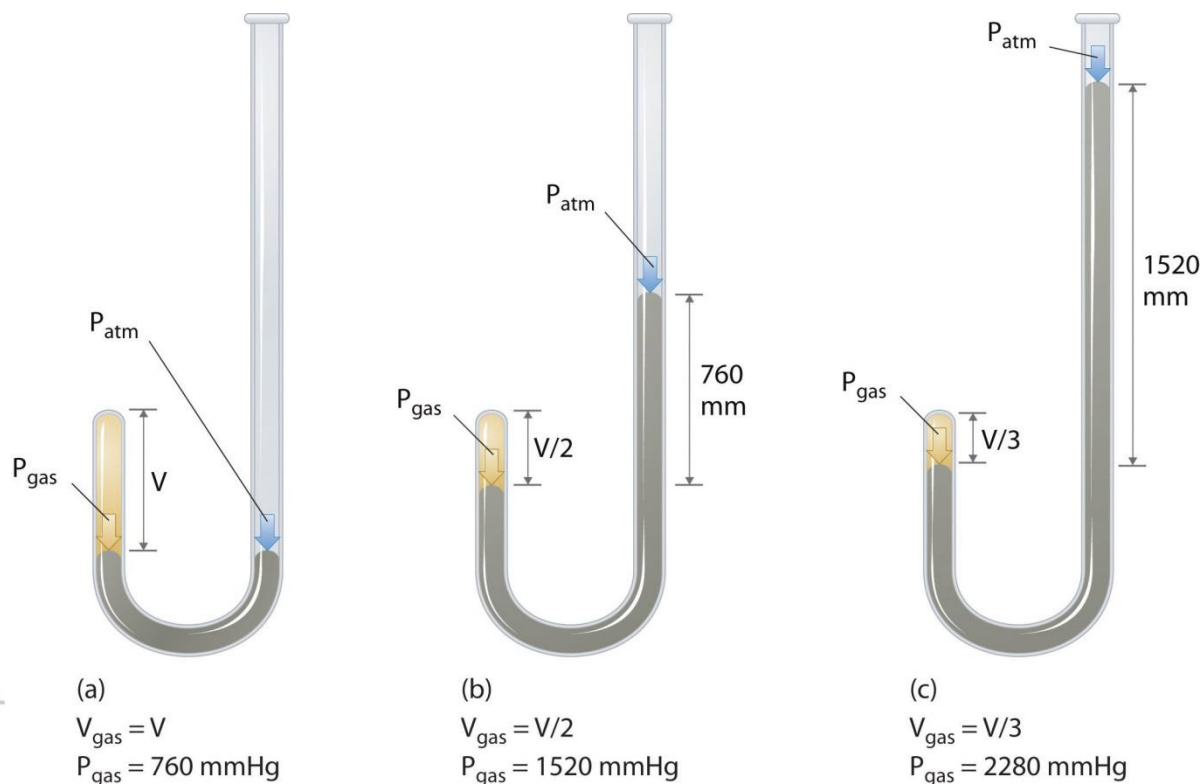
# Enheter for trykk

- Torr
  - Etter Torrecelli
  - $1 \text{ Torr} = 1 \text{ mmHg}$
- Pascal
  - SI-enheten ( $\text{Pa} = \text{N/m}^2 = \text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$ )
  - $1 \text{ Pa} = 7,501 \cdot 10^{-3} \text{ mmHg}$
- Atmosfære
  - Normalt lufttrykk
  - $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$
  - $1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  ← Upraktisk stort tall
- Bar
  - $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Se tabell i SI  
Chemical Data  
(Tabell 4)

## 5.2 Gasslover

- Boyle:  
Utførte kvantitative målinger med gasser og deres trykk og volum (med konstant temperatur)



