

## Ainemäärä – moolit

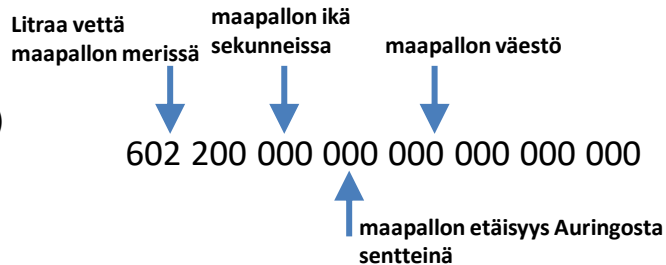
### Määritelmä:

Yksi *mooli* on sellaisen systeemin ainemäärä, joka sisältää yhtä monta rakenneosaa (perusosaa) kuin niitä on tasan 12 grammassa hiili-12-isotoopin atomeja. Rakenneosaa (perusosanen) voi olla atomi, molekyyli, ioni, elektroni tai muita hiukkasia.

Toisin sanoen, yhdessä moolissa on  $6,022 \cdot 10^{23}$  kpl tämän aineen rakenneosasta. Tätä vakiota sanotaan *Avogadron vakioksi* ja merkitään symbolilla  $N_A$ .

### Huom.:

**Ainemäärän** (suure) tunnus on *n* ja sen yksikkö on **mooli**, lyhennetään **mol**.



# HEY LADIES



# TAKE MY NUMBER

6.0221415 x 10 <sup>23</sup>	6.0221415 x 10 <sup>23</sup>	6.0221415 x 10 <sup>23</sup>	6.0221415 x 10 <sup>23</sup>	6.0221415 x 10 <sup>23</sup>	6.0221415 x 10 <sup>23</sup>
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Aineen rakenneosat voivat olla	Esimerkkejä
1. Alkuaineatomeja	Na, Ca, K, Cu, Fe, He, Ne, Ar, Kr, Xe,
2. Alkuainemolekyylejä	H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> , Br <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , I <sub>2</sub>
3. Molekyyliyhdisteitä	H <sub>2</sub> O, C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> , CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
4. Ioniyhdisteillä erimerkkisistä ioneista rakentuvia kaavayksiköitä	NaCl, joka rakentuu Na <sup>+</sup> ja Cl <sup>-</sup> -ioneista Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , joka rakentuu Ca <sup>2+</sup> ja NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -ioneista

Nykyisin tiedetään, että alkuaineiden todelliset atomimassat ovat suuruusluokkaa  $1 \cdot 10^{-24} - 5 \cdot 10^{-22}$  grammaa, joten otettaessa yksi mooli eli  $\sim 6,022 \cdot 10^{23}$  kappaletta alkuaineen atomeita voidaan käyttää vaakaa, sillä punnittavat massat ovat noin 0,6 – 300 grammaa.



Kuvassa on yksi mooli 1) tolueenia (92,13 g), 2) rikkiä (32,07 g), 3) ruokosokeria (342,30 g), 4) bentseeniä (78,11 g), 5) vettä (18,02 g), 6) rautajauhetta (55,85 g) ja 7) natriumkloridia (58,44 g).

Jos tiedetään aineen ainemäärä  $n$ , aineen rakenneosien lukumäärä  $N$  lasketaan kertomalla ainemäärä Avogadron vakiolla. MAOL !

$$N = n \cdot N_A, \text{ josta ratkaisemalla saadaan } n = \frac{N}{N_A}$$

**ESIMERKKI 1**

1 mol Fe-atomeja sisältää  $6,022 \cdot 10^{23}$  kpl rauta-atomeja.

3,5 mol alumiinitrikloridia  $\text{AlCl}_3$  sisältää

$3,5 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}$  kpl alumiinitrikloridin kaavayksikköjä,

$3,5 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}$  kpl alumiini-ioneja  $\text{Al}^{3+}$  ja

$3,5 \cdot 3 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}$  kpl kloridi-ioneja  $\text{Cl}^-$ .

kaksi eri alkuainetta



1 alumiini-  
ioni      3 kloridi-  
ionia

$n$  mol glukoosimolekyylejä  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  sisältää

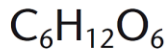
$n \cdot N_A$  kpl glukoosimolekyylejä,

$n \cdot 6 \cdot N_A$  kpl hiiliatomeja,

$n \cdot 12 \cdot N_A$  kpl vetyatomeja ja

$n \cdot 6 \cdot N_A$  kpl happiatomeja.

kolme eri alkuainetta



6      12      6  
hiili-    vety-    happi-  
atomia atomia atomia

Käytännössä on tärkeää tietää, kuinka paljon on puhdasta ainetta punnittava, jotta sitä olisi tietty ainemäärä.

