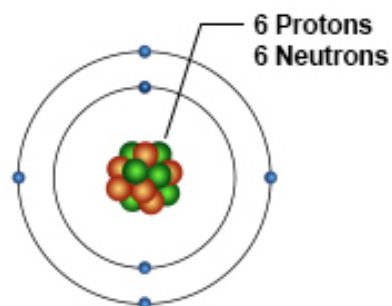


Kap 3. Støkiometri

- Atommasse
- Mol-begrepet
- Molar masse
- Bestemmelse av kjemisk formel for forbindelser
- Kjemiske reaksjoner
- Balansere kjemiske reaksjoner
- Beregninger ifbm kjemiske reaksjoner

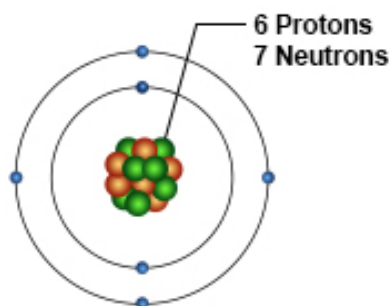
3.1 Atommasse

NATURAL ISOTOPES OF CARBON



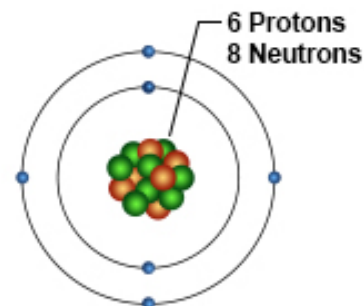
Carbon-12
(6P + 6N)

Atomic Mass = 12 u
Abundance: 98.89%



Carbon-13
(6P + 7N)

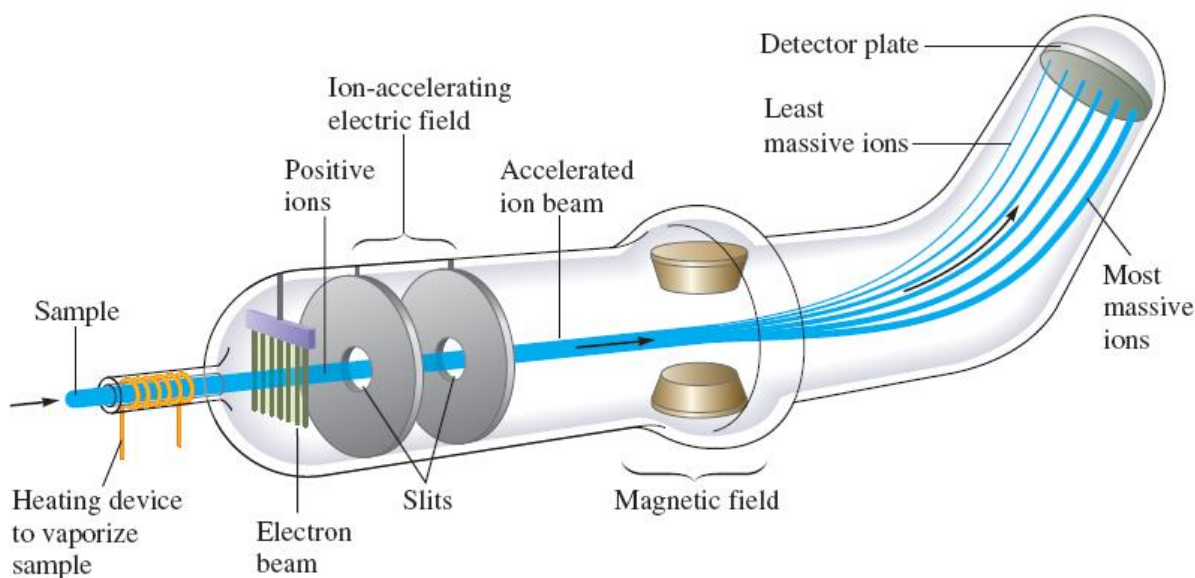
Atomic Mass = 13.00335 u
Abundance: 1.109%



