

Piotr Seliger

Wykłady z chemii ogólnej i nieorganicznej

dla studentów biologii
mikrobiologii
i biotechnologii
(z elementami
analizy jakościowej
i ilościowej)

Wydanie 2 uzupełnione



Piotr Seliger

Wykłady z chemii ogólnej i nieorganicznej

dla studentów biologii
mikrobiologii
i biotechnologii
(z elementami
analizy jakościowej
i ilościowej)

Wydanie 2 uzupełnione

Piotr Seliger – Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej
i Analitycznej, 91-403 Łódź, Tamka 12

REDAKCJA NAUKOWO-DYDAKTYCZNA
„FOLIA CHEMICA”

Henryk Piekarski, Małgorzata Józwiak

RECENZENT

Edward Szłyk

REDAKTOR INICJUJĄCY

Iwona Gos

KOREKTA TECHNICZNA

Leonora Wojciechowska

PROJEKT OKŁADKI

Katarzyna Turkowska

Zdjęcie wykorzystane na okładce: © Depositphotos.com/NatalieDuvanova

Wydrukowano z gotowych materiałów dostarczonych do Wydawnictwa UŁ

© Copyright by Piotr Seliger, Łódź 2016

© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2016

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
Wydanie 2 uzupełnione. W.07574.16.0.S

Ark. druk. 20,25

<https://doi.org/10.18778/8088-291-1>

ISBN 978-83-8088-291-1

ISBN (ebook) 978-83-7969-229-3

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
90-131 Łódź, ul. Lindleya 8
www.wydawnictwo.uni.lodz.pl
e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl
tel. (42) 665 58 63

Spis treści

1. Słowo wstępne	4
2. Wprowadzenie	5
3. Budowa atomu i układ okresowy	21
4. Wiązanie chemiczne	31
5. Równowagi w roztworach	43
6. Analiza jakościowa kationów	63
7. Analiza jakościowa anionów	77
8. Równowagi kwasowo-zasadowe	83
9. Analiza ilościowa – wstęp i alkacymetria	101
10. Reakcje redoks	113
11. Potencjometria	125
12. Kompleksometria	133
13. Dodatek – Nazewnictwo i izomeria związków kompleksowych	143
14. Dodatek – Kolorymetria	151
15. Dodatek – Logarytmy	159
16. Literatura	161

Słowo wstępne

Skrypt ten został pomyślany jako materiał pomocniczy dla studentów I roku kierunku mikrobiologia i biotechnologia oraz II roku kierunku biologia do wykładów z chemii nieorganicznej prowadzonych na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego. Z moich obserwacji wynika, że przedstawienie niektórych tematów może być przydatne także dla studentów chemii, przy czym zwracam uwagę, iż materiał zawarty w tym skrypcie jest bardzo okrojony i nie obejmuje wszystkich zagadnień wymaganych na kierunku chemia.

Liczba godzin wykładów w porównaniu z ilością materiału obowiązującym w minimum programowym sprawia, że aby został on zrealizowany, wykłady muszą być prowadzone w dość dużym tempie, co z kolei powodowało błędy lub duże luki w notatkach studenckich. Mam nadzieję, że wraz z tym skrypciem studenci będą mogli bardziej skoncentrować się na tłumaczonych zagadnieniach i na zrozumieniu omawianych tematów.

Proszę nie traktować tego podręcznika jako substytut wykładów, lecz jedynie jako pomoc do nich, gdyż wytłumaczenie i objaśnienie zagadnień omawianych na wykładach nie znalazły się w tych materiałach.

W drugim uzupełnionym wydaniu zostały poprawione błędy znalezione w pierwszej edycji tego skryptu. Dodano też kilka nowych slajdów, które pojawiły się w trakcie kolejnych lat prowadzenia wykładów. Ze względu na zmniejszenie liczby godzin wykładów część materiału została przeniesiona i oznaczona jako dodatek, tak by studenci nie mieli problemów z weryfikacją obowiązkowego materiału, który ich dotyczy.



Wprowadzenie

- **Chemia** - nauka zajmująca się materią...
- **Materia** - Wszystko co posiada masę i zajmuje jakieś miejsce w przestrzeni
 - Stół
 - Kreda
 - **A powietrze?**
 - Też jest materią.