# Boyles lov

**TABLE 5.1**

Actual Data from Boyle's Experiments

Volume (in <sup>3</sup> )	Pressure (in Hg)	Pressure × Volume (in Hg × in <sup>3</sup> )
48.0	29.1	$14.0 \times 10^2$
40.0	35.3	$14.1 \times 10^2$
32.0	44.2	$14.1 \times 10^2$
24.0	58.8	$14.1 \times 10^2$
20.0	70.7	$14.1 \times 10^2$
16.0	87.2	$14.0 \times 10^2$
12.0	117.5	$14.1 \times 10^2$

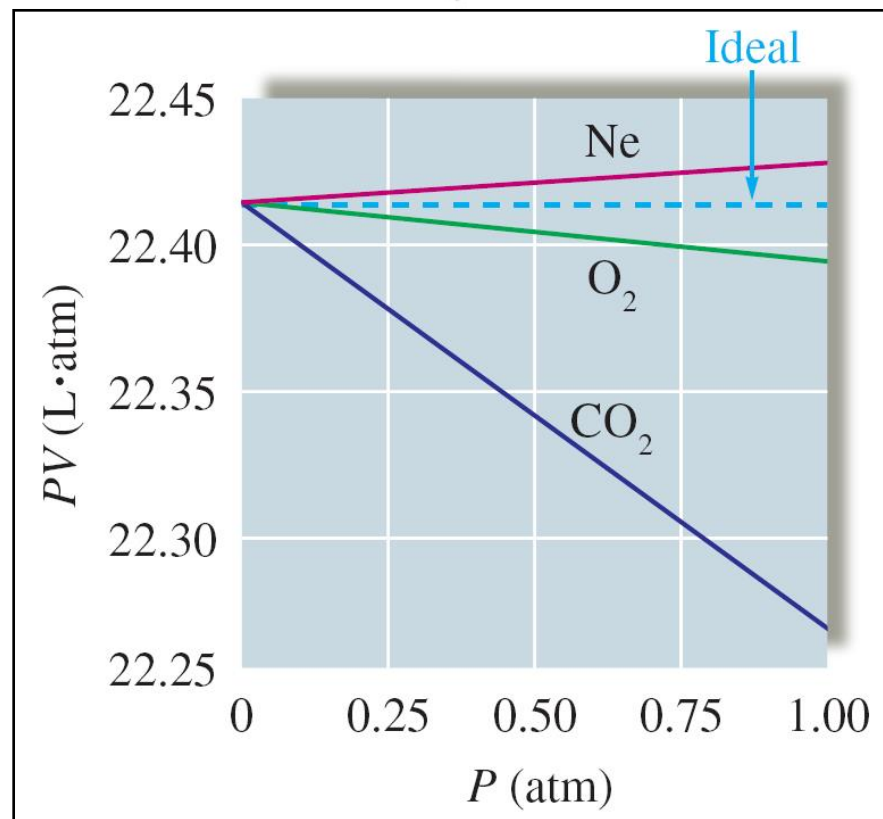
**Boyles lov:**

$$P \cdot V = \textit{konst}$$

$$V = k \cdot \frac{1}{P}$$

(ved konstant T og n)

- I praksis:  
De fleste gasser avviker fra loven hvis man gjør nøyaktige målinger  
=> **reelle gasser**
- **Ideell gass:** En gass som følger Boyles lov



