

7.2.1 Kilomol. Avogadrovo število

Pri obisku katere izmed veletrgovin nas kdaj pa kdaj zanese tudi na oddelek za prodajo drobnega kosovnega materiala, na primer vijakov, matic, podložk, žebeljev itd. Te vrste blago je običajno zapakirano v različno oblikovani embalaži. Kadar so predmeti dovolj majhni in relativno poceni – denimo žebli ali vijaki – jih prodajajo pakirane v manjših ličnih plastičnih ali kartonskih zavitkih ali škatlah, v katerih jih je lahko po pet, šest, po nekaj deset, več sto ali celo preko tisoč. Večjo količino (število) zapakiranih vijakov, matic ali žebeljev lahko poimenujemo *zavitek*, *škatla* ali *paket*. V vsakem izmed zavitkov/škatel/paketov (oznaka za zavitek naj bo z) je *določeno število predmetov* (N_z), ki imajo *določeno skupno maso* (M_z). V vsakdanjem življenju pogosto naletimo na podobne številčne oz "količinske" enote: *par* (2 predmeta), *trojica* (3 ljudje) in *ducat* (12 predmetov) so le nekatere med najbolj znanimi. V vojaškem izrazoslovju so običajne "količinske" enote oddelek, vod, četa, bataljon, brigada, armada – vse te enote so povezane z določenim številom vojakov.

Če bi koga zanimalo, kolikšno je število predmetov v zavitku, bi jih pač preštel. Toda kupci, še posebej tisti, ki blago te vrste potrebujejo pogosteje, običajno ne naročajo ali kupujejo točnega števila predmetov, temveč prej število zavitkov/škatel/paketov. Denimo, da kupimo 5 zavitkov/škatel drobnih žebeljev. Na tehtnico pretresemo vsebino vseh petih škatel in *skupno maso* zapišemo z oznako m . Številu zavitkov/škatel/paketov bomo rekli *množina* predmetov, oznaka zanjo pa naj bo n_z . Enota za množino žebeljev je tako *zavitek* (zav). Z njo štejemo zavitke, oziroma, s to besedo odslej lahko opišemo tudi določeno skupino števnih predmetov.

Število škatel je sicer 5, toda dejanska množina je lahko tudi med 4 in 5 zavitki, npr. 4 škatle so polne, v peti (denimo, da so nam podtaknili le delno zapolnjeno škatlo) pa je manj kot en zavitek. Množina predmetov je torej lahko tudi decimalno število, število predmetov pa le naravno. Če nas torej zanima množina zavitkov, moramo poljubno število žebeljev N deliti s *številom žebeljev v enem zavitku* N_z :

$$n_z = \frac{N}{N_z}$$

Definirajmo še *maso zavitka*, oznaka zanjo pa naj bo M_z . Enota za maso zavitka je *gram/zavitek* (g/zav). Masa zavitka je vsota mas vseh žebeljev v njem. Ker so žebli enaki, je masa kar zmožek števila žebeljev N_z in mase enega žeblija.

Maso žebeljev na tehtnici lahko izrazimo z množino n_z in maso zavitka M_z :

$$m = n_z M_z \quad \text{oziorama} \quad n_z = \frac{N}{N_z} = \frac{m}{M_z}$$

V vsakdanjem življenju največkrat merimo snovi tako, da jih tehtamo, včasih merimo tudi njihovo prostornino ali površino. Če tehtamo sladkor, niti ne pomislimo, koliko zrnč je v stehtani masi sladkorja. Po drugi strani pa nikoli ne kupimo enega samega žeblija. Največkrat so že v zavitkih po 10, 20 ali 100 žebeljev. Če jih rabimo zelo veliko, jih prodajalec stehta, nikoli jih ne šteje. Tudi atomov, molekul in ionov ne štejemo. Kemik šteje delce snovi tako, da jih stehta. Ker imajo delci različnih snovi različne mase, bo imelo enako število delcev v različni snovi ravno tako različne mase.

Atomi in molekule so tako zelo majhni, da jih ni mogoče tehtati; v kosu snovi, ki ga vidimo s prostim očesom, pa je njihovo število tako *neznansko* veliko, da bi jih bilo nemogoče (pre)šteti – če bi na primer vse človeštvo lahko štelo molekule v enem decilitru vode s hitrostjo štetja ene molekule na sekundo, bi za štetje potrebovali blizu 20 milijonov let! Posledica tega je, da se je namesto za en delec smiselno odločiti za novo, primernejšo mersko (števno) enoto, ki vsebuje "dovolj veliko" število delcev. Po možnosti bi morala nova enota vsebovati tolikšno število delcev, da bi jo s svojimi čuti (vid, otip) lahko brez težav zaznali.

