

KOLIČINSKI ODNOSI

Kemik mora vedeti, koliko snovi pri kemijski reakciji zreagira in koliko snovi nastane.

- 4.1 Mase atomov in molekul
- 4.2 Število delcev, masa in množina snovi
- 4.3 Računajmo maso, množino in število delcev snovi
- 4.4 Koliko snovi zreagira?
- 4.5 Preveri, kaj znaš

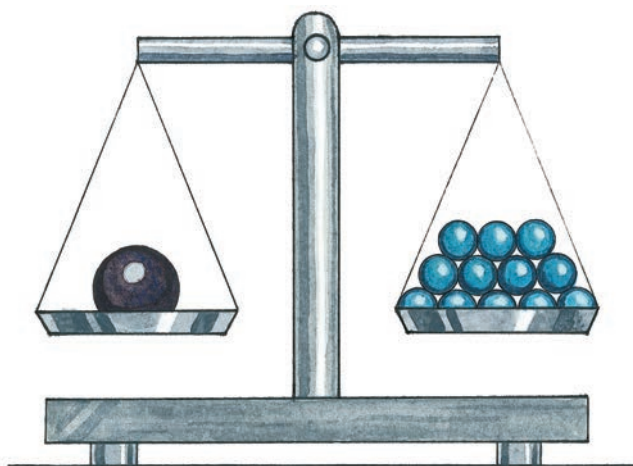
4.

4.1 Mase atomov in molekul

Na dolžini 1 m lahko razvrstimo 6 000 000 000 atomov.

Posameznih atomov elementov ne moremo tehtati, ker so njihove mase zelo majhne. Lahko pa primerjamo mase atomov različnih elementov med seboj. Najmanjši in najlažji je atom vodika.

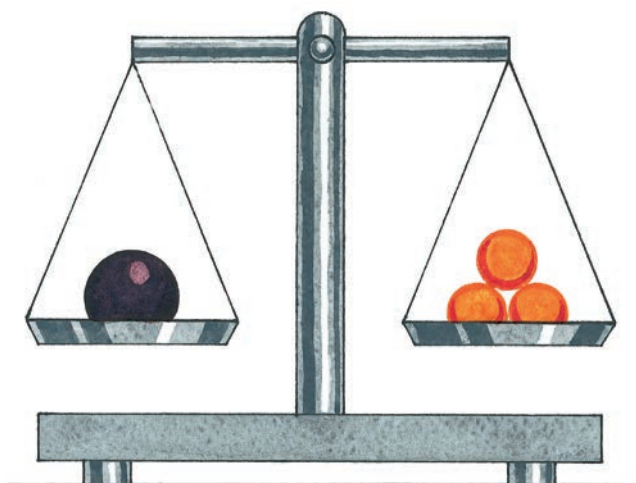
Ugotovili so, da je masa helijevega atoma približno 4-krat večja od mase vodikovega atoma, masa ogljikovega atoma pa približno 12-krat večja od mase vodikovega atoma.



Slika 1 1 ogljikov atom ima enako maso kot 12 vodikovih atomov. Masa atoma vodika je enaka $\frac{1}{12}$ mase atoma ogljika.

Po dogovoru mase atomov primerjamo z $\frac{1}{12}$ mase atoma ogljika ^{12}C , ki ima relativno atomsko maso 12.

$$\frac{1}{12} \text{ mase atoma } ^{12}\text{C} = 1 \text{ atomska enota}$$



Slika 2 1 ogljikov atom ima enako maso kot 3 helijeve atome.

Atom helija je 3-krat lažji od atoma ogljika.

Relativna atomska masa helija je:

$$A_r(\text{He}) = \frac{\text{masa 1 atoma helija}}{\frac{1}{12} \text{ mase atoma } ^{12}\text{C}} = 4$$

Atomska masa posameznega elementa je tako podana relativno glede na $\frac{1}{12}$ mase atoma ^{12}C .