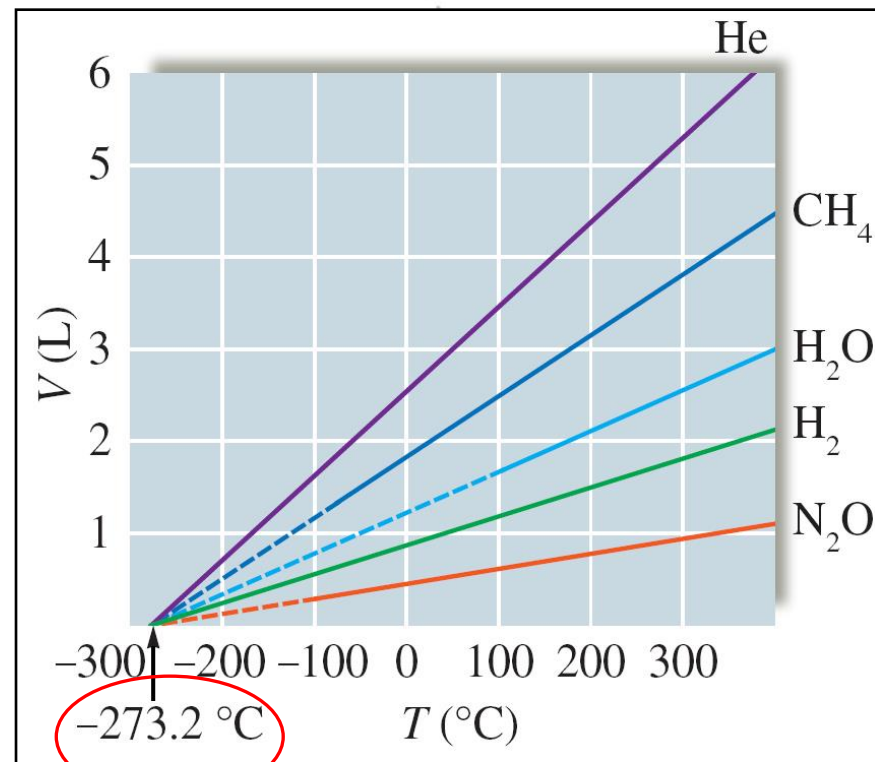
# Charles' lov

- Ved konstant trykk og stoffmengde øker gassvolumet lineært med temperaturen

$$V = b \cdot T$$

Obs!  
T i Kelvin!

$$\text{Temperatur (K)} = 0^{\circ}\text{C} + 273.15$$



Absolutte nullpunkt  
= 0 Kelvin



# Avogadros lov

$$V = a \cdot n$$

=> For en gass ved konstant T og P er volumet proporsjonalt med antall mol gass

## 5.3 Den ideelle gasslov

Boyle's law:  $V = \frac{k}{P}$  (at constant  $T$  and  $n$ )

Charles's law:  $V = bT$  (at constant  $P$  and  $n$ )

Avogadro's law:  $V = an$  (at constant  $T$  and  $P$ )

Kan kombineres til **den ideelle gasslov**

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

↑  
Gasskonstanten

$$R = 0,08206 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ når } P [\text{atm}] \text{ og } V [\text{L}]$$

$$R = 8,31451 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ når } P [\text{Pa}] \text{ og } V [\text{m}^3]$$

# Den ideelle gasslov

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

- Empirisk ligning som gjelder for ideell gass
- Reelle gasser ligner mest på ideelle gasser ved
  - Lavt trykk
  - Høy temperatur

## 5.4 Gasstøkiometri

- Standardtilstand (STP) for gass:

$$T = 0\text{ °C} = 273,2\text{ K}$$

$$P = 1\text{ atm}$$

- Molart volum:** volumet av 1 mol gass ved STP

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1\text{ mol} \cdot 0,08206\text{ LatmK}^{-1}\text{ mol}^{-1} \cdot 273,2\text{ K}}{1\text{ atm}} = 22,42\text{ L}$$

Molart volum av ideell gass: 22,42 L

**TABLE 5.2**

**Molar Volumes for Various Gases at 0°C and 1 atm**

Gas	Molar Volume (L)
Oxygen (O <sub>2</sub> )	22.397
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	22.402
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	22.433
Helium (He)	22.434
Argon (Ar)	22.397
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	22.260
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	22.079

- **Molar masse** til en gass kan finnes fra tetthet, trykk og temperatur.