Carbon-14
(6P + 8N)

Atomic Mass = 14.003241 u
Abundance: 1 Part Per Trillion
Half-life: $5,730 \pm 40$ Years

- Standard: 1 amu = 1/12 av massen til et atom av ^{12}C
- Massen av alle nukleider kan bestemmes ved å måle massen relativt til ^{12}C



- Grunnstoffer finnes naturlig som en blanding av flere ulike **isotoper**
- Atommassen vi benytter er gjennomsnittmassen for isotopene

Eks. Karbon:

$$\underbrace{98,89 \% \cdot 12 \text{ amu}}_{^{12}\text{C}} + \underbrace{1,11 \% \cdot 13,0034 \text{ amu}}_{^{13}\text{C}} = 12,01 \text{ amu}$$

Atommassen til C

SI-enheter

Egenskap	Enhet	Symbol for enhet
elektrisk strøm	ampere	A
masse	kilogram	kg
lengde	meter	m
tid	sekund	s
temperatur	kelvin	K
stoffmengde	mol	mol
lysstyrke	candela	cd

Avledede enheter: f.eks. hertz, newton, joule, volt, tesla...

Joule (enhet for energi): $J = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$

SI-enheten for volum blir m^3 . Men i kjemien bruker vi stort sett dm^3 eller liter.

3.2 Stoffmengde (mol)

- Definisjon: **Et mol er en stoffmengde som tilsvarer antall atomer i 12 g ren ^{12}C**
- Antallet atomer i 12 g ren ^{12}C :
 - $6,022141 \times 10^{23}$ **Avogadros tall, N_A**

Mengdeenheter

◀	Størrelse	▶	Bruksområde	▶
dusin	= 12 stk.		Småvarer, knapper, skruer	
gross	= 12 dusin = 144 stk.		Småvarer, knapper, skruer	
keg	= 3 snes = 60 stk.		Fisk	
kiste	= 48 flasker		Fransk rødvin	
	= 225 plater		Hvitblikk	
lest	= 12 barrel = 14 400 stk.		Sild	
	= 144 stk.		Huder, skinn	
	= 12 sekker		Ull	
mol	= 6,022 141 $29 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = N_A$ (Avogadro-konstanten)		SI-enhet for antall atomer, molekyler, partikler	
ol	= 4 snes = 80 stk		Sild	
par	= 2 stk.			
ris	= 20 bøker = 500 ark		Papir	
simmer	= 4 deker = 40 stk.		Huder, skinn	
skokk	= 3 snes = 60 stk.		Egg, fisk	
snes	= 20 stk.		Egg, fisk	



NTNU

Innovation and Creativity

$$1 \text{ mol} = 6,022 \times 10^{23}$$

Hva er forholdet mellom amu og g?

Hva veier 1 mol H-atomer i g?

Angir både:

- Massen av **1 atom** i **amu** (atommasse) og
- Massen av **1 mol** atomer i **gram** (molar masse / molvekt)

