

# ZESZYT DO ĆWICZEŃ Z BIOFIZYKI 2025/2026

## OPTYKA

Imię i nazwisko: .....

Kierunek: Lekarsko-dentystyczny

Grupa:.....

Imię i nazwisko prowadzącego ćwiczenia:.....

**Regulamin zajęć dydaktycznych z biofizyki znajduje się na stronie Zakładu Biofizyki  
Medycznej**

**[www.umb.edu.pl/wl/zaklad-biofizyki/dydaktyka/kierunki/lekarsko-  
dentystyczny/regulamin\\_zajec](http://www.umb.edu.pl/wl/zaklad-biofizyki/dydaktyka/kierunki/lekarsko-dentystyczny/regulamin_zajec)**

## SPIS TREŚCI

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Zagadnienia do ćwiczeń z optyki.....                                                                                                | 3  |
| Ćwiczenie nr 1.1. Wyznaczanie stężeń roztworów metodą refraktometryczną i polarymetryczną.....                                      | 7  |
| Ćwiczenie nr 1.2. Wyznaczanie ogniskowej i zdolności skupiającej soczewek.....                                                      | 13 |
| Ćwiczenie nr 1.4. Wyznaczanie stężeń roztworów metodą z wykorzystaniem spektrofotometru absorpcyjnego.....                          | 16 |
| Ćwiczenie nr 1.6. Osłabienie wiązki światła laserowego przy przejściu przez ciała stałe. Wyznaczanie współczynnika ekstynkcji. .... | 20 |

# OPTYKA

## WYTYCZNE DO SPORZĄDZENIA RAPORTU Z CZĘŚCI ĆWICZENIOWEJ

1. „Zeszyt do Ćwiczeń z Biofizyki” należy wydrukować w formacie A4, spiąć, obłożyć (bindowanie lub skoroszyt) i podpisać.
2. Raport powinien być czytelny, bez skreśleń.
3. Wszelkie rysunki muszą być wykonywane ołówkiem. Obliczenia wraz z prawidłowymi jednostkami mogą być wykonywane długopisem lub ołówkiem.
4. W razie konieczności poprawy raportu, wszelkie korekty muszą być wykonane poniżej części zaznaczonej jako błędna (w miarę wolnego miejsca) lub na nowych kartkach (doklejonych).
5. Dane do końcowej tabeli: „data” oraz „imię i nazwisko wykonującego” muszą być wypełnione długopisem.

## ZAGADNIENIA DO ĆWICZEŃ Z OPTYKI

### Ćwiczenie nr 1.1. Wyznaczanie stężeń roztworów metodą refraktometryczną i polarymetryczną.

1. Co to jest światło? Pojęcia – foton, fala elektromagnetyczna,
2. Wielkości fizyczne opisujące falę elektromagnetyczną wraz z jednostkami. Długość fali, częstotliwość, okres, Energia fotonu, stała Plancka, prędkość rozchodzenia się światła w próżni i innych ośrodkach.
3. Jak rozchodzi się światło w ośrodkach jednorodnych. Pojęcie promienia świetlnego i wiązki światła
4. Współczynnik załamania światła (względny i bezwzględny) – definicja, wzór, wartości jakie może przyjmować, czy ma jednostkę?
5. Ośrodki gęstsze i rzadsze optycznie - porównanie wartości współczynników między ośrodkami
6. Zasada Fermata
7. Prawo odbicia światła – schemat i wzór. Pojęcia – promień padający, promień odbity, kąt padania, kąt odbicia, normalna
8. Prawo załamania światła – definicja, wzór i schemat. Pojęcia - promień padający, promień załamany, kąt padania, kąt załamania, normalna. Załamanie „Od normalnej” i „do normalnej” Czyli stosunek kąta padania i załamania przy przejściu promienia z ośrodka rzadszego do gęstszego i na odwrót.
9. Dwójłomność optyczna – definicja, jak powstaje
10. Kąt graniczny- definicja, schemat, wzór
11. Całkowite wewnętrzne odbicie – definicja, schemat, przykłady (światłowód, endoskop)
12. Polaryzacja światła, rodzaje polaryzacji, metody polaryzacji światła, światło spolaryzowane i niespolaryzowane- różnice
13. Polaryzator, polarymetr, płaszczyzna polaryzacji, kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła spolaryzowanego
14. Prawo Malusa
15. Aktywność optyczna, izomeria optyczna
16. Zastosowanie polarymetrii w diagnostyce
17. Refraktometr i polarymetr – definicja, co mierzą, zasada działania, sposób przeprowadzenia pomiaru