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{\frac{m}{M}RT}{V} = \frac{dRT}{M}$$

Diagram illustrating the derivation of the formula for molar mass ( $M$ ) from density ( $d$ ), pressure ( $P$ ), and temperature ( $T$ ).

The equation shows the ideal gas law  $P = \frac{nRT}{V}$  being transformed into  $P = \frac{dRT}{M}$  by substituting  $n = \frac{m}{M}$  and  $d = \frac{m}{V}$ .

$$\Rightarrow M = \frac{dRT}{P}$$

## 5.5 Daltons lov

- Enhver gass vil oppføre seg som om den var alene i tilgjengelig volum
- Kalles partialtrykk;  $P_A$ ,  $P_B$ ,  $P_C$ , ...
- Totaltrykket vil være summen av partialtrykkene (**Daltons lov**):

$$P_{\text{tot}} = P_A + P_B + P_C + \dots$$



- Totaltrykk i en gassblanding

$$\begin{aligned} P_{tot} &= P_A + P_B + P_C + \dots = \frac{n_A RT}{V} + \frac{n_B RT}{V} + \frac{n_C RT}{V} + \dots \\ &= n_A + n_B + n_C + \dots \frac{RT}{V} = n_{tot} \frac{RT}{V} \end{aligned}$$

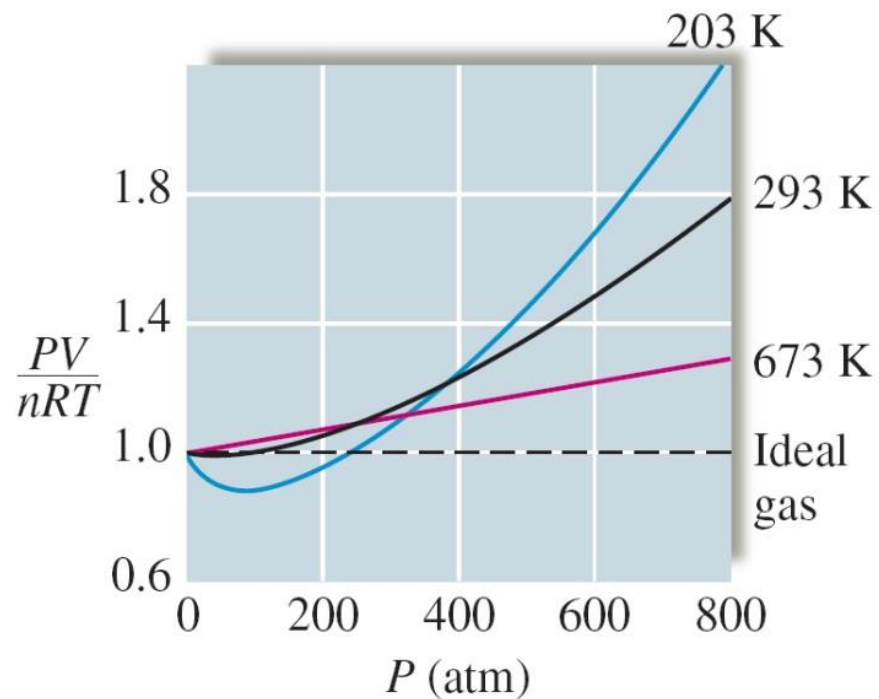
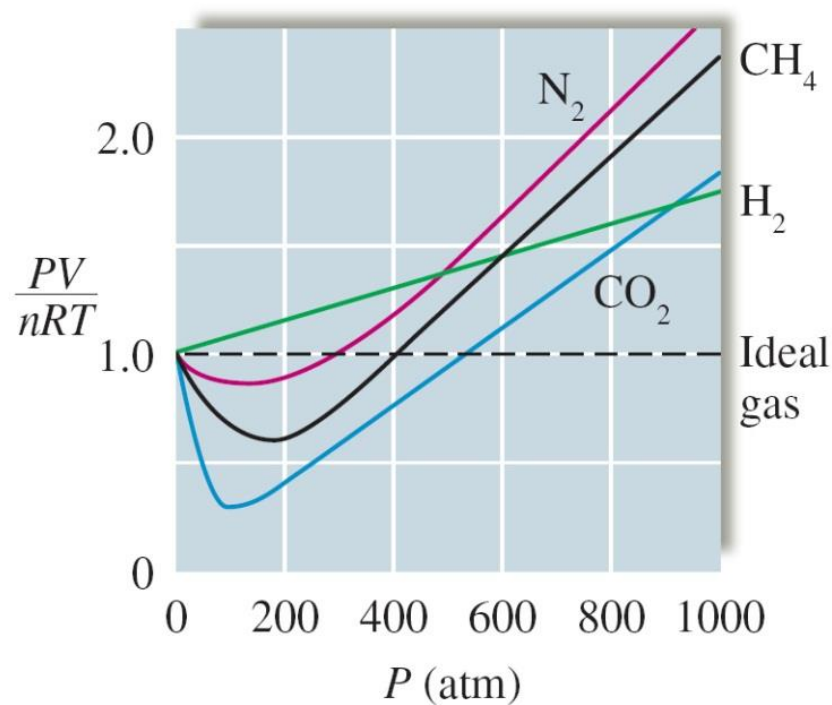
- Molfraksjon:  
= antall mol av en komponent i forhold til totalt antall mol