1

IA

11A

2

IIA

2A

13

IIIA

3A

14

IVA

4A

15

VA

5A

16

VIA

6A

17

VIIA

7A

18

VIIIA

8A

1

H

Hydrogen

1.008

2

He

Helium

4.003

3

Li

Lithium

6.941

4

Be

Beryllium

9.012

5

B

Boron

10.811

6

C

Carbon

12.011

7

N

Nitrogen

14.007

8

O

Oxygen

15.999

9

F

Fluorine

18.998

10

Ne

Neon

20.180

11

Na

Sodium

22.990

12

Mg

Magnesium

24.305

13

Al

Aluminum

26.982

14

Si

Silicon

28.086

15

P

Phosphorus

30.974

16

S

Sulfur

32.066

17

Cl

Chlorine

35.453

18

Ar

Argon

39.948

19

K

Potassium

39.098

20

Ca

Calcium

40.078

21

Sc

Scandium

44.956

22

Ti

Titanium

47.88

23

V

Vanadium

50.942

24

Cr

Chromium

51.996

25

Mn

Manganese

54.938

26

Fe

Iron

55.933

27

Co

Cobalt

58.933

28

Ni

Nickel

58.693

29

Cu

Copper

63.546

30

Zn

Zinc

65.39

31

Ga

Gallium

69.732

32

Ge

Germanium

72.61

33

As

Arsenic

74.922

34

Se

Selenium

78.09

35

Br

Bromine

79.904

36

Kr

Krypton

84.80

37

Rb

Rubidium

84.468

38

Sr

Strontium

87.62

39

Y

Yttrium

88.906

40

Zr

Zirconium

91.224

41

Nb

Niobium

92.906

42

Mo

Molybdenum

95.94

43

Tc

Technetium

98.907

44

Ru

Ruthenium

101.07

45

Rh

Rhodium

102.906

46

Pd

Palladium

106.42

47

Ag

Silver

107.868

48

Cd

Cadmium

112.411

49

In

Indium

114.818

50

Sn

Tin

118.71

51

Sb

Antimony

121.760

52

Te

Tellurium

127.6

53

I

Iodine

126.904

54

Xe

Xenon

131.29

55

Cs

Cesium

132.905

56

Ba

Barium

137.327

57-71

72

Hf

Hafnium

178.49

73

Ta

Tantalum

180.948

74

W

Tungsten

183.85

75

Re

Rhenium

168.207

76

Os

Osmium

190.23

77

Ir

Iridium

192.22

78

Pt

Platinum

195.08

79

Au

Gold

196.967

80

Hg

Mercury

200.59

81

Tl

Thallium

204.383

82

Pb

Lead

207.2

83

Bi

Bismuth

208.980

84

Po

Polonium

[208.982]

85

At

Astatine

209.987

86

Rn

Radon

222.018

87

Fr

Francium

223.020

88

Ra

Radium

226.025

89-103

104

Rf

Rutherfordium

[261]

105

Db

Dubnium

[262]

106

Sg

Seaborgium

[266]

107

Bh

Bohrium

[264]

108

Hs

Hassium

[269]

109

Mt

Meitnerium

[268]

110

Ds

Darmstadtium

[269]

111

Rg

Roentgenium

[272]

112

Cn

Copernicium

[277]

113

Uut

Ununtrium

unknown

114

Fl

Flerovium

[289]

115

Uup

Ununpentium

unknown

116

Lv

Livermorium

[298]