Imenujemo jo **relativna atomska masa** in jo označimo z A_r . Ker je razmerje mas, nima enote.

$$A_r = \frac{\text{masa 1 atoma elementa}}{\frac{1}{12} \text{ mase atoma } ^{12}\text{C}}$$

Relativne atomske mase so zapisane v periodnem sistemu elementov. V računskih nalogah lahko uporabljamo zaokrožene številčne vrednosti.

Preglednica 1 Relativne atomske mase nekaterih elementov

Element	Relativna atomska masa A_r
vodik	1,01
kisik	16,0
silicij	28,1
železo	55,8

To so relativne mase. Dejanska masa vodikovega atoma je okoli 2×10^{-24} g ali



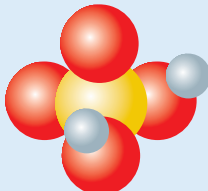
$$0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,002\text{ g}$$

Tudi mase molekul primerjamo z $\frac{1}{12}$ mase atoma ^{12}C . To so **relativne molekulske mase** M_r .

$$M_r = \frac{\text{masa 1 molekule snovi}}{\frac{1}{12} \text{ mase atoma } ^{12}\text{C}}$$

Relativno molekularno maso lahko izračunamo iz relativnih atomskih mas tako, da jih seštejemo. Pri tem posamezno relativno atomsko maso pomnožimo s številom atomov elementa v molekuli snovi.

Preglednica 2 Kako računamo relativne molekulske mase snovi

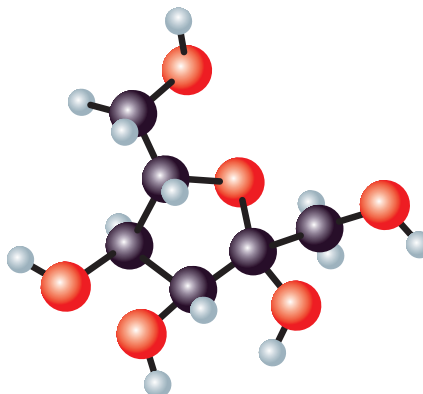
Formula snovi	Model molekule	Relativna molekulska masa snovi
O_2		$2O \quad 2 \times 16$ $M_r(O_2) = 32$
H_2O		$2H \quad 2 \times 1$ $O \quad 1 \times 16$ $M_r(H_2O) = 18$
H_2SO_4		$2H \quad 2 \times 1$ $S \quad 1 \times 32$ $4O \quad 4 \times 16$ $M_r(H_2SO_4) = 98$



Relativna atomska masa A_r je število, ki pove, kolikokrat je masa nekega atoma večja od $\frac{1}{12}$ mase ogljikovega atoma ^{12}C . Relativno molekularno maso M_r dobimo tako, da seštejemo relativne atomske mase vseh atomov v molekuli snovi.

Poišči, odgovori

- V periodnem sistemu elementov poišči relativne atomske mase ogljika, žvepla, kalija in bakra. Kateri od teh elementov ima najlažje in kateri najtežje atome?
- Kolikokrat je atom kisika težji od atoma vodika?
- Izračunaj relativno molekularno maso ozona O_3 , amoniaka NH_3 in fosforjeve kisline H_3PO_4 .
- Iz modela molekule fruktoze določi formulo te spojine in izračunaj njeno relativno molekularno maso.



Slika 3 Model molekule fruktoze

4.2 Število delcev, masa in množina snovi

12 g ogljika vsebuje približno 600 000 000 000 000 000 000 000 atomov.
Enako število atomov je tudi v 1 g vodika.

Pri kemijskih reakcijah reagirajo delci snovi med seboj. Atomi, molekule in ioni so tako majhni, da jih ne moremo šteti. Lahko pa večje število delcev stehamo. Kako vemo, koliko delcev je v določeni masi snovi?



Slika 1 Žeblje v trgovini ne štejejo, ampak jih tehtajo.

Ker imajo atomi različnih elementov različne mase, je masa enakega števila atomov različnih elementov različna.