$$\chi_A = \frac{n_A}{n_{tot}} = \frac{P_A}{P_{tot}}$$

$$P_A = \chi_A \cdot P_{tot}$$



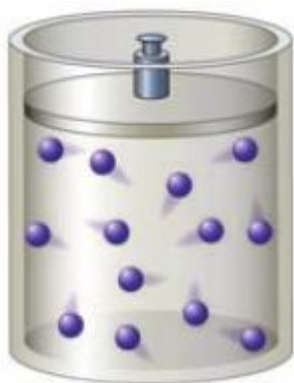
# 5.10-11 Reelle gasser



# Ideelle vs. Reelle gasser

## Ideell gass

- Gasspartiklene har null volum
- Ingen interaksjon mellom partiklene



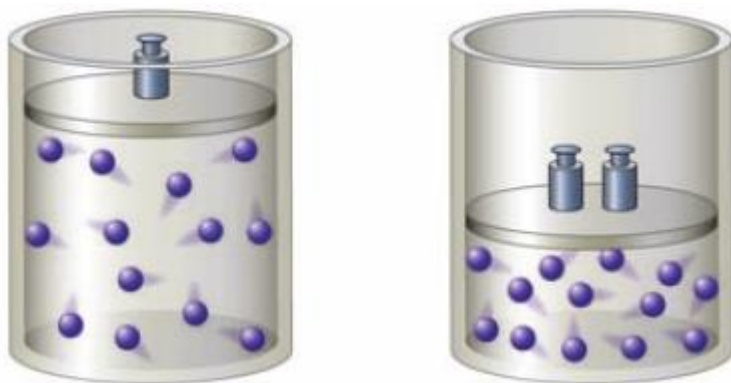
## Reell gass

- Gasspartiklene har et volum – mindre ledig plass
- Tiltrekningskrefter mellom partiklene – lavere trykk

# Korrigerering av volum

- Tilgjengelig volum bli mindre pga partiklenes egenvolum.
- Spesielt tydelig ved høyt trykk

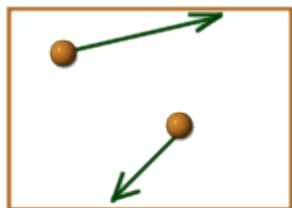
$$V_{\text{tilgjengelig}} = V - nb \quad \Rightarrow \quad P' = \frac{nRT}{(V - nb)}$$