Trzy stany materii

- **Gaz**
 - nie posiada zdefiniowanego kształtu i objętości
 - wypełnia jakiegokolwiek naczynie do którego jest wpuszczone
 - daje się wysoce sprężyć
- **Ciecz**
 - nie ma zdefiniowanego kształtu ale ma zdefiniowaną objętość
 - daje się nieznacznie kompresować
- **Ciało stałe**
 - posiada zdefiniowany kształt i objętość
 - w zasadzie nie ulega kompresji

Materia

- **Właściwości chemiczne** - przemiany chemiczne jakim może ulec materia
 - łatwopalny? Łatwo reaguje z tlenem?
- **Właściwości fizyczne:** takie które nie są związane z przemianą chemiczną
 - kolor, gęstość, stan skupienia itd.

Skłasyfikujmy rodzaj przemiany:

Topnienie masła
Spalanie drewna
Schładzanie piwa
Gotowanie wody
Rdzewienie gwoździ
Trawienie pożywienia

Główne działy chemii

- Chemia nieorganiczna
- Chemia organiczna
- Chemia analityczna
- Chemia fizyczna
- Chemia teoretyczna
- Biochemia

Troszkę matematyki

$$2 + 2 =$$



Zapis wykładniczy

- Zazwyczaj mając do czynienia z bardzo dużymi lub bardzo małymi liczbami przedstawiamy je w postaci potęgi 10

Przykłady:

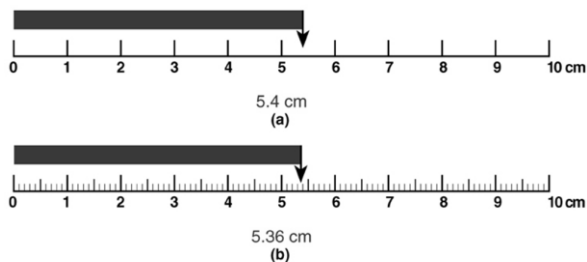
0.00005 zapisujemy jako 5×10^{-5}
4,000,000 zapisujemy jako 4×10^6

Uwaga: ujemny wykładnik oznacza że liczba jest mniejsza od 1!!!

Cyfry znaczące

- Nie każdej cyfrze jaką odczytamy z kalkulatora należy wierzyć
- Każdy pomiar obarczony jest jakimś błędem, czyli obliczenia kalkulatorem również

Cyfry znaczące



Cyfry znaczące - wszystkie cyfry w liczbie przedstawiające jakąś daną bądź wynik, które są pewne plus jedna cyfra niepewna.

- Dla przykładu, jeśli weźmiemy jakieś pudełko i zmierzemy jego długość, wysokość i szerokość - możemy obliczyć jego objętość:

Długość: 12.30 cm

Szerokość: 3.17 cm

Wysokość: 0.22 cm

$$\begin{aligned} \text{Objętość} &= 12.30\text{cm} \times 3.17\text{cm} \times 0.22\text{cm} \\ &= 8.57802 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Jak zaokrąglić?

$$= 8.58? \quad = 8.6? \quad = 8.578?$$

Rozpoznawanie cyfr znaczących

- Wszystkie cyfry różne od zera są znaczące
 - 2.37 posiada 3 cyfry znaczące
- Liczba cyfr znaczących jest **niezależna** od pozycji przecinka dziesiętnego
 - 365.7, 36.57 czy 3.657 posiadają 4 cyfry znaczące
- Zera umieszczone pomiędzy niezerowymi cyframi są również znaczące
 - 7205 posiada 4 cyfry znaczące

- Zera na końcu liczby są cyframi znaczącymi jeśli liczba posiada przecinek.
 - 3.8000 posiada 5 cyfr znaczących
- Zera na końcu liczby jeśli nie posiada ona przecinka, są niejednoznaczne
 - 3000. względem 3000
- Zera po lewej stronie od pierwszej cyfry różnej od zera nie są cyframi znaczącymi.
 - **0.00045** (zauważmy: 4.5×10^{-4})

Parę przykładów

Ile cyfr znaczących znajduje się w tych przykładach?

200.

3109

600.4

0.001020

60.0330

Notacja naukowa, a cyfry znaczące

- Często notację naukową używa się do łatwiejszego określenia liczby cyfr znaczących.
- Przykład:

$$7\ 600 = 7.6 \times 1\ 000 = \underline{7.6} \times 10^3$$

$$0.0050 = 5.0 \times 0.001 = \underline{5.0} \times 10^{-3}$$

Cyfry znaczące w wynikach obliczeń

I. Dodawanie i odejmowanie

- Wynik obliczeń nie może mieć więcej cyfr znaczących niż jakakolwiek z wielkości która została wzięta do obliczeń.