1 atom ogljika
je 12-krat težji od
1 atoma vodika

100 atomov ogljika
je 12-krat težje od
100 atomov vodika

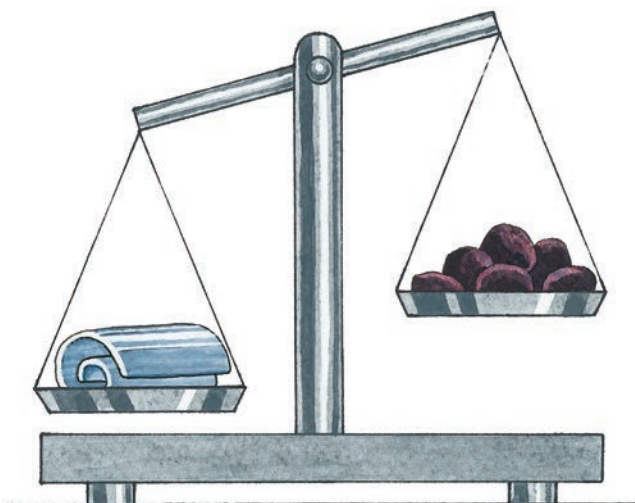
Katerokoli število ogljikovih atomov ima vedno 12-krat večjo maso kot enako število vodikovih atomov.

Znanstveniki so z eksperimentom določili število atomov v 12 g ogljika ^{12}C , ki je približno 600 000 000 000 000 000 000 000 ali 6×10^{23} .

6×10^{23} atomov ogljika ima maso 12 g
je 12-krat težje od
 6×10^{23} atomov vodika, ki imajo maso 1g

12 g ogljika in 1 g vodika je 1 mol elementa. Mol je enota za množino snovi, tako kot je gram enota za maso snovi. Množino snovi označimo z n .

Primerjajmo masi enega mola aluminija in enega mola ogljika:



1 mol aluminija
 6×10^{23} atomov
27 g

1 mol ogljika
 6×10^{23} atomov
12 g

V enem molu aluminija je enako število atomov kot v enem molu ogljika. Masa enega mola elementa pa je številčno enaka relativni atomski masi. Imenujemo jo **molska masa** elementa.

Na splošno velja:

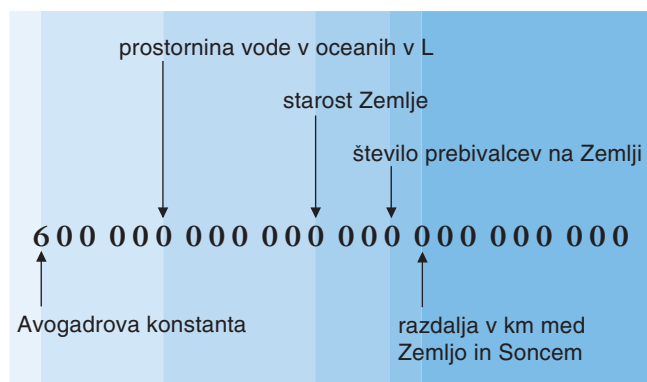
1 mol elementa	vsebuje 6×10^{23} atomov	ima maso, ki je enaka relativni atomski masi , izraženi v gramih
----------------	--------------------------------------	--

Število 6×10^{23} imenujemo **Avogadrova konstanta**. Označimo jo z N_A . Ker označuje število delcev v enem molu snovi, ima enoto mol^{-1} .

Vrednost Avogadrove konstante je točno določena na sedem mest natančno in je $6,022045 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.



Slika 2 Amedeo Avogadro (1776–1856) je raziskoval predvsem pline. Predpostavil je, da so najmanjši delci v plinih molekule in da enake prostornine plinov pri isti temperaturi in tlaku vsebujejo enako število molekul.



Slika 4 Avogadrova konstanta je zelo veliko število.




Molska masa snovi

Za vse snovi velja, da je 1 mol množina snovi, ki vsebuje 6×10^{23} delcev (atomov, molekul, ionov). Masa enega mola snovi imenujemo molska masa snovi in jo označimo z M . Ker pove maso enega mola, ima enoto g/mol.

