

## Chemia

Wydział SiMR, kierunek IPEiH  
I rok I stopnia studiów, semestr I  
dr hab. inż. Leszek Niedzicki

### Podstawowe prawa chemii

#### Zasada Avogadra

- W takiej samej objętości różnych gazów (przy tej samej temperaturze/ciśnieniu) znajduje się tyle samo drobin (cząsteczek, a dla gazów szlachetnych - atomów) gazu.
- 1 mol każdego gazu zajmuje objętość 22,4 dm<sup>3</sup> (w warunkach norm.: T = 0°C, p = 1013 hPa)
- Należy przy tym pamiętać, że „mol gazu” oznacza dla argonu atomy (Ar), ale dla np. azotu - cząsteczkę (N<sub>2</sub>), a więc 1 mol będzie ważył nie 14 ale 28g.
- W praktyce istnieją odchylenia od tej reguły, ale niewielkie (do kilku procent).

#### Stechiometria

- Stosunki ilościowe zważone w ludzkiej skali (makroskopowo) są takie same jak w mikroświecie (stosunki między atomami, cząsteczkami).  
To znaczy dla związku A<sub>x</sub>B<sub>y</sub>:  
(cząsteczki)  $x \cdot m_A / y \cdot m_B = \%A / \%B$  (skala makro)
- Prawo zachowania masy: masa substratów jest równa masie produktów (masa reagentów nie zmienia się).
- Stosunek masowy pierwiastków w związku chemicznym jest stały i charakterystyczny dla związku.

## Mol

- Mol jest jednostką liczności materii i w praktyce używany jest tak jak „milion” czy „tysiąc”.
- Milion cząsteczek to 1·10<sup>6</sup>;
- Mol to 6,022·10<sup>23</sup> drobin (atomów, cząsteczek);
- 6,022·10<sup>23</sup> to inaczej liczba Avogadra (N<sub>A</sub>);
- Masa atomów i cząsteczek (skala atomowa) liczona jest w „u” (unitach), czyli atomowych jednostkach masy. Atom wodoru waży 1u, cząsteczka wody 18u;
- Masa 1 mola atomów lub cząsteczek w gramach jest równa masie tego atomu lub cząsteczki w jednostkach „u”;  
Mol atomów wodoru waży 1g (ale cząsteczek wodoru - H<sub>2</sub> - 2g),  
mol wody to 18g;
- Masa cząsteczki to suma mas atomów, z których się składa.

#### Reakcje

- Reakcje to inaczej utworzenie nowych wiązań między atomami (ew. po zerwaniu wcześniejszych).
- Substancje, które istniały przed reakcją i biorą w niej udział nazywamy **substratami**.
- Substancje będące wynikiem reakcji nazywamy **produktami**.
- np.:  $A + B \rightarrow C$      $D + E \rightarrow F + G$   
 $H \rightarrow I + J$      $K + K \rightarrow L$

#### Stechiometria

- Stosunek molowy (ani masowy) pierwiastków tworzących związek nie zawsze (zwłaszcza w chemii organicznej) określa jednoznacznie jaki to związek.  
Np.: H<sub>2</sub>C=CH<sub>2</sub> (2C:4H = 1:2) i H<sub>2</sub>C=CH-CH<sub>3</sub> (3C:6H = 1:2)
- Stosunek masowy (i możliwy do obliczenia z niego molowy) między pierwiastkami może natomiast służyć, choć **tylko jako jedna z kilku metod**, do potwierdzenia struktury związku (analiza elementarna).

## Stechiometria równań chemicznych

- Substancje reagują ze sobą w określonym stosunku, charakterystycznym dla danej reakcji. Produkt pozostaje w określonej proporcji względem substratów i wobec innych produktów, np.:
- $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$       $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$   
2 : 1 : 2     3 : 1 : 2 (molowo)  
4g : 32g : 36g     6g : 28g : 34g  
(4+32=36     6+28=34)

7

## Stechiometria równań chemicznych

- Jak wynika z zasady Avogadra, stosunek objętościowy dla gazów jest taki sam jak stosunek molowy.
- Liczby określające molowy stosunek stechiometryczny reagentów są równe współczynnikom stechiometrycznym równania chemicznego.
- Ilość jednego reagenta danej reakcji określa ilość wszystkich pozostałych. Dotyczy to oczywiście tylko tych substratów, które przereagowały, a nie, których użyto (mógł być użyty nadmiar) oraz produktów, które zostały zsyntezowane (w tym również produkty uboczne, jeśli takie były).

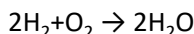
8

## Stechiometria równań chemicznych

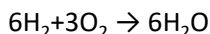
Przykład:

W ilu molach tlenu należy spalić 6 moli wodoru, aby uzyskać jak najwięcej wody?

Podstawowe równanie reakcji:



a więc:



Odp.: W trzech molach tlenu (ok. 67,2 dm<sup>3</sup>)!