117

Uus

Ununseptium

unknown

118

Uuo

Ununoctium

unknown

1

IA

11A

2

IIA

2A

3

IIIB

3B

4

IVB

4B

5

VB

5B

6

VIB

6B

7

VIIB

7B

8

VIII

8

9

VIII

8

10

VIII

8

11

IB

1B

12

IIB

2B

1

H

Hydrogen

1.008

2

He

Helium

4.003

3

Li

Lithium

6.941

4

Be

Beryllium

9.012

5

B

Boron

10.811

6

C

Carbon

12.011

7

N

Nitrogen

14.007

8

O

Oxygen

15.999

9

F

Fluorine

18.998

10

Ne

Neon

20.180

11

Na

Sodium

22.990

12

Mg

Magnesium

24.305

13

Al

Aluminum

26.982

14

Si

Silicon

28.086

15

P

Phosphorus

30.974

16

S

Sulfur

32.066

17

Cl

Chlorine

35.453

18

Ar

Argon

39.948

19

K

Potassium

39.098

20

Ca

Calcium

40.078

21

Sc

Scandium

44.956

22

Ti

Titanium

47.88

23

V

Vanadium

50.942

24

Cr

Chromium

51.996

25

Mn

Manganese

54.938

26

Fe

Iron

55.933

27

Co

Cobalt

58.933

28

Ni

Nickel

58.693

29

Cu

Copper

63.546

30

Zn

Zinc

65.39

31

Ga

Gallium

69.732

32

Ge

Germanium

72.61

33

As

Arsenic

74.922

34

Se

Selenium

78.09

35

Br

Bromine

79.904

36

Kr

Krypton

84.80

37

Rb

Rubidium

84.468

38

Sr

Strontium

87.62

39

Y

Yttrium

88.906

40

Zr

Zirconium

91.224

41

Nb

Niobium

92.906

42

Mo

Molybdenum

95.94

43

Tc

Technetium

98.907

44

Ru

Ruthenium

101.07

45

Rh

Rhodium

102.906

46

Pd

Palladium

106.42

47

Ag

Silver

107.868

48

Cd

Cadmium

112.411

49

In

Indium

114.818

50

Sn

Tin

118.71

51

Sb

Antimony

121.760

52

Te

Tellurium

127.6

53

I

Iodine

126.904

54

Xe

Xenon

131.29

55

Cs

Cesium

132.905

56

Ba

Barium

137.327

57-71

72

Hf

Hafnium

178.49

73

Ta

Tantalum

180.948

74

W

Tungsten

183.85

75

Re

Rhenium

168.207

76

Os

Osmium

190.23

77

Ir

Iridium

192.22

78

Pt

Platinum

195.08

79

Au

Gold

196.967

80

Hg

Mercury

200.59

81

Tl

Thallium

204.383

82

Pb

Lead

207.2

83

Bi

Bismuth

208.980

84

Po

Polonium

[208.982]

85

At

Astatine

209.987

86

Rn

Radon

222.018

87

Fr

Francium

223.020

88

Ra

Radium

226.025

89-103

104

Rf

Rutherfordium

[261]

105

Db

Dubnium

[262]

106

Sg

Seaborgium

[266]

107

Bh

Bohrium

[264]

108

Hs

Hassium

[269]

109

Mt

Meitnerium

[268]

110

Ds

Darmstadtium

[269]

111

Rg

Roentgenium

[272]

112

Cn

Copernicium

[277]

113

Uut

Ununtrium

unknown

114

Fl

Flerovium

[289]

115

Uup

Ununpentium

unknown

116

Lv

Livermorium

[298]