Preglednica 1 Molske mase nekaterih snovi

Snov	Formula snovi	Molska masa snovi
baker	Cu	63,5 g/mol
kisik	O ₂	32,0 g/mol
voda	H ₂ O	18,0 g/mol
natrijev klorid	NaCl	58,5 g/mol

Preglednica 2 1 mol nekaterih snovi


Elementi	Molekulske spojine	Ionske spojine
		
Baker Cu	Voda H ₂ O	Natrijev klorid NaCl
63,5 g 6×10^{23} atomov Cu	18,0 g 6×10^{23} molekul H ₂ O 12×10^{23} atomov H 6×10^{23} atomov O skupaj 18×10^{23} atomov	58,5 g 6×10^{23} ionov Na ⁺ 6×10^{23} ionov Cl ⁻ skupaj 12×10^{23} ionov



1 mol katerekoli snovi vsebuje 6×10^{23} delcev (atomov, molekul ali ionov). Masa enega mola snovi je molska masa.

Poišči, odgovori

Relativne atomske mase, ki jih potrebuješ pri reševanju nalog, poišči v periodnem sistemu elementov.

- Kolikokrat je ogljikov atom težji od helijevega atoma?
 - Kolikokrat je 150 ogljikovih atomov težje od 150 helijevega atomov?
- Preriši preglednico na desni strani in jo dopolni. Simbole ali formule vseh snovi že poznaš.
-  Kolikšna je masa: a) 1 mol kisikovih atomov O, b) 1 mol kisikovih molekul O₂?

Snov	Simbol ali formula snovi	Molska masa snovi v g/mol
natrij		
brom		
magnezijev klorid		
kalcijev karbonat		

4.3 Računajmo maso, množino in število delcev snovi

Koliko molekul vode je v 1 kg vode?

Računanje mase snovi iz množine snovi in obratno

Če poznamo molsko maso snovi, lahko izračunamo:

- maso dane množine snovi ali
- množino snovi v dani masi snovi

Primer 1

Koliko tehta 6 mol vode H₂O?

Vemo, da

1 mol vode tehta 18 g

Sledi, da

6 mol vode tehta 6 × 18 g = 108 g

Maso šest molov vode smo izračunali tako, da smo pomnožili maso enega mola vode s šest.

masa snovi = množina snovi × molska masa snovi

Ali zapisano s simboli $m = n \times M$

Če za račun uporabimo zgornjo enačbo, moramo paziti tudi na enote:

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{O}) &= n(\text{H}_2\text{O}) \times M(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 6 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = \\ &= 108 \text{ g} \end{aligned}$$



108 mL vode

Primer 2

Koliko molov fosforja je v 46,5 g fosforja P?



46,5 g rdečega fosforja; rdeči fosfor je manj reaktiven od belega

Vemo, da je

31 g fosforja 1 mol

Sledi, da je

46,5 g fosforja 1,5 mol

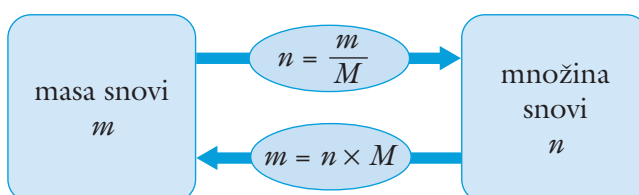
Množino fosforja smo izračunali tako, da smo maso fosforja delili z njegovo molsko maso.

$$\text{množina snovi} = \frac{\text{masa snovi}}{\text{molska masa snovi}}$$

Ali zapisano s simboli $n = \frac{m}{M}$

Spet računamo po zgornji formuli. Pri tem pazimo na enote.

$$n(\text{P}) = \frac{m(\text{P})}{M(\text{P})} = \frac{46,5 \text{ g}}{31 \text{ g/mol}} = 1,5 \text{ mol}$$



Računanje množine snovi iz števila delcev in obratno

Z Avogadrovo konstanto lahko izračunamo:

- število delcev v dani množini snovi ali
- množino snovi danega števila delcev

Primer 3

Koliko atomov je v 5 mol bakra Cu?