9

## Energia reakcji

- By reakcja zaszła, musi się „opłacać” substratom. Po reakcji muszą się one znaleźć w „lepiej” (energetycznie) sytuacji niż przed reakcją. Także otoczenie reagentów musi sprzyjać zachodzeniu reakcji (odpowiednie warunki: minimalna temperatura, ciśnienie, obecność jakiegoś katalizatora lub brak inhibitora). Czasem jest to niezbędne do rozpoczęcia reakcji. Utworzenie tych warunków wymaga często dużego nakładu energii.
- Istnieją reakcje, które wydzielają energię/ciepło. Są też takie, które pochłaniają energię/ciepło (jeśli sztucznie nie są podgrzewane, to ochładzają swoje otoczenie).
- Miarą efektu cieplnego (energetycznego) reakcji jest charakterystyczna dla niej (przy stałym ciśnieniu) **entalpia reakcji ( $\Delta H$ )**.

10

## Energia reakcji

- Jeśli  $\Delta H > 0$  to reakcja jest **endotermiczna** (pochłania energię).
- Jeśli  $\Delta H < 0$  to reakcja jest **egzotermiczna** (wydziela energię).
- Wspomniane wcześniej ograniczenia inicjacji reakcji wynikają m.in. z tego, że powyżej pewnej temperatury jeden z substratów zmienia swój stan skupienia lub ulega reakcji rozkładu (np. wybuchu). Poniżej pewnej temperatury rozpuszczalnik, w którym zachodzi reakcja może zastygnąć, jeden z substratów może się wytrącić, itd.

11

## Mieszanina a związek chemiczny

- Związek chemiczny** ma stały skład a wszystkie jego atomy połączone są wiązaniami chemicznymi.
- Mieszanina** to zmieszane ze sobą związki/pierwiastki (dwa lub więcej) o takich samych lub różnych stanach skupienia. Skład mieszaniny można zmienić np. dodając jeden ze składników. Atomy różnych związków nie są połączone ze sobą wiązaniami, ale mogą (nie muszą) ze sobą oddziaływać.

12

## Mieszaniiny

- Składnikiem mieszaniny może być substancja w dowolnym stanie skupienia.
- Mieszaniiny mogą być jednorodne (**homogeniczne**) lub niejednorodne (**heterogeniczne**).
- Faza** to jednolita fizycznie część układu oddzielona od innych granicą faz (powierzchnią międzyfazową), na której następuje skokowa zmiana właściwości (fizycznych lub chemicznych).
  - Olej wylany na wodę jest mieszaniną z wyraźną granicą fazy (obie fazy ciekłe).
  - Mgła (w znaczeniu zjawiska atmosferycznego) jest mieszaniną mikroskopijnych kropelek wody (ciecz) otoczonych parą wodną (gaz).
  - Woda z rozpuszczonym w niej cukrem jest mieszaniną dwuskładnikową (pomijając zanieczyszczenia), ale jest jedną fazą (jednorodna ciecz).

13

## Mieszaniiny

- Mieszaniina składa się z fazy rozpraszającej i fazy rozproszonej.
- Mieszaniiny dzieli się na:
  - niejednorodne (fazę rozproszoną widać gołym okiem, ew. lupę)
  - koloidy (rozproszone cząstki mają rozmiar  $1\text{nm} < x < 500\text{nm}$ )
  - jednorodne = roztwory (rozproszone cząstki  $< 1\text{nm}$ )
- W fazach jednorodnych fazę rozpraszającą nazywamy rozpuszczalnikiem, pozostałe nazywamy substancjami rozpuszczonymi.
- Rozpuszczalnikiem jest ta faza, która ma ten sam stan skupienia co końcowa mieszanina.

14

## Mieszaniiny niejednorodne

Składniki zachowują indywidualne cechy makro i mikroskopowe, można je rozdzielić prostymi metodami fizycznymi, np.: filtracja, segregacja, wirowanie (cyklon), itd.



Wikimedia Commons CC BY 3.0 H. Zychowski

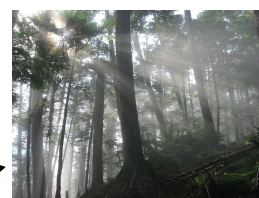
Wikimedia Commons CC BY-SA 3.0 I. Sagdejev

Faza rozpuszczona Rozpuszczalnik	gaz	ciecz	ciało stałe
gaz	-	mgła/aerozol (mżawka)	dym (gaz z popiołem)
ciecz	piana (piana)	emulsja (woda z olejem)	zawiesina (woda z piaskiem)
ciało stałe	piana (styropian)	emulsja (elektrolity kompozytowe)	- (niektóre stopy i kompozyty)

15

## Koloidy

- Pośrednie między jednorodnymi a niejednorodnymi.
- W koloidach zachodzi efekt Tyndalla.