- Przykład: $68.4 \text{ cm} + 1.03 \text{ cm}$

68.4 cm

1.03 cm

69.43 cm

Poprawna odpowiedź cm

II. Mnożenie i dzielenie

- Wynik nie może być bardziej dokładny, niż najmniej dokładna z liczb wziętych do obliczeń.
- Najmniej dokładną liczbą jest ta z najmniejszą liczbą cyfr znaczących.

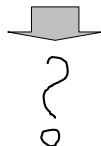
$$\frac{3.7 \times 10^2 \cdot 12.67}{2.187 \times 10^{-4}} = 2.14352995 \times 10^7 \text{ (na kalkulatorze)}$$

Która z liczb posiada najmniej cyfr znaczących?

Tak więc poprawna odpowiedź to

- W przypadku mnożenia czy dzielenia przez liczbę całkowitą lub liczbę dokładną niepewność wyniku jest określona przez wartość mierzoną

Mamy podzielić 1.275 kg kielbasy na 7 równych kawalków, ile powinien ważyć 1 kawalek?



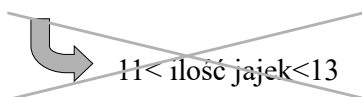
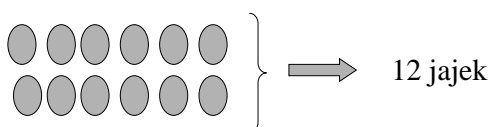
Reguły zaokrągleń liczb

- Gdy cyfra którą chcemy odrzucić jest mniejsza od 5 wówczas nie zmieniamy poprzedzającej ją cyfry.
- Gdy cyfra którą chcemy odrzucić jest równa 5 lub większa, wówczas poprzedzającą ją cyfrę zwiększamy o jednostkę
- Zaokrąglij następującą liczbę do 3 cyfr znaczących: 3.34966×10^4

$$=3.35 \times 10^4$$

Uwaga !!!

- Należy rozróżniać wyniki pomiarów, które są zawsze niepewne i wyniki zliczania, które są dokładne



Pomiary

Na każdy pomiar składają się dwie części

wartość liczbowa ORAZ jednostka

Musimy mieć obydwie części

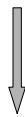
Np. Mam psa który waży 50 gramów?
 dekagramów?
 kilogramów?

Podstawowe jednostki w systemie SI

- długość metr (m)
- objętość litr (L) i metr sześcienny (m³)
- masa kilogram (kg)
- czas sekunda (s)
- temperatura kelwin (K) i st. Celsjusza (°C)
- energia dżul (J) i kaloria (cal)
- liczność materii mol (mol)

- Ponieważ stosujemy system metryczny który jest systemem dziesiętnym

- 1 metr = 10 decymetrów = 100 centymetrów



Używane przedrostki wskazują wykładnik do jakiego podniesiono liczbę 10

Częściej spotykane przedrostki metryczne

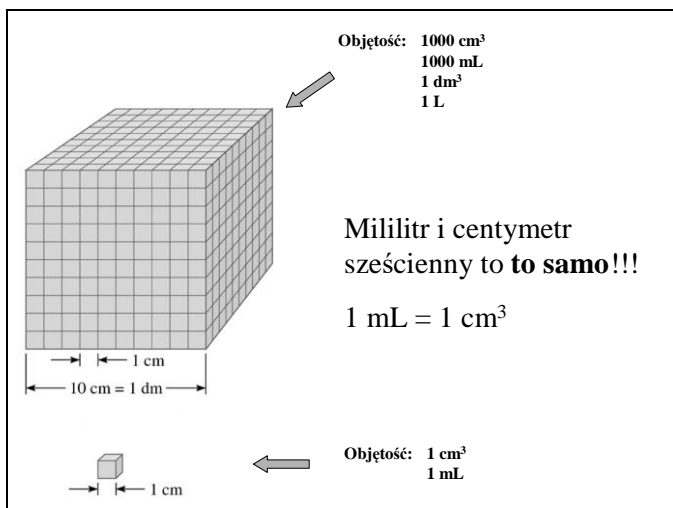
Prefiks	Potęga	Postać dziesiętna
tera (T)	10 ¹²	1 000 000 000 000.
giga (G)	10 ⁹	1 000 000 000.
mega (M)	10 ⁶	1 000 000.
kilo (k)	10 ³	1 000.
deka (da)	10 ¹	10.
decy (d)	10 ⁻¹	0.1
centy (c)	10 ⁻²	0.01
mili (m)	10 ⁻³	0.001
mikro (μ)	10 ⁻⁶	0.000001
nano (n)	10 ⁻⁹	0.000000001
piko (p)	10 ⁻¹²	0.000000000001