Vemo da,

$$1 \text{ mol bakra} \quad \text{vsebuje} \quad 6 \times 10^{23} \text{ atomov}$$

Sledi, da

$$5 \text{ mol bakra} \quad \text{vsebuje} \quad 5 \times 6 \times 10^{23} \text{ atomov} \\ = 30 \times 10^{23} \text{ atomov}$$

Število atomov v enem molu snovi smo pomnožili s pet.

$$\text{št. delcev snovi} = \text{množina snovi} \times \text{Avogadrova konstanta}$$

$$\text{Ali zapisano s simboli} \quad N = n \times N_A$$

$$N(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \times N_A = 5 \text{ mol} \times 6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ = 30 \times 10^{23}$$

Primer 4

Koliko molov je 3×10^{22} molekul ogljikovega dioksida CO_2 ?

Vemo, da je

$$6 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2 \quad 1 \text{ mol}$$

Sledi, da je

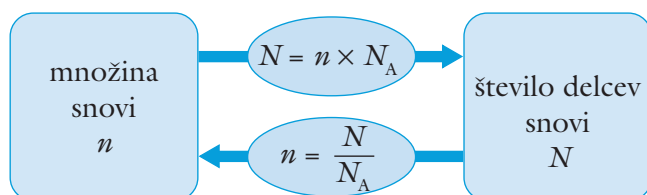
$$3 \times 10^{22} \text{ molekul CO}_2 \quad 0,05 \text{ mol}$$

Število molekul ogljikovega dioksida smo delili z Avogadrovo konstanto.

$$\text{množina snovi} = \frac{\text{število delcev snovi}}{\text{Avogadrova konstanta}}$$

$$\text{Ali zapisano s simboli} \quad n = \frac{N}{N_A}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{N(\text{CO}_2)}{N_A} = \frac{3 \times 10^{22}}{6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 0,05 \text{ mol}$$



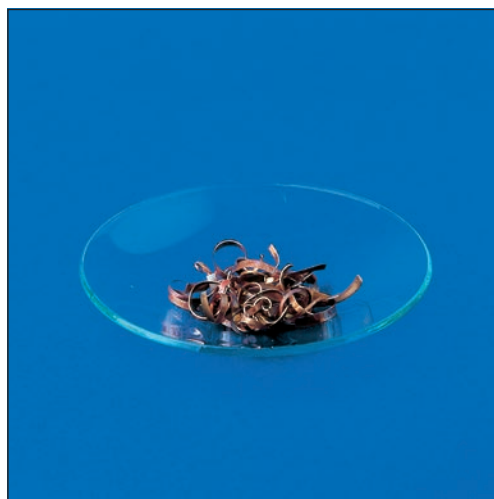
Računanje mase snovi iz števila delcev in obratno

Seveda lahko izračunamo tudi

- število delcev v dani masi snovi ali
- maso danega števila delcev.

Primer 5

Koliko atomov bakra je v 6,35 g bakra Cu?



6,35 g bakra

Vemo, da je

$$63,5 \text{ g bakra je} \quad 1 \text{ mol} \\ \text{in vsebuje} \quad 6 \times 10^{23} \text{ atomov}$$

Sledi, da je

$$6,35 \text{ g bakra} \quad 0,1 \text{ mol} \\ \text{in vsebuje} \quad 6 \times 10^{22} \text{ atomov}$$

Računali smo v dveh korakih:

- Najprej smo ugotovili množino snovi tako, da smo maso snovi delili z njeno molsko maso.

$$\text{množina snovi} = \frac{\text{masa snovi}}{\text{molska masa snovi}} \quad n = \frac{m}{M}$$

$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{6,35 \text{ g}}{63,5 \text{ g/mol}} = 0,1 \text{ mol}$$

- Nato smo izračunali število delcev tako, da smo množino snovi pomnožili z Avogadrovo konstanto.

$$\text{št. delcev snovi} = \text{množina snovi} \times \text{Avogadrova konstanta}$$

$$N(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \times N_A = \\ = 0,1 \text{ mol} \times 6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = \\ = 6 \times 10^{22}$$

Primer 6

Kolikšna je masa $1,2 \times 10^{24}$ molekul vode H_2O ?

