

1 Základné pojmy veličiny

1.1 Látkové množstvo

1. Vypočítajte Avogadrovu konštantu pre jeden mól látky z atómovej hmotnostnej jednotky.

Riešenie

Podľa definície, jeden mól látky obsahuje práve toľko častíc, koľko častíc obsahuje 12g uhlíka ^{12}C . Počet týchto častíc teda bude 12g / hmotnosť jednej častice ^{12}C v gramoch. Táto hmotnosť je podľa definície atómovej hmotnostnej jednotky, u , $12u$. Avogadrova konštanta, N_A , teda bude:

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

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

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

Komentár

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

2. Vypočítajte Avogadrovu konštantu pre jeden kmól látky z atómovej hmotnostnej jednotky.

Riešenie je analogické ako v predchádzajúcom prípade, len treba dať pozor na správne používanie jednotiek. Podľa definície, jeden kmól látky obsahuje práve toľko častíc, koľko častíc obsahuje 12kg uhlíka ^{12}C . Počet týchto častíc teda bude 12kg / hmotnosť jednej častice ^{12}C v kilogramoch. Táto hmotnosť je podľa definície atómovej hmotnostnej jednotky, u , $12u$. Avogadrova konštanta, N_A , teda bude:

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

Atómová hmotnostná jednotka, u , predstavuje $1.660539040 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Po dosadení číselných hodnôt dostaneme:

$$N_A = 6.022 \times 10^{26} \text{ častíc/kmól}$$

Komentár

- Skontrolujte hodnotu Avogadrovej konštanty, N_A , v tabuľke základných fyzikálnych konštánt na <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/>
- Všimnite si, že súčin $N_A \times u$ predstavuje 1kg látky, ak Avogadrova konštanta predstavuje počet častíc/kmól a atómová hmotnostná jednotka je v [kg].

Ako je to v prípade chemických prvkov iných ako uhlík?

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

Riešenie

Vieme, že jeden mól kremíka obsahuje $N_A = 6.022$ 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 z predchádzajúceho výpočtu, 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 $\times 1g$. Podobne by sme samozrejme postupovali pri výpočte hmotnosti 1 kmólu kremíka.

4. Vypočítajte hmotnosť jedného mólu, resp. jedného kmólu prvkov, používaných často v elektrotechnickom priemysle, a to Ge (polovodič), Cu (vodič), Al (vodič) a Fe (konštrukčný materiál). Relatívne atómové hmotnosti podľa www.webelements.com sú:

Ge ... 72.64

Cu ... 63.546

Al ... 26.9815386

Fe ... 55.845

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

Ge ... 72.64g, resp. 72.64kg

Cu ... 63.546g, resp. 63.546kg

Al ... 26.9815386g, resp. 26.9815386kg

Fe ... 55.845g, resp. 55.845kg

Komentár

Možno teda urobiť zovšeobecnenie, že na „výpočet“ hmotnosti jedného mólu, resp. jedného kmólu ľubovoľného prvku stačí v periodickej tabuľke prvkov vyhľadať jeho relatívnu atómovú hmotnosť a túto vynásobiť 1g, resp. 1kg. Aby sme sa vyhli nedorozumeniam a chybám, správna formulácia by mala znieť, že „jeden mól kremíka má hmotnosť (alebo váži) 28.0855g“ namiesto „jeden mól kremíka je 28.0855g, pretože podľa definície látkového množstva, jeden mól kremíka je 6.022×10^{23} častíc (atómov) kremíka.

Relatívne atómové hmotnosti prvkov udávané v periodickej tabuľke chemických prvkov zohľadňujú aj zastúpenie jednotlivých izotopov týchto prvkov v prirodzenej zmesi. Ide teda o priemerovanú hodnotu zohľadňujúcu podiel jednotlivých izotopov v prirodzenej zmesi. V mnohých prípadoch výrazne prevláda jeden izotop. V takomto prípade môžeme relatívnu atómovú hmotnosť príslušného prvku dostatočne presne nahradiť hmotnostným číslom tohto prevládajúceho izotopu, najmä v prípade orientačných výpočtov alebo výpočtov, pri ktorých sú použité aj ďalšie priblíženia a z hľadiska presnosti výpočtu nemá zmysel udávať relatívne atómové hmotnosti s extrémnou presnosťou.