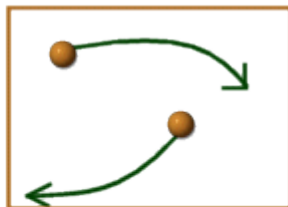
# Korrigerering av trykk

- Trykk i reell gass er mindre enn ventet utfra ideell gasslov. Pga tiltrekningskrefter mellom molekylene (van der Waalske krefter)

$$P_{obs} = P' - a \left( \frac{n}{V} \right)^2$$



Ideal - no IMF  
straight paths



Real - with IMF  
curved paths

# van der Waals ligning

$$P_{obs} = \frac{nRT}{\underbrace{(V - nb)}_{\text{volumkorreksjon}}} - \underbrace{a\left(\frac{n}{V}\right)^2}_{\text{trykkorreksjon}}$$

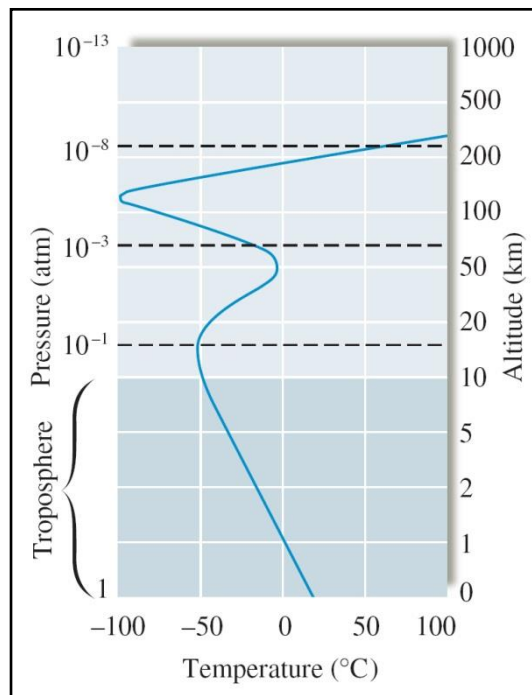
$$\left[ P_{obs} + a\left(\frac{n}{V}\right)^2 \right] (V - nb) = nRT$$

Obs!

Bruk ideell gasslov hvis ikke annet er oppgitt!

## 5.12 Hva skjer i atmosfæren?

- Mest tilstede:  $\text{N}_2$  og  $\text{O}_2$ . Men også andre gasser som  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , Ar,...
- Sammensetning i atmosfæren ikke konstant på grunn av gravitasjon
- Trykk/temperatur endres sfa høyde over havet



**TABLE 5.4**

Atmospheric Composition Near Sea Level (dry air)\*

Component	Mole Fraction
$\text{N}_2$	0.78084
$\text{O}_2$	0.20946
Ar	0.00934
$\text{CO}_2$	0.000345
Ne	0.00001818
He	0.00000524
$\text{CH}_4$	0.00000168
Kr	0.00000114
$\text{H}_2$	0.0000005
NO	0.0000005
Xe	0.000000087

\*The atmosphere contains various amounts of water vapor, depending on conditions.