117

Uus

Ununseptium

unknown

118

Uuo

Ununoctium

unknown

1

IA

11A

2

IIA

2A

3

IIIB

3B

4

IVB

4B

5

VB

5B

6

VIB

6B

7

VIIB

7B

8

VIII

8

9

VIII

8

10

VIII

8

11

IB

1B

12

IIB

2B

1

H

Hydrogen

1.008

2

He

Helium

4.003

3

Li

Lithium

6.941

4

Be

Beryllium

9.012

5

B

Boron

10.811

6

C

Carbon

12.011

7

N

Nitrogen

14.007

8

O

Oxygen

15.999

9

F

Fluorine

18.998

10

Ne

Neon

20.180

11

Na

Sodium

22.990

12

Mg

Magnesium

24.305

13

Al

Aluminum

26.982

14

Si

Silicon

28.086

15

P

Phosphorus

30.974

16

S

Sulfur

32.066

17

Cl

Chlorine

35.453

18

Ar

Argon

39.948

19

K

Potassium

39.098

20

Ca

Calcium

40.078

21

Sc

Scandium

44.956

22

Ti

Titanium

47.88

23

V

Vanadium

50.942

24

Cr

Chromium

51.996

25

Mn

Manganese

54.938

26

Fe

Iron

55.933

27

Co

Cobalt

58.933

28

Ni

Nickel

58.693

29

Cu

Copper

63.546

30

Zn

Zinc

65.39

31

Ga

Gallium

69.732

32

Ge

Germanium

72.61

33

As

Arsenic

74.922

34

Se

Selenium

78.09

35

Br

Bromine

79.904

36

Kr

Krypton

84.80

37

Rb

Rubidium

84.468

38

Sr

Strontium

87.62

39

Y

Yttrium

88.906

40

Zr

Zirconium

91.224

41

Nb

Niobium

92.906

42

Mo

Molybdenum

95.94

43

Tc

Technetium

98.907

44

Ru

Ruthenium

101.07

45

Rh

Rhodium

102.906

46

Pd

Palladium

106.42

47

Ag

Silver

107.868

48

Cd

Cadmium

112.411

49

In

Indium

114.818

50

Sn

Tin

118.71

51

Sb

Antimony

121.760

52

Te

Tellurium

127.6

53

I

Iodine

126.904

54

Xe

Xenon

131.29

55

Cs

Cesium

132.905

56

Ba

Barium

137.327

57-71

72

Hf

Hafnium

178.49

73

Ta

Tantalum

180.948

74

W

Tungsten

183.85

75

Re

Rhenium

168.207

76

Os

Osmium

190.23

77

Ir

Iridium

192.22

78

Pt

Platinum

195.08

79

Au

Gold

196.967

80

Hg

Mercury

200.59

81

Tl

Thallium

204.383

82

Pb

Lead

207.2

83

Bi

Bismuth

208.980

84

Po

Polonium

[208.982]

85

At

Astatine

209.987

86

Rn

Radon

222.018

87

Fr

Francium

223.020

88

Ra

Radium

226.025

89-103

104

Rf

Rutherfordium

[261]

105

Db

Dubnium

[262]

106

Sg

Seaborgium

[266]

107

Bh

Bohrium

[264]

108

Hs

Hassium

[269]

109

Mt

Meitnerium

[268]

110

Ds

Darmstadtium

[269]

111

Rg

Roentgenium

[272]

112

Cn

Copernicium

[277]

113

Uut

Ununtrium

unknown

114

Fl

Flerovium

[289]

115

Uup

Ununpentium

unknown

116

Lv

Livermorium

[298]

117

Uus

Ununseptium

unknown

118

Uuo

Ununoctium

unknown

1

IA

11A

2

IIA

2A

3

IIIB

3B

4

IVB

4B

5

VB

5B

6

VIB

6B

Lanthanide Series	57 La Lanthanum 138.906	58 Ce Cerium 140.115	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.966	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967
Actinide Series	89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]

Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Semimetal	Nonmetal	Basic Metal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide
--------------	----------------	------------------	-----------	----------	-------------	---------	-----------	------------	----------

3.3 Molar masse (molvekt)

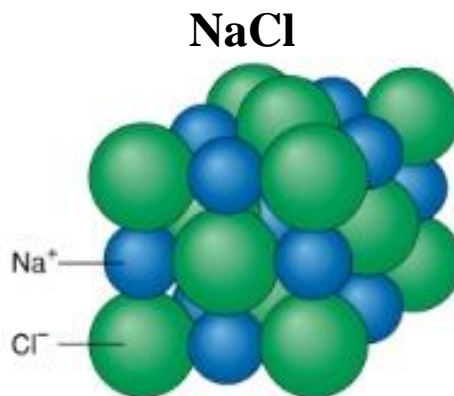
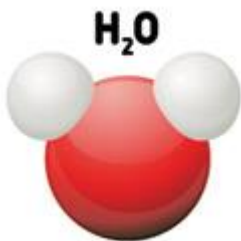
$$\text{molvekt (g/mol)} = \frac{\text{masse (g)}}{\text{stoffmengde (mol)}}$$

$$M = \frac{m}{n}$$

Molvekt av atomer er gitt i periodesystemet.

Molar masse (molvekt)

- Molvekt av forbindelser: summen av molvektene til atomene forbindelsen består av.
- Bruker molekylformel eller formelenhet.



