

## 1 Základné konštanty

Atómová hmotnostná jednotka:	$1.660539040 \times 10^{-27}$ kg $1.661 \times 10^{-27}$ kg
Avogadrovo číslo:	$6.022140857 \times 10^{23}$ častíc/mól $6.022 \times 10^{23}$ častíc/mól
Elementárny náboj:	$1.6021766208 \times 10^{-19}$ C $1.602 \times 10^{-19}$ C
Planckova konštantka:	$6.626070040 \times 10^{-34}$ J.s $6.626 \times 10^{-34}$ J.s

## 2 Základné pojmy a veličiny

### 2.1 Látkové množstvo, hmotnostná jednotka

1. Vypočítajte hmotnosť atómov vybraných prvkov (H, He, C, N, O, Na, S a Cl) v gramoch.

#### Riešenie

Hmotnosti atómov vyhľadáme v PTP napríklad na [www.webelements.com](http://www.webelements.com). Tieto sú udávané v atómových hmotnostných jednotkách. Pre výpočet hmotnosti v gramoch vynásobíme hmotnosťou atómovej hmotnostnej jednotky, t.j.  $1.661 \times 10^{-24}$  g:

H	1.008	1.674E-24 g
He	4.003	6.649E-24 g
C	12.011	1.995E-23 g
N	14.007	2.327E-23 g
O	15.999	2.657E-23 g
Ne	20.180	3.352E-23 g
Na	22.990	3.819E-23 g
S	32.060	5.325E-23 g
Cl	35.450	5.888E-23 g

2. Vypočítajte hmotnosť molekúl vybraných látok (voda, metán, kyslík, dusík, kuchynská soľ, kysličník uhoľnatý, kysličník uhličitý, kysličník dusičitý) v atómových hmotnostných jednotkách aj v gramoch.

### Riešenie

Hmotnosti molekúl získame ako súčet hmotností atómov, ktoré molekulu vytvárajú. Použijeme hodnoty z predchádzajúceho príkladu:

Voda	H <sub>2</sub> +O	18.015 amu	2.992E-23 g
Metán	C+4H	16.043 amu	2.665E-23 g
Kyslík	2O	31.998 amu	5.315E-23 g
Dusík	2N	28.014 amu	4.653E-23 g
Kuchynská soľ	Na+Cl	58.440 amu	9.707E-23 g
Kysličník uhoľnatý	C+O	28.010 amu	4.652E-23 g
Kysličník uhličitý	C+2O	44.009 amu	7.310E-23 g
Kysličník dusičitý	N+2O	46.005 amu	7.641E-23 g

### 3. Vypočítajte Avogadrovu konštantu (Avogadrovo číslo).

#### Riešenie

Podľa definície, jeden mól látky obsahuje práve toľko častíc, koľko častíc obsahuje 12g uhlíka <sup>12</sup>C. Počet týchto častíc teda bude 12g / hmotnosť jednej častice <sup>12</sup>C v gramoch. Táto hmotnosť je podľa definície atómovej hmotnostnej jednotky, *u*, 12*u*. Avogadrova konštantá, *N<sub>A</sub>*, teda bude:

$$N_A = \frac{12[g]}{12u[g]} = \frac{1[g]}{u[g]}$$

Atómová hmotnostná jednotka, *u*, predstavuje  $1.660539040 \times 10^{-24}$ g. Po dosadení číselných hodnôt (a zaokrúhlení) dostaneme:

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ častíc/mól}$$

#### Komentár

- Skontrolujte hodnotu Avogadrovej konštanty, *N<sub>A</sub>*, v tabuľke základných fyzikálnych konštánt na <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/>
- Všimnite si, že súčin *N<sub>A</sub>*×*u* predstavuje 1g látky, ak Avogadrova konštantá predstavuje počet častíc/mól a atómová hmotnostná jednotka je v [g].

### 4. Vypočítajte mólovú hmotnosť (t.j. hmotnosť jedného mólu) látok z predchádzajúceho príkladu, t.j. vody, metánu, kyslíka, dusíka, kuchynskej soli, kysličníka uhoľnatého, kysličníka uhličitého a kysličníka dusičitého.