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

Riešenie

Relatívna hmotnosť uhlíka podľa www.webelements.com je 12.0107. Platí teda priama úmera:

1 kmól uhlíka 12.0107kg uhlíka

x kmólov uhlíka 1000kg uhlíka

$$\frac{x}{1} = \frac{1000}{12.0107} = 83.26 \text{ kmólov}$$

Komentár

Prečo relatívna atómová hmotnosť uhlíka nie je presne 12.0000? Je to v súlade s definíciou atómovej hmotnostnej jednotky?

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

- 6. 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}U	234.0409468	0.0055 at. %
^{235}U	235.0439242	0.7200 at. %
^{238}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 238.02891 kg.

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

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

Palivo atómovej bomby obohatené na 90%:

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

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

7. Vypočítajte hmotnosť jedného mólu vzduchu.

Riešenie

Budeme uvažovať veľmi zjednodušený model vzduchu ako zmes dvoch hlavných plynov; 20% O₂ a 80% N₂. Hmotnosti molekuly kyslíka O₂ a dusíka N₂ získame ako dvojnásobok hmotnosti atómu kyslíka a dusíka z PTP. Hmotnosť molekuly kyslíka O₂ bude $2 \times 15.9994 = 31.9988$ a hmotnosť molekuly dusíka N₂ bude $2 \times 14.0067 = 28.0134$. Priemerná relatívna hmotnosť jednej molekuly vzduchu potom bude:

$$0.2 \times 31.9988 + 0.8 \times 28.0134 = 28.81048$$

Jeden mól vzduchu teda váži 28.8105g.

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.

8. 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 $22.98976928 \text{ (Na)} + 35.453 \text{ (Cl)} = 58.44277 \text{ (NaCl)}$. Hmotnosť jedného mólu je teda 58.44277g. Platí priama úmera:

1 mól kuchynskej soli 58.44277g
x mólov kuchynskej soli 1000g

$$\frac{x}{1} = \frac{1000}{58.44277} = 17.111 \text{ mólov}$$

Komentár

- Hmotnosť jedného mólu nejakej látky sa nazýva **molárna hmotnosť**.
- Vyhľadajte molárnu hmotnosť kuchynskej soli na https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorid_sodný

9. Určite molárnu hmotnosť vody a porovnajte ju s údajom na internete.

Riešenie

Chemické zloženie vody je H₂O. Molárna hmotnosť vody preto bude:

$$2 \times 1.00794 + 1 \times 15.9994 = 18.01528 \text{ g/mól}$$

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

10. Priemerný prietok Dunaja je v ústí 6500m³/s, v Budapešti 2350m³/s, v Bratislave 2025m³/s a vo Viedni 1900m³/s. Prepočítajte tieto prietoky na kmól/s.

Riešenie

Z predchádzajúceho príkladu vieme, že molárna hmotnosť vody je 18.01528g/mól = 18.01528kg/kmól. Hustota vody je 1g/cm³ = 1kg/liter = 1000kg/m³. Platí úmera:

1 kmól vody 18.01528kg

x kmólov vody 6500000kg

$$\frac{x}{1} = \frac{6500000}{18.01528} = 360805 \text{ kmólov/s}$$

Podobne pre prietoky v Budapešti, Bratislave a vo Viedni dostaneme 130445 kmólov/s, 112405 kmólov/s a 105466 kmólov/s.

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.

11. 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 molárna hmotnosť vody je 18.01528kg/kmól. Platí priama úmera:

1 kmól vody 18.01528kg
x kmólov vody 48kg

$$\frac{x}{1} = \frac{48}{18.01528} = 2.6644 \text{ kmólov}$$