Eks:

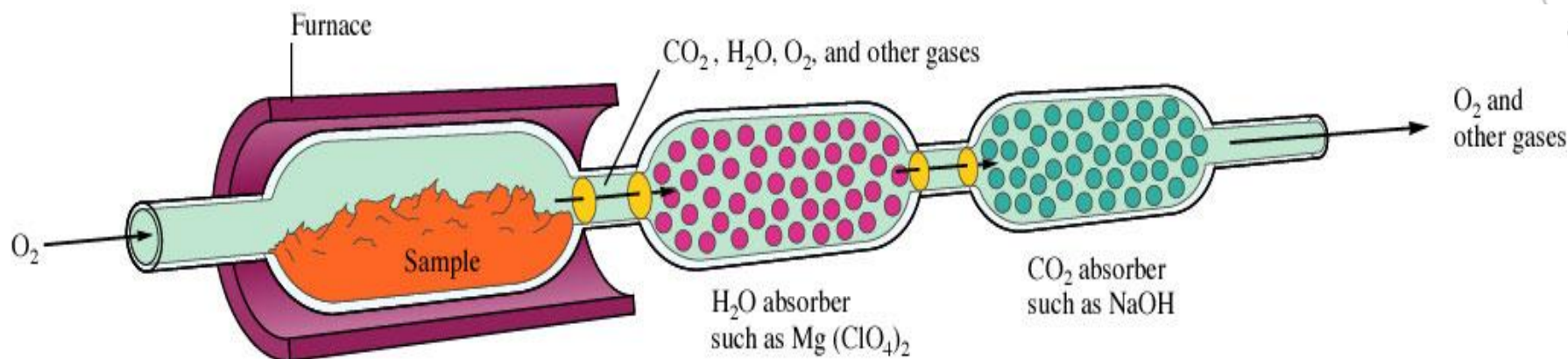
1 mol O veier 15,999 g \Rightarrow M til O er 15,999 g/mol

1 mol H₂O veier $2 \cdot 1,008\text{g} + 15,999\text{g} = 18,02\text{g} \Rightarrow M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,02 \text{ g/mol}$

- Hvor mye veier 3,58 mol av Al₂O₃?
- Hvor mange mol er det i 23,4 g FeO?

3.4/3.5 Sammensetning basert på vekt%

- Kjemisk formel gir informasjon om antallet atomer i en forbindelse
- I noen sammenhenger kan vekt% av atomene være mer nyttig
- F.eks. ved analyse av et ukjent stoff:



Empirisk formel

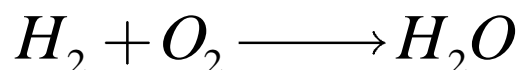
- **Empirisk formel:** gir forholdet mellom antall mol av atomer i en forbindelse

eks: C_6H_6 (benzen) vil ha empirisk formel CH eller $(CH)_n$

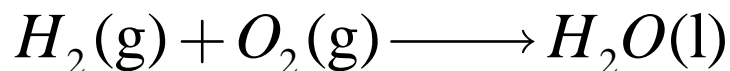
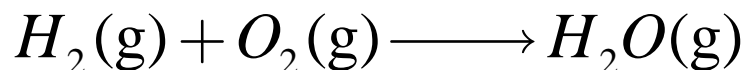
C_2H_4 (eten) $\Rightarrow (CH_2)_n$

$C_6H_{12}O_6$ (druesukker) $\Rightarrow (CH_2O)_n$

3.6 Kjemiske reaksjonsligninger



reaktanter \rightarrow produkter

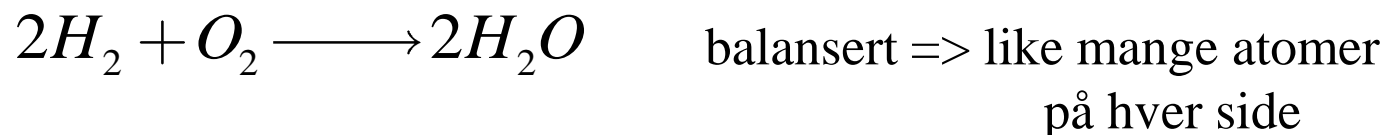


Aggregattilstander gir ekstra informasjon.