Vemo, da je

6×10^{23} molekul vode 1 mol in ima maso 18 g

Sledi, da je

$1,2 \times 10^{24}$ molekul vode 2 mol in ima maso 36 g



36 mL vode

Računali smo v dveh korakih.

1. Najprej smo izračunali množino snovi tako, da smo število delcev delili z Avogadrovo konstanto.

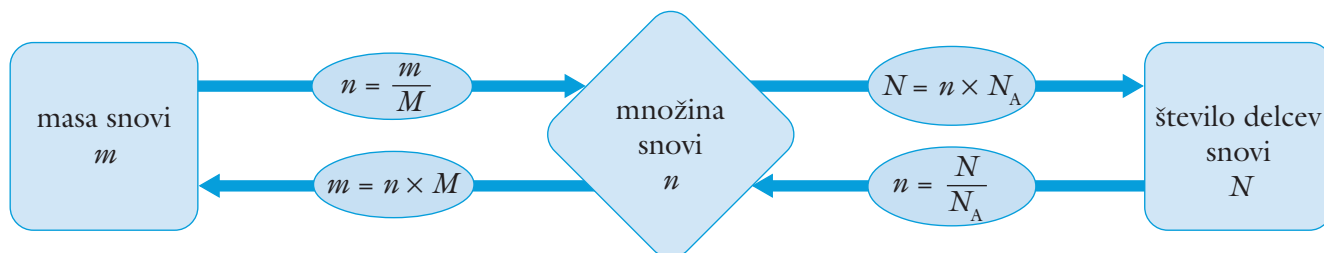
$$\text{množina snovi} = \frac{\text{število delcev snovi}}{\text{Avogadrova konstanta}}$$

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{N(\text{H}_2\text{O})}{N_A} = \frac{1,2 \times 10^{24}}{6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = \\ &= \frac{12 \times 10^{23}}{6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 2 \text{ mol} \end{aligned}$$

2. Nato smo množino snovi pomnožili z molsko maso.

masa snovi = množina snovi \times molska masa snovi

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{O}) &= n(\text{H}_2\text{O}) \times M(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 2 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 36 \text{ g} \end{aligned}$$

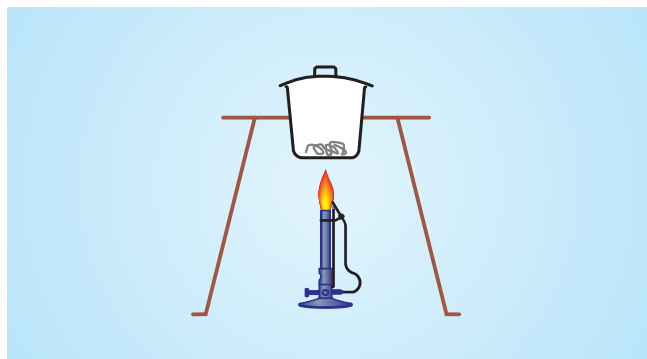


Odgovori

1. Kolikšna je masa:
 - a) 1 mol žveplovega dioksida SO_2 ,
 - b) 40 mol natrijevega klorida NaCl ,
 - c) 3×10^{23} molekul amoniaka NH_3 ?
2. Izračunaj množino
 - a) 4,6 g natrija Na ,
 - b) 147 g fosforjeve kisline H_3PO_4 ,
 - c) 6×10^{25} atomov železa.
3. Izračunaj število atomov v:
 - a) 5 mol kalija K ,
 - b) 2 g helija He .

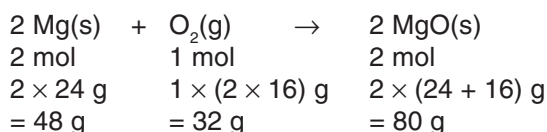
4.4 Koliko snovi zreagira?

Pri kemijskih reakcijah nas zanima, katere snovi reagirajo in katere nastanejo, pa tudi, koliko snovi zreagira in koliko jih nastane.



Slika 1 Če košček magnezijevega traku v porcelanastem lončku segrevamo, magnezij zgori in nastane bel prah.