Wikimedia Commons CC BY 3.0 E64

Faza rozpuszczona	gaz	ciecz	ciało stałe
Rozpuszczalnik			
gaz	-	aerozol ciekły (mgła)	aerozol stały (dym)
ciecz	piana (napowietrzana woda)	emulsja (mleko)	zol/zawiesina (woda z kredą)
ciało stałe	piana stała (niektóre kompozyty)	emulsja stała (niektóre polimery z plastyfikatorami)	zol stały (niektóre stopy i kompozyty)

16

## Roztwory

- Składniki w roztworach tracą swoje niektóre cechy indywidualne. Roztwór jest jednorodny fizycznie. Próbką z dowolnego miejsca posiada taki sam skład i właściwości jak całość (stosunek składników jest stały w całej objętości).
- Roztwory można rozdzielić na składniki np. poprzez destylację, krystalizację lub chromatografię.



17

## Roztwory

- Rozpuszczanie polega na wymieszaniu drobin jednego składnika (substancji rozpuszczonej) wśród drobin drugiego (rozpuszczalnika).
- Szybkość rozpuszczania można kontrolować poprzez: zmianę temperatury (wyższa = szybsze rozpuszczanie), mieszanie (szybsze/intensywniejsze = szybsze rozpuszczanie) i rozdrabnianie (większa powierzchnia międzyfazowa = szybsze rozpuszczanie).
- Skład roztworu można zmieniać poprzez dodanie substancji rozpuszczonej, dodanie rozpuszczalnika (rozcieńczenie) lub odparowanie rozpuszczalnika (odpędzenie/zatężenie).

18

## Rozpuszczalność

- To maksymalne stężenie danej substancji w danym rozpuszczalniku (przy danej temperaturze i, dla gazów, także ciśnieniu).
- Roztwór o maksymalnym stężeniu nazywamy **nasyconym**. Dodawanie substancji do roztworu nasyconego nie zmienia stężenia, gdyż ustala się równowaga - rozpuszczanie zachodzi w takim samym tempie jak krystalizacja.
- Rozpuszczalność liczy się w g substancji rozpuszczonej na 100 g rozpuszczalnika (i jest zależna od temperatury).

19

## Rozpuszczalność

- Roztwory **nienasycone** to roztwory o stężeniu mniejszym niż maksymalne (w danej temperaturze).
- Roztwory **przesycone** to niestabilne (**metastabilne**) roztwory o stężeniu większym niż maksymalne (uzyskuje się je np. poprzez wolne odparowanie rozpuszczalnika z roztworu nienasyconego). Po rozpoczęciu zarodkowania (dodanie np. małego kryształka substancji rozpuszczonej, itd.) zachodzi szybka krystalizacja nadmiaru substancji rozpuszczonej.
- Rozpuszczalność cieczy i ciał stałych zwykle rośnie wraz z temperaturą. Rozpuszczalność gazów maleje wraz z temperaturą.

20

## Rozpuszczalność

- Rozpuszczanie powoduje:
  - zmiany gęstości (wzrost masy przy malej zmianie objętości);
  - kontrakcja objętości (suma objętości składników nie jest równa objętości mieszaniny – Mendelejew!);
  - obniżenie temperatury topnienia (sypanie soli na pokryte lodem chodniki/jezdnię) – **eutektyki**;
  - podwyższenie temperatury wrzenia;
  - efekt termiczny (zależny od entalpii mieszania) – „pamiętaj chemiku młody, wlewaj zawsze kwas do wody”;
  - dysocjacja/solvatacja.

21

## Stężenie

s – substancja rozpuszczona, rozp – rozpuszczalnik  
r - roztwór

- **Stężenie procentowe** (zapisywane jako % lub %<sub>mas</sub>):

$$c_p = \frac{m_s}{m_s + m_{rozp}} \cdot 100\%$$

- **Stężenie molowe** (objętość roztworu w mianowniku!):

$$c_m = \frac{n_s}{V_r} \quad \text{jednostka: mol/dm}^3 \text{ lub „M”}$$

- **Stężenie molalne** (używane zwłaszcza, gdy rozpuszczalnikiem jest mieszanina rozpuszczalników):

$$c_n = \frac{n_s}{m_{rozp}} \quad \text{jednostka: mol/kg lub „m”}$$

22

## Stężenie

- Jakie stężenie procentowe będzie miał roztwór 10 g soli kuchennej (NaCl) w dwóch litrach wody?
- Jakie stężenie molowe będzie miał roztwór 11,7 g soli kuchennej (NaCl) w litrze wody ( $M_{NaCl} = 58,5 \text{ g/mol}$ )?
- Jakie jest stężenie molalne 6,84 g sacharozy o masie molowej 342 g/mol w 250 cm<sup>3</sup> wody?
- Jakie jest stężenie procentowe miedzi i cynku w stopie o składzie 30 g miedzi i 120g cynku?

23