Aggregattilstander:

s=solid, l=liquid, g=gas, aq=aqueous solution

3.7 Balansering av reaksjonsligninger



Balansering av kjemiske reaksjonsligninger:

- Konservering av masse (dvs. like mange atomer på hver side)
- Lavest mulig støkiometrisk koeffisient

Balansering av reaksjonsligninger

- Innebærer litt prøving og feiling.
- Tips: Bruk den mest kompliserte formelen som utgangspunkt.
- Balanser:
 - $\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$
 - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$

3.8 Støkiometriske beregninger

- Stoffer reagerer alltid med hverandre i et bestemt forhold mellom tallene på partiklene; MF (=molforhold)
- Angis av den balanserte rx-ligninga

$$n_{ukjent} = n_{kjent} \cdot MF \left(\frac{ukjent}{kjent} \right)$$

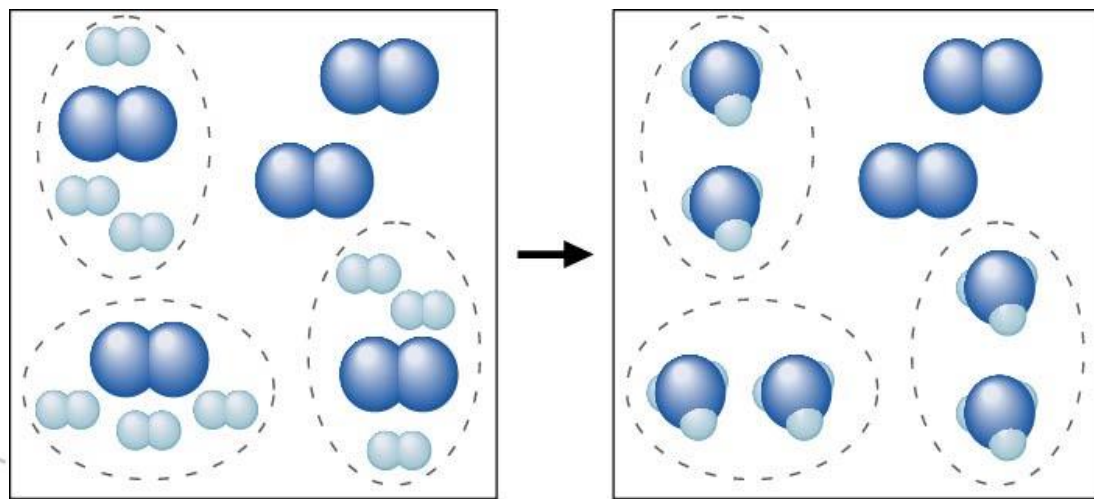
Beregning av mengde reaktanter og produkter i kjemiske reaksjoner

1. Balanser reaksjonsligningen.
2. Konverter kjente masser til mol.
3. Bruk den balanserte ligningen til å finne molforholdet.
4. Bruk molforholdet til å regne ut antall mol andre reaktanter og/eller produkter.
5. Konverter fra mol til masse hvis det trengs.

Gå veien om mol!

3.8 Begrensende reaktant

- Noen ganger brukes en av reaktantene opp før de andre.
- Denne vil begrense reaksjonen og mengden produkt.
- Denne kalles **den begrensende reaktant**



Beregning av mengde produkter i kjemiske reaksjoner

1. Balanser reaksjonsligningen.
2. Konverter kjente masser til mol.
3. Finn begrensende reaktant.
 - Sammenligne antall mol reaktanter med molforholdene i den balanserte reaksjonsligningen.
4. Bruk antall mol begrensende reaktant, og molforholdet til å regne ut antall mol produkter.
5. Konverter fra mol til masse hvis det trengs.

Ustøkiometriske forbindelser

- Noen forbindelser kan ha et ikke-heltallig forhold mellom atomene
- Eks: $x \text{ Cu} + \text{S} \rightarrow \text{Cu}_x\text{S}$

Fra øving 1

OPPGAVE 1 (Kap. 3)

- a) Hva er ett mol av et kjemisk stoff (definisjon)?
- b) Hvor mange kg Al kan teoretisk framstilles av 36,8 kg Al_2O_3 ?
- c) Hvor mange gram barium er det i 35,0 g BaSO_4 ?
- d) Hvor mange mol karbon er det i 0,530 mol $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$?