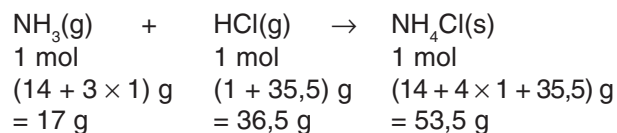
Magnezij je zreagiral s kisikom iz zraka, nastal je magnezijev oksid. Urejeno kemijsko enačbo reakcije že poznaš. Iz **koefficientov** razberemo **množine** snovi, ki reagirajo in nastanejo, iz množin snovi pa lahko izračunamo njihove mase.



Skupna masa reaktantov je enaka masi produkta. To velja za vse kemijske reakcije in se imenuje **zakon o ohranitvi mase**.

Primer

Če približamo reagenčni steklenici raztopin amoniaka in klorovodikove kisline, opazimo bel dim. Iz plinov amoniaka in vodikovega klorida je nastala bela trdna snov amonijev klorid.



- a) Izračunaj maso amonijevega klorida, ki lahko nastane iz 3 mol vodikovega klorida.

Iz urejene enačbe razberemo:



Sledi, da



Masa nastalega amonijevega klorida je:

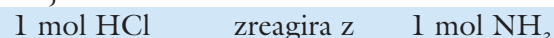
$$3 \times 53,5 \text{ g} = 160,5 \text{ g}$$

Če računamo s formulo $m = n \times M$, pazimo na enote.

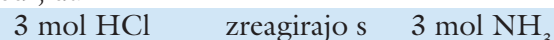
$$\begin{aligned} m(\text{NH}_4\text{Cl}) &= n(\text{NH}_4\text{Cl}) \times M(\text{NH}_4\text{Cl}) = \\ &= 3 \text{ mol} \times 53,5 \text{ g/mol} = 160,5 \text{ g} \end{aligned}$$

- b) Kolikšno maso amoniaka pri tem potrebujemo?

Iz urejene enačbe razberemo:



Sledi, da



Masa amoniaka je: $3 \times 17 \text{ g} = 51 \text{ g}$

Če računamo s formulo $m = n \times M$, pazimo na enote.

$$\begin{aligned} m(\text{NH}_3) &= n(\text{NH}_3) \times M(\text{NH}_3) = \\ &= 3 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol} = 51 \text{ g} \end{aligned}$$

Množine in mase snovi pri kemijskih reakcijah računamo po korakih

1. Iz besedila naloge razberemo, kaj so reaktanti in kaj produkti.
2. Napišemo kemijsko enačbo, vključno z agregatnimi stanji snovi, in jo uredimo.
3. Iz koefficientov urejene kemijske enačbe razberemo množine snovi.
4. Postavimo razmerje med množino snovi, ki jo iščemo, in množino snovi, ki jo poznamo.
5. Iz množin lahko izračunamo mase snovi.

Masni delež elementa v spojini

Iz formule spojine lahko izračunamo **masni delež** elementa v spojini. Masni delež elementa pove, kolikšen del mase spojine je masa ustreznega elementa. Označimo ga z w . Lahko ga izrazimo tudi v odstotkih.

Primer

Formula amoniaka je NH_3 . Izračunaj masna deleža dušika in vodika v amoniaku.



model molekule amoniaka

V 1 mol molekul NH_3

je 1 mol dušikovih atomov N
in 3 mol vodikovih atomov H

Pretvorimo v mase:

v 17 g amoniaka je 14 g dušika in 3 g vodika

Masni delež dušika v amoniaku je:

$$w(\text{N}) = \frac{14 \text{ g}}{17 \text{ g}} = 0,82 = 82 \%$$

Masni delež vodika v amoniaku je:

$$w(\text{H}) = \frac{3 \text{ g}}{17 \text{ g}} = 0,18 = 18 \%$$

Masni delež elementa v spojini smo izračunali tako, da smo maso elementa v 1 mol spojine delili z maso enega mola spojine.