Masa i ciężar

- **Masa:** Ilość materii w obiekcie
 - masa jest niezależna od miejsca wykonywania pomiaru
- **Ciężar:** właściwość wszelkich obiektów mających masę wywołana grawitacją (przyciąganiem ziemskim)
 - zależy od miejsca, zależy od siły grawitacji w miejscu w którym go wyznaczamy
- **Stosowane jednostki masy:**
 - 1 kg = 1000g
 - 1 mg = 0.001g

- Przy podawaniu mas obiektów należy używać odpowiednich skal:
 - Ładowność ciężarówki podawana jest w tonach
 - Masę człowieka przedstawia się w kilogramach (US w funtach)
 - Masę spinacza biurowego podamy w gramach
 - Masa atomów?
- Dla atomów, używamy atomowej jednostki masy (a.j.m) lub unitów (u)
1 a.j.m. = 1 u = 1.661×10^{-24} g

- **Długość** - odległość między dwoma punktami
 - duże odległości mierzymy w km
 - odległości pomiędzy atomami mierzymy w nm. 1 nm = 10^{-9} m lub 1 Å = 10^{-10} m
- **Objętość** - przestrzeń zajmowana przez dany obiekt
 - Litr (L) to objętość jaką zajmuje 1000 g wody w 4 stopniach Celsjusza (°C)
 - 1 mL = 1/1000 L = 1 cm³



Gęstość

- **Gęstość:** stosunek masy do objętości

$$d = \frac{m}{V}$$

d - gęstość
m - masa
V - objętość

najczęściej stosowane jednostki to **g/cm³**,
g/mL w odniesieniu do **cieczy i ciał stałych**
oraz **g/dm³**, **g/L** w odniesieniu do **gazów**

Przykład obliczania gęstości

Jaka jest gęstość czystego spirytusu jeśli jego objętość 48.5 mL ma masę 39.1 g? Wynik podaj w g/mL

Korzystając z równania: $d = m/V$

$$d = \frac{m}{V} = \frac{39.1 \text{ g}}{48.5 \text{ mL}} = 0.806 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

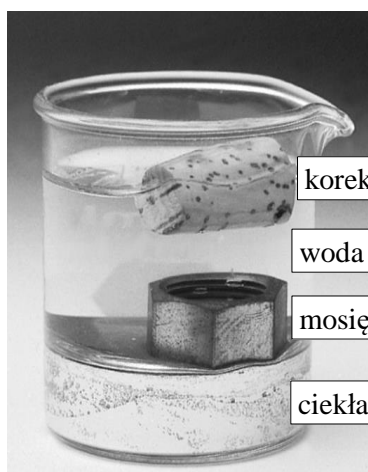
Ciężar właściwy

- **Ciężar właściwy:** gęstość substancji porównana do gęstości wody jako standardu
 - ponieważ ciężar właściwy jest stosunkiem dwóch gęstości, nie posiada więc jednostek (jest bezwymiarowy)
- Często w służbie zdrowia używa się ciężaru właściwego w przypadku badania próbek krwi czy moczu

Przykład ciężaru właściwego

Gęstość miedzi w temperaturze 20°C wynosi 8.92 g/mL. Gęstość wody w tej samej temperaturze wynosi 1.00 g/mL. Jaki jest ciężar właściwy miedzi?

$$\text{ciężar właściwy} = \frac{8.920 \text{ g/mL}}{1.00 \text{ g/mL}} = 8.92$$



korek

woda

mosiężna nakrętka

ciekła rtęć

Czas

- Jednostki są takie same dla wszystkich układów

$$60 \text{ s} = 1 \text{ min}$$

$$60 \text{ min} = 1 \text{ godz.} = 1 \text{ h}$$

Temperatura

Stopień:

- **Fahrenheit (F):** zdefiniowany przez ustalenie temperatury zamarzania wody na 32°C , a temperatury wrzenia wody na 212°C
- **Celsjusz (C):** zdefiniowany przez ustalenie temperatury zamarzania wody na 0°C , a temperatury wrzenia wody na 100°C

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

Temperatura

- **Kelvin (1824-1907)**
- Skala Kelvina jest bardzo ważną skalą gdyż jest ściśle związana z ruchem cząsteczkowym
- Gdy zwiększa się szybkość drgań (ruchu) molekularnego temperatura Kelvina proporcjonalnie się zwiększa
- Jeden w skali Kelvina jest równy jednemu stopniowi w skali Celsjusza