### Määritelmä

Moolimassa, suuresymboli  $M$ , yksikkö  $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$ , ilmoittaa yhden moolin massan grammoina. Esimerkiksi  $M(\text{H}) = 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ .

Kurssikirjan takana olevassa jaksollisessa järjestelmässä on kunkin alkuainelokeron alareunassa moolimassat. → Opettele käyttämään mooleja ja moolimassoja!

Ioniyhdisteiden ja molekyylien moolimassa lasketaan alkuaineiden moolimassojen kautta. Esimerkiksi veden  $\text{H}_2\text{O}$  moolimassa lasketaan

$$\begin{aligned} M(\text{H}_2\text{O}) &= 2 \cdot M(\text{H}) + M(\text{O}) \\ &= 2 \cdot 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18,016 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

Vastaavasti kuparisulfaatin  $\text{CuSO}_4$

$$\begin{aligned} M(\text{CuSO}_4) &= M(\text{Cu}) + M(\text{S}) + 4 \cdot M(\text{O}) \\ &= 63,55 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 32,07 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 4 \cdot 16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 159,62 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

### AINEMÄÄRÄ MASSAKSI – MASSA AINEMÄÄRÄKSI

Lopuksi, kuinka massoista saadaan moolit ja mooleista massat. Eli ainemäärän  $n$  muuttaminen maasaksi  $m$ .

- Kun halutaan tietää mikä on tarkasteltavan aineen massa kun tiedetään ainemäärä, niin kerrotaan ainemäärä moolimassalla, siis

$$m = n \cdot M$$

- Kun halutaan tietää kuinka monta moolia punnittu massa kyseistä ainetta on, jaetaan massa moolimassalla, siis

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

**ESIMERKKI 4**

a) Tarkastellaan esimerkkinä teiden ja katujen liukkauden torjumiseen nykyisin käytettävää muurahaishapon suolaa, kaliumformiaattia HCOOK. Sen moolimassa on

$$M(\text{HCOOK}) = (1,008 + 12,01 + 2 \cdot 16,00 + 39,10) \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$= 84,118 \frac{\text{g}}{\text{mol}}.$$

1 mooli kaliumformiaattia on  $1 \text{ mol} \cdot 84,118 \text{ g/mol} = 84,118 \text{ g}$ .

0,125 moolia kaliumformiaattia on

$$0,125 \text{ mol} \cdot 84,118 \text{ g/mol} \approx 10,5 \text{ g}.$$

Yleistys:  $n$  moolia kaliumformiaattia on

$$n \text{ mol} \cdot 84,118 \text{ g/mol} = n \cdot 84,118 \text{ g}.$$

**ESIMERKKI 5**

a) Laske alumiiniatomien ainemäärä 80,9 grammasta alumiinia.

b) Kuinka monta moolia on 50,0 g laktoosia  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ?

Ratkaisu:

a) Alumiinin moolimassa  $M(\text{Al}) = 26,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ , joten alumiinin ainemäärä

$$n(\text{Al}) = \frac{m}{M} = \frac{80,9 \text{ g}}{26,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,998 \dots \text{ mol} \approx 3,00 \text{ mol}.$$

b) Laktoosin moolimassa

$$M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = (12 \cdot 12,01 + 22 \cdot 1,008 + 11 \cdot 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$= 342,296 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \text{ joten laktoosin ainemäärä}$$

$$n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \frac{m}{M} = \frac{50,0 \text{ g}}{342,296 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,1460 \dots \text{ mol} \approx 0,146 \text{ mol}.$$

Tärkeitä kaavoja, löytyvät MAOLsta:

$$\text{massa} = \text{ainemäärä} \cdot \text{moolimassa} \quad m = n \cdot M$$

$$\text{ainemäärä} = \frac{\text{massa}}{\text{moolimassa}} \quad n = \frac{m}{M}$$

$$\text{ainemäärä} = \frac{\text{rakenneyksiköiden lukumäärä}}{\text{Avogadron vakio}} \quad n = \frac{N}{N_A}$$