V kemiji imamo običajno opravka s tolikšnim številom delcev, ki – kot celota – tehtajo nekje od 1 g do 1000 g = 1 kg. Torej se zdi smiselno, da bi bila masa izbrane snovi med 1 g in 1000 g in da bi izbrano snov prištevali med bolj enostavne. Med snovmi so izbrali ogljik, toda ne "povprečnega" ogljika, temveč tistega, ki je sestavljen iz enakih atomov (izotopov)¹. Odločili so se za izotop ^{12}C (ali C-12), za maso so izbrali natančno 12,000... gramov tega izotopa. Ogljik so izbrali za osnovo zato, ker sestavlja veliko različnih organskih molekul. Masa 12 g ogljika (grafita) je lepo opazna, saj je to kocka z robom 1,74 cm. Izmerili so, da je v tej masi ^{12}C (velikansko) število ogljikovih atomov $6,022\,136\,7 \cdot 10^{23} \approx 602\,200\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ in ga, v čast italijanskemu znanstveniku Amedeu Avogadru, poimenovali **Avogadrovo število**.

¹ Izotopi so atomi istega elementa z enakim številom protonov in različnim številom nevtronov.

Razmerje med poljubnim številom delcev N in Avogadrovim številom predstavlja novo fizikalno količino, ki jo imenujemo **množina snovi** (podobno številu zavitek/škatel/paketov, ki smo ga opredelili kot množino predmetov); oznaka zanjo je n :

$$n = \frac{N}{N_A}$$

Množino snovi v sistemu, ki vsebuje enako število delcev (npr. atomov, molekul, ionov) kot jih je v natančno 12 gramih ^{12}C , opredelimo kot enoto za množino in jo poimenujemo **mol**.

Množina snovi je v mednarodnem sistemu enot SI osnovna količina in mol osnovna enota. Pri tem gre za število delcev in vedno je treba povedati, katero vrsto delcev imamo v mislih (molekule, atome, ione, druge delce ali določene skupine takšnih delcev, ki jih želimo prešteti). Število delcev oz. gradnikov v enem molu snovi je tako enako Avogadrovemu številu na enoto množine; imenujemo ga **Avogadrova konstanta**:

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Pozorni moramo biti na to, da je mol ubran z grami, osnovna enota za maso v fiziki pa je kilogram. Zato v fiziki namesto mola velikokrat uporabimo tisočkrat večji **kilomol**. V molu kateregakoli elementa je enako število atomov in v molu katerekoli spojine je toliko molekul. V kilomolu kateregakoli elementa je tisočkrat več atomov in v kilomolu katerekoli spojine tisočkrat več molekul. Tisočkrat več je tudi atomov v 12 kg ogljika ^{12}C , zato Avogadrovo konstanto v fiziki pišemo s kilomolom:

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$$

Iz enote mol^{-1} ali kmol^{-1} razberemo, ali je mišljeno število v molu ali kilomolu.

Avogadrovo število je nepredstavljivo veliko, zato si velikokrat pomagamo s takšnimi in podobnimi ponazoritvami:

- Če bi z enim molom, torej z $6,022 \cdot 10^{23}$ riževih zrn, enakomerno prekrili zemeljsko površino, bi riž segal okoli 50 m visoko.
- V Tihem oceanu je približno Avogadrovo število mililitrov vode.
- Z molom teniških žogic bi lahko napolnili sedem Lun.
- Če je povprečnem odraslem je $3,7 \cdot 10^{13}$ celic, svetovno prebivalstvo pa znaša 7,7 milijarde ljudi, potem je trenutno na svetu $2,8 \cdot 10^{23}$ živih človeških celic oz. malce manj kot pol mola.

Molska masa (oznaka M) je masa enega mola snovi. (Ta je podobna masi zavitek/paketov/škatel žebeljev, matic, vijakov). Za elemente je enaka relativni atomski masi, ki ji pripišemo enoto **g/mol**; za spojine pa je enaka relativni molekularni masi, ki ji pripišemo enoto **g/mol**. Maso snovi m torej lahko izrazimo kot produkt množine n in molske mase M :

$$m = nM \quad \text{oz.} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

V fiziki lahko zato namesto o molski masi govorimo o **kilomolski masi** z enoto **kg/kmol**, ki pa je številčno enaka molski masi, torej sta njuni merski števili enaki. Molska masa vode npr. je $M = (2 \cdot 1 + 16) \text{ g/mol} = 18 \text{ g/mol}$, kar pomeni, da je v 18 g vode 1 mol molekul, v 18 kilogramih pa tisočkrat molekul več, torej 1 kilomol, zato je $18 \text{ g/mol} = 18 \text{ kg/kmol}$.

Povzemimo: če namesto **enega samega mikroskopskega delca** (molekule, atoma, iona) vzamemo skupno $6,022 \cdot 10^{23}$ delcev neke snovi, dobimo 1 mol vidne in otipljive količine **makroskopske snovi**. Avogadrovo število torej omogoča zvezo med običajnim (makro) svetom in atomskim (mikro) svetom. Na sliki je prikazan 1 mol nekaterih čistih kemijskih snovi: v stekleno ampulo zataljene vode (18,02 g oz. 18,05 ml pri 20 °C), v čašo zatehtane cinka (63,37 g), v polivinilasto vrečko zatehtane modre galice (259,6 g) in sladkorja (saharoz; 342,2 g).