Pravilnost računa vedno preverimo. Vsota masnih deležev vseh elementov v spojini je 1 oziroma 100 %.

$$w(\text{N}) + w(\text{H}) = 0,82 + 0,18 = 1,00$$

ali

$$82 \% + 18 \% = 100 \%$$



Slika 2 Antoine Laurent Lavoisier

Francoski naravoslovec Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794) je tehtal snovi pri kemijski reakciji in ugotovil, da se celotna masa snovi pri kemijski reakciji ne spremeni. Pred njim je to odkril ruski naravoslovec Mihail Vasiljevič Lomonosov (1711–1765), vendar so njegove zapiske našli šele leta 1904. Tako je na razvoj znanosti vplivalo le Lavoisierovo odkritje.





Iz urejene kemijske enačbe lahko izračunamo množine in mase reaktantov in produktov. Iz formule spojine lahko izračunamo masne deleže elementov v spojini.

Naredi, odgovori

- Izvedi poskus in odgovori na vprašanja. Pred izvedbo poskusa si natakni zaščitna očala. V erlenmajerico daj približno 2 g koščkov kalcijevega karbonata CaCO_3 . Previdno dodaj z merilnim valjem 25 mL raztopine klorovodikove kisline HCl in opazuj reakcijo vsaj dve minuti.
 - Opiši, kaj opaziš.
 - Urejena kemijska enačba reakcije je:
$$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
 - Imenuj reaktante in produkte ter njihova agregatna stanja.
 - Napiši razmerje med množinami reaktantov in produktov.
 - Izračunaj maso ogljikovega dioksida, ki nastane, če reagirajo 4 mol kalcijevega karbonata?
- Če segrete železne opilke Fe damo v klor Cl_2 , nastane rjav prah železov triklorid FeCl_3 .
 - Napiši kemijsko enačbo reakcije, označi agregatna stanja snovi in enačbo uredi.
 - Napiši množine reaktantov in produktov v urejeni kemijski enačbi.
 - Kolikšna množina klora Cl_2 zreagira, če nastaneta 2 mol železovega triklorida FeCl_3 ?
- Izračunaj masne deleže
 - žvepla in kisika v žveplozem trioksidu SO_3 ,
 - kalcija, ogljika in kisika v kalcijevem karbonatu CaCO_3 .

4.5 Preveri, kaj znaš

Ustrezne relativne atomske mase poišči v periodnem sistemu elementov. Pri računskih nalogah lahko vrednosti zaokrožiš na cela števila.

1. Kolikokrat je molekula vode H_2O težja od atoma berilija Be? Razloži odgovor.
2. Izračunaj relativne molekulske mase snovi:
 - a) žvepla S_8 ,
 - b) dušikovega dioksida NO_2 ,
 - c) saharoze $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.
3. Kolikšne so molske mase snovi iz 2. vprašanja?
4. Izračunaj molsko maso spojine, ki vsebuje v molekuli atom ogljika in štiri atome klora.
5. Izračunaj množino:
 - a) kalcijevega oksida CaO v 224 g kalcijevega oksida,
 - b) 6×10^{25} molekul ogljikovega dioksida.
6. Izračunaj maso:
 - a) 25 mol kalijevega bromida KBr ,
 - b) 3×10^{22} molekul kisika O_2 .
7. Dva mola neznane kovine tehtata 104 g. Katera kovina je to?
-  8. Neznani plin vsebuje elementa ogljik in kisik. Masa treh molov tega plina je 84 g. Izračunaj molsko maso tega plina in ugotovi, kateri plin je to.
9. Žgano apno (kalcijev oksid CaO) pridobivajo s segrevanjem apnenca (kalcijevega karbonata CaCO_3).
 - a) Katera snov še nastane pri tej reakciji?
 - b) Napiši kemijsko enačbo reakcije, označi agregatna stanja snovi in uredi enačbo.
 - c) Kolikšno množino kalcijevega karbonata potrebujejo, da dobijo 56 kg žganega apna?
-  10. Napiši formuli magnezijevega in kalcijevega oksida. Ali je masni delež kisika večji v magnezijevem ali kalcijevem oksidu?