Muista vielä fysiikasta tuttu tiheyden, tilavuuden ja massan välinen suhde

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad \text{eli tiheys} = \frac{\text{massa}}{\text{tilavuus}}$$

$$m = \rho \cdot V, \quad \text{eli massa} = \text{tiheys} \cdot \text{tilavuus}$$

**ESIMERKKI:** Glukoosin molekyylikaavasta  $C_6H_{12}O_6$ , ( $M = 180,16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ) selviää seuraavat tiedot:

	Hiili (C)	Vety (H)	Happi (O)
Atomien lukumäärä molekyylissä (kaavan alaindeksit)	6	12	6
Atomien ainemäärä ( $n$ ) moolissa yhdistettä	6 mol	12 mol	6 mol
Atomien lukumäärä moolissa yhdistettä ( $N = n \cdot N_A$ )	$6 \cdot (6,022 \cdot 10^{23}) = 3,613 \cdot 10^{24}$	$12 \cdot (6,022 \cdot 10^{23}) = 7,226 \cdot 10^{24}$	$6 \cdot (6,022 \cdot 10^{23}) = 3,613 \cdot 10^{24}$
Suhteellinen atomimassa	12,01	1,008	16,00
Atomien massa moolissa	$6 \text{ mol} \cdot 12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 72,06 \text{ g}$	$12 \text{ mol} \cdot 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 12,096 \text{ g}$	$6 \text{ mol} \cdot 16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 96,00 \text{ g}$

## Kemian laskut

- Lue esimerkki tarkasti.
- Merkitse esimerkkiä lukiessasi ylös suureet, jotka on annettu. Käytä tunnuksia ja aineiden kaavoja, jotta muistat laskiessasi, minkä aineen massa tai ainemäärä oli kyseessä. Esimerkiksi veden massa  $m(\text{H}_2\text{O}) = 12,5 \text{ g}$ .
- Laske atomimassataulukon avulla moolimassa aineelle, jonka kaava on annettu.
- Merkitse muistiin myös se suure, jonka arvoa kysytään.
- Etsi lauseke, joka antaa riippuvuuden annettujen suureiden ja kysytyn suureen välille. Ainemäärälle  $n$  pätevät lausekkeet  $n = \frac{m}{M}$  ja  $n = \frac{N}{N_A}$ .

- Ratkaise em. kaavasta se suure, jota tehtävässä kysytään.
- Sijoita alussa kokoamasi lukuarvot paikalleen ja laske tulos.
- Pyöristä lopputulos tarkkuuteen, joka on sama kuin epätarkin tehtävässä annettu lukuarvo. Epämääräiset arvot 2 kilogrammaa, yksi litra jne. voidaan tulkita annetuksi sillä tarkkuudella, joka on käytännön kannalta järkevä: litra mitataan todennäköisesti ainakin desilitran ja usein sen kymmenesosan tarkkuudella, joten tarkkuudeksi voidaan arvioida 2 tai 3 numeroa. Jos sijoitat välituloksia, käytä pyöristämättömiä arvoja!
- Anna vastaus ja pohdi, onko se järkevä.

Muunnosharjoitus. Täydennä taulukon tyhjät ruudut.

Pari	2 kpl	Tusina	12 kpl	Mooli	$6,022 \cdot 10^{23}$ kpl = $N_A$ kpl
2 paria	4 kpl	2 tusinaa	24 kpl	2 moolia	$1,2044 \cdot 10^{24}$ kpl = $2N_A$ kpl
6 paria		6 tusinaa		6 moolia	
10 paria		10 tusinaa		10 moolia	
	50 kpl		300 kpl		$5,0 \cdot 10^{15}$ kpl =
	88 kpl		1260 kpl		$2,0 \cdot 10^{26}$ kpl =

Muunnosharjoitus. Täydennä taulukon tyhjät ruudut.

yhdiste	$M$ (g/mol)	$m$ (g)	$N$ (kpl)	$n$ (mol)
Fe				1
Fe				0,5
Fe				0,568
Fe				$n$
H <sub>2</sub> O		180		
H <sub>2</sub> O		1,8		
H <sub>2</sub> O		678		
H <sub>2</sub> O		$m$		

Jatkuu...



...jatkuu

yhdiste	$M$ (g/mol)	$m$ (g)	$N$ (kpl)	$n$ (mol)
O <sub>2</sub>			$3 N_A$	
O <sub>2</sub>			$1,3 \cdot 10^{24}$	
O <sub>2</sub>			$N$	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		23,6		
NaCl				1,56
Näyte X		56		2
näyte Y		3,45		0,0345