# Øverste del av atmosfæren

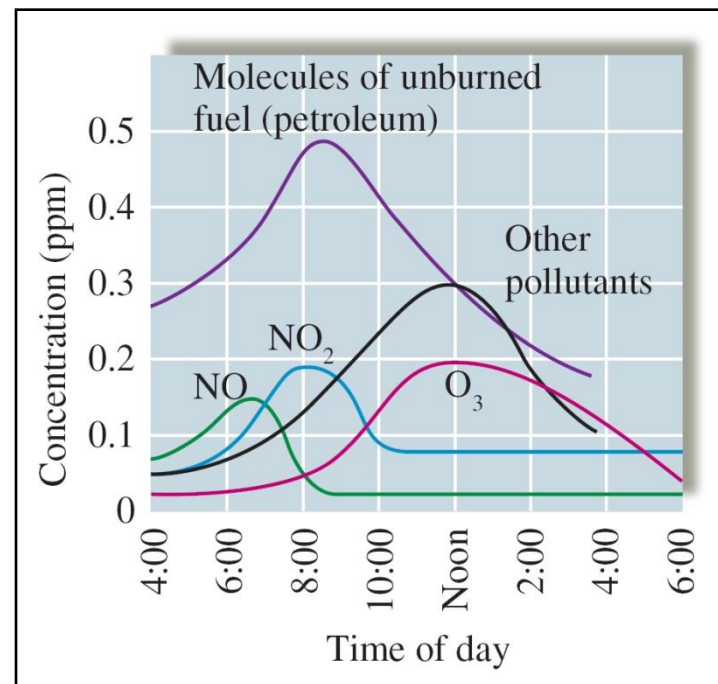
- Kjemien hovedsakelig bestemt av effekter fra
  - høy-energi stråling
  - partikler fra sola / verdensrommet
- Viktig skjold for å forhindre at stråling treffer jordoverflata
- eks: Ozon ( $O_3$ ) stopper UV-stråling

# Gasser i troposfæren

- Sterkt påvirket av menneskelig aktivitet
- Forurensing i hovedsak fra
  - transport
  - strømproduksjon

- Transport:
  - Bensin forbrennes til CO, CO<sub>2</sub>
  - O<sub>2</sub> og N<sub>2</sub> → NO → NO<sub>2</sub>
  - NO<sub>2</sub> (g) → NO(g) + O(g) vha solenergi
  - O(g) + O<sub>2</sub>(g) → O<sub>3</sub>(g)
  - Ozon er også veldig reaktivt

=> (NO)<sub>x</sub> og O<sub>3</sub>



Innovation and Creativity



## Strømproduksjon:

- Kull inneholder en del svovel:
  - $\text{S} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g})$
  - $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g})$
  - $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$  ved å reagere med vanndråper i lufta
- Svovelsyre er veldig korrosivt
- Sur nedbør
- Mottiltak
  - Bruke kull med mindre S
  - Fjerne  $\text{SO}_2$  (ved utfelling av  $\text{CaSO}_3(\text{s}) \rightarrow$  scrubbing)

# Sur nedbør

- $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$
- $2 \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$
- $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g})$   
 $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$



# Fra eksamen 2005

## Oppgave 1

- a) Skriv reaksjonsligning for reaksjonen mellom natriummetall og vann.
- b) Natriuminnholdet i natriumamalgam (en legering av natrium og kvikksølv) reagerer med vann mens kvikksølvet forblir ureagert. En prøve på 2,00 g natriumamalgam reagerte med vann og det ble dannet 57,3 mL hydrogen, målt som tørr gass ved 1 atm og 23 °C. Beregn vektprosent natrium i prøven.
- c) Konsentrasjon i løsninger angis oftest som molaritet, molalitet, molbrøk (molprosent) eller vektprosent.
- Definer hver av disse begrepene
  - Beregn molbrøken av natrium i prøven i pkt. a.

# Fra eksamen 2006

## Oppgave 1

- a) Skriv reaksjonsligningen når hvert av metallene  $\text{Al(s)}$  og  $\text{Zn(s)}$  reagerer med  $\text{HCl (aq)}$ .
- b) En metallpulverblanding består av  $\text{Al(s)}$  og  $\text{Zn(s)}$ . 4,36 g av blandingen tilsettes saltsyre. Når alt metall har reagert, er det utviklet 2,81 L hydrogengass. Gassen samles opp over løsningen ved  $20^\circ\text{C}$  og 756 Torr. (Damptrykket av saltsyren antas tilnærmet lik damptrykket over rent vann.) Hvor mange mol  $\text{H}_2(\text{g})$  inneholder gassen?
- c) Beregn molbrøken av henholdsvis  $\text{Al(s)}$  og  $\text{Zn(s)}$  i den opprinnelige metallpulverblanding.