Počet častíc,  $N_A$ , vynásobíme hmotnosťou jednej častice:

Voda	H <sub>2</sub> +O	18.020 g
Metán	C+4H	16.047 g
Kyslík	2O	32.006 g
Dusík	2N	28.021 g
Kuchynská soľ	Na+Cl	58.455 g
Kysličník uhoľnatý	C+O	28.017 g
Kysličník uhličitý	C+2O	44.020 g
Kysličník dusičitý	N+2O	46.017 g

**5. Vypočítajte hmotnosť jedného mólu kremíka, Si, ak relatívna atómová hmotnosť kremíka je 28.0855.**

Riešenie

Vieme, že jeden mól kremíka obsahuje  $N_A=6.022 \times 10^{23}$  častíc, v tomto prípade atómov kremíka. Relatívna atómová hmotnosť kremíka je 28.0855. To znamená, že absolútna hmotnosť jedného atómu kremíka je 28.0855u [g]. Hmotnosť jedného mólu kremíka teda bude:

$$m_{Si} = N_A \times 28.0855u$$

Po dosadení číselných hodnôt dostaneme:

$$m_{Si} = 28.0855g.$$

Komentár

V tomto prípade nemusíme dosadzovať všetky číselné hodnoty. Využijeme poznatok, že súčin  $N_A \times u$  predstavuje 1g látky, ak Avogadrova konštanta predstavuje počet častíc/mól a atómová hmotnostná jednotka je v [g]. Hmotnosť jedného mólu kremíka sa preto „jednoducho“ číselne rovná jeho relatívnej atómovej hmotnosti  $\times 1g$ .

**6. Vypočítajte hmotnosť jedného mólu prvkov, používaných v elektrotechnickom priemysle, a to Ge (polovodič), Cu (vodič), Al (vodič) a Fe (konštrukčný materiál).**

Relatívne atómové hmotnosti podľa [www.webelements.com](http://www.webelements.com) sú:

Ge: 72.64

Cu: 63.546

Al: 26.9815386

Fe: 55.845

V zmysle predchádzajúceho poznatku, hmotnosti jedného mólu týchto prvkov budú:

Ge: 72.64 g

Cu: 63.546 g

Al: 26.9815386 g

Fe: 55.845 g

**7. Aké látkové množstvo predstavuje 1 tona uhlia spaľovaného v klasickej tepelnej elektrárni?**

Riešenie

Relatívna hmotnosť uhlíka podľa [www.webelements.com](http://www.webelements.com) je 12.011. Platí teda priama úmera:

1 kmól uhlíka ..... 12.011kg uhlíka

x kmólov uhlíka ..... 1000kg uhlíka

$$\frac{x}{1} = \frac{1000}{12.011} = 83.26 \text{ kmólov}$$

Komentár

Ako palivo v jadrových reaktoroch alebo ako náplň atómových bômb sa používa obohatený urán, t.j. urán so zvýšeným zastúpením izotopu  $^{235}\text{U}$ . V prírodnej zmesi je ho iba okolo 0.72%. Pre využitie uránu ako jadrového paliva je potrebné zvýšiť zastúpenie izotopu  $^{235}\text{U}$  z 0.72% väčšinou na 6 – 8%. Pre použitie v atómovej bombe je potrebné zvýšiť koncentráciu až na hodnotu okolo 90%.

**8. Vypočítajte hmotnosť jedného kmólu prírodného uránu a uránového paliva obohateného na a) 7% a b) 90%.**

Riešenie

Podľa Mendelejevovej PTP má urán nasledovné zastúpenie izotopov:

$^{234}\text{U}$       234.0409468      0.0055 at. %

$^{235}\text{U}$       235.0439242      0.7200 at. %

$^{238}\text{U}$       238.0507847      99.2745 at. %

Hmotnosť takejto zmesi izotopov [v kg] teda bude:

$N_A(0.000055 \times 234.0409468 + 0.0072 \times 235.0439242 + 0.992745 \times 238.0507847)u$   
Samotný výraz:

$$(0.000055 \times 234.0409468 + 0.0072 \times 235.0439242 + 0.992745 \times 238.0507847)$$

má význam strednej hodnoty relatívnej hmotnosti jedného atómu uránu a má hodnotu 238.0289147633155. Táto hodnota je konzistentná s údajom o relatívnej atómovej hmotnosti uránu v PTP (238.02891). Hmotnosť jedného kmólu prirodzenej zmesi uránu potom bude 238.02891kg.

Pri výpočte hmotnosti uránového paliva obohateného na 7% zanedbáme izotop  $^{234}\text{U}$ :

$$N_A(0.07 \times 235.0439242 + 0.93 \times 238.0507847)u = 237.8403kg$$

Palivo atómovej bomby obohatené na 90%:

$$N_A(0.9 \times 235.0439242 + 0.1 \times 238.0507847)u = 235.3446kg$$

Analogicky postupujeme aj v prípade zmesi iných častíc s rôznymi hmotnosťami; nemusí ísť práve o zmes rôznych izotopov toho istého chemického prvku.

## 9. Vypočítajte hmotnosť jedného mólu vzduchu.

### Riešenie

Budeme uvažovať veľmi zjednodušený model vzduchu ako zmes dvoch hlavných plynov; 20%  $\text{O}_2$  a 80%  $\text{N}_2$ . Hmotnosti molekuly kyslíka  $\text{O}_2$  a dusíka  $\text{N}_2$  získame ako dvojnásobok hmotnosti atómu kyslíka a dusíka z PTP. Hmotnosť molekuly kyslíka  $\text{O}_2$  bude  $2 \times 15.999 = 31.998$  a hmotnosť molekuly dusíka  $\text{N}_2$  bude  $2 \times 14.007 = 28.014$ . Priemerná relatívna hmotnosť jednej molekuly vzduchu potom bude:

$$0.2 \times 31.998 + 0.8 \times 28.014 = 28.811$$

Jeden mól vzduchu teda váži 28.811g.

### Komentár

Tento údaj je odvodený z definície látkového množstva ako určitého počtu častíc látky. Nebude teda závisieť ani od tlaku, ani od teploty vzduchu.

V prípade chemických zlúčenín budeme za základnú časticu látky považovať jej molekulu. Zo známeho chemického zloženia určíme hmotnosť molekuly ako súčet hmotností atómov, z ktorých sa táto molekula skladá.

**10. V obchode si kúpime 1kg kuchynskej soli. Aké látkové množstvo (t.j. koľko mólov) soli sme si kúpili?**

Riešenie

Chemické zloženie kuchynskej soli je NaCl. Relatívna hmotnosť jednej molekuly kuchynskej soli je 58.44 (NaCl). Hmotnosť jedného mólu je teda 58.44g. Platí priama úmera:

1 mól kuchynskej soli ..... 58.44g  
x mólov kuchynskej soli ..... 1000g

$$\frac{x}{1} = \frac{1000}{58.44} = 17.111 \text{ mólov}$$

Komentár

- Vyhľadajte mólovú hmotnosť kuchynskej soli na [https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorid\\_sodný](https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorid_sodný)

**11. Určite mólovú hmotnosť vody a porovnajte ju s údajom na internete.**

Riešenie

Chemické zloženie vody je H<sub>2</sub>O. Mólová hmotnosť vody preto bude:

$$2 \times 1.008 + 1 \times 15.999 = 18.015 \text{ g/mól}$$

Údaj sa nachádza napríklad na <https://sk.wikipedia.org/wiki/Voda>.

**12. Priemerný prietok Dunaja je v ústí 6500m<sup>3</sup>/s, v Budapešti 2350m<sup>3</sup>/s, v Bratislave 2025m<sup>3</sup>/s a vo Viedni 1900m<sup>3</sup>/s. Prepočítajte tieto prietoky na kmól/s.**

Riešenie

Z predchádzajúceho príkladu vieme, že mólová hmotnosť vody je  $18.015\text{g/mol} = 18.015\text{kg/kmol}$ . Hustota vody je  $1\text{g/cm}^3 = 1\text{kg/liter} = 1000\text{kg/m}^3$ . Platí úmera:

1 kmól vody ..... 18.015kg  
x kmólov vody ..... 6500000kg

$$\frac{x}{1} = \frac{6500000}{18.015} = 360810 \text{ kmólov/s}$$

Podobne vypočítajte prietoky v Budapešti, v Bratislave a vo Viedni.

Voda je najdôležitejšou zložkou v ľudskom organizme. Je našou súčasťou už od vývinu, keď tvorí až 80% hmotnosti embrya, u novorodenca je to 75% hmotnosti tela. S pribúdajúcim vekom klesá množstvo vody v našom tele. U dospelého človeka predstavuje voda  $2/3$  hmotnosti, čo je 55-65%, v neskoršom veku voda tvorí už len 50% našej hmotnosti. Zastúpenie vody tvorí v srdci 80-90%, v krvi 83% a v mozgu 80%. Svalové tkanivo obsahuje 75% vody, pričom tukové tkanivo len 20%. Práve tento fakt spôsobuje, že obézni ľudia mávajú často krát nedostatok vody v tele, niekedy až na hranici dehydratácie.

**13. Aké látkové množstvo vody obsahuje telo dospelého človeka (uvažujte jeho hmotnosť 80kg a podiel vody 60%)?**

Riešenie

60% z 80kg je 48kg. Treba teda prepočítať 48kg vody na látkové množstvo, pričom využijeme poznatok, že mólová hmotnosť vody je  $18.015\text{kg/kmol}$ . Platí priama úmera:

1 kmól vody ..... 18.015kg  
x kmólov vody ..... 48kg

$$\frac{x}{1} = \frac{48}{18.015} = 2.664 \text{ kmólov}$$