### Ćwiczenie nr 1.2. Wyznaczanie ogniskowej i zdolności skupiającej soczewek.

1. Soczewka, ognisko– definicja
2. Podział soczewek ze względu na kształt, Podział soczewek ze względu na zdolności skupiające
3. Bieg promieni charakterystycznych przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą
4. Konstrukcje powstawania obrazów w soczewce skupiającej i soczewce rozpraszającej

5. Określanie cech obrazów w soczewkach rozpraszających i skupiających
6. Ogniskowa soczewki – definicja, wzór, jednostki
7. Wzór soczewki
8. Zdolność skupiająca – definicja, wzór, jednostki
9. Powiększenie
10. Układ soczewek – wzór, przykłady
11. Aberracje soczewek
12. Budowa układu optycznego oka
13. Właściwości soczewki oka ludzkiego, akomodacja, zakres akomodacji, zdolność rozdzielcza oka ludzkiego.
14. Model Younga widzenia barwnego

#### **Ćwiczenie nr 1.4. Wyznaczanie stężeń roztworów metodą z wykorzystaniem spektrofotometru absorpcyjnego.**

1. Widmo promieniowania elektromagnetycznego – definicja podział ze względu na długość fali i częstotliwość i energię
2. Źródła promieniowania elektromagnetycznego
3. Widma emisyjne i absorpcyjne – jak wyglądają, mechanizmy ich powstawania, widma liniowe, pasmowe, ciągłe – jak wyglądają, jak powstają
4. Model Bohra budowy atomu wodoru
5. Prawo Bougera-Lamberta, Prawo Beera, Prawo Bougera-Lamberta-Beera
6. Ekstynkcja, Transmitancja – definicja, wzory, jednostki
7. Spektrofotometr absorpcyjny – definicja, co mierzy, zasada działania
8. Zastosowanie analizy widmowej
9. Wpływ promieniowania IR, VIS, UV na organizm człowieka

#### **Ćwiczenie nr 1.6. Osłabienie wiązki światła laserowego przy przejściu przez ciała stałe. Wyznaczanie współczynnika ekstynkcji.**

1. Laser – definicja, zasada działania
2. Właściwości światła laserowego
3. Rodzaje laserów
4. Zastosowanie laserów w medycynie
5. Współczynnik ekstynkcji – definicja, wzór, jednostki, od czego zależy jego wartość
6. Suwmiarka – definicja, co mierzy, zasada pomiaru
7. Właściwości funkcji wykładniczej, logarytmicznej i liniowej – wzory, wykresy

#### **LITERATURA:**

„Wybrane zagadnienia z biofizyki” pod red. prof. S. Miękisz  
 „Biofizyka” pod red. prof. F. Jaroszyka  
 „Elementy fizyki, biofizyki i agrofizyki” pod red. prof. S. Przestalskiego  
 „Podstawy biofizyki” pod red. prof. A. Pilawskiego

## **UWAGI DO WYPEŁNIANIA RAPORTÓW Z ĆWICZEŃ**

- 1. Raporty wypełniamy w sposób estetyczny i czytelny (bez skreśleń). Można używać w tym celu ołówka.**
- 2. Wykresy wykonujemy ręcznie (nanosząc punkty) bądź w Excelu ( wykres punktowy+ linia trendu).**
- 3. Wykresy wykonane w Excelu powinny być przyklejone w odpowiednim miejscu, a dane na wykresie muszą się zgadzać z danymi wpisanymi w raporcie.**
- 4. Każdy raport powinien być zakończony uzupełnioną tabelką (data, imię i nazwisko wykonującego).**

# Termin zdania raportów z ćwiczeń z OPTYKI

| <b>Imię i<br/>nazwisko</b> | <b>Data, do której<br/>należy dostarczyć<br/>ćwiczenia<br/>(1 sprawdzanie)</b> | <b>Podpis<br/>wykonującego<br/>raport</b> | <b>Podpis<br/>prowadzącego<br/>potwierdzający<br/>dostarczenie<br/>raportu</b> | <b>Punkt<br/>dodatkowy za<br/>uzyskanie<br/>wszystkich<br/>podpisów z<br/>raportów w<br/>pierwszym<br/>terminie<br/>sprawdzania<br/>(poprawność i<br/>estetyka)</b> |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                                                                                |                                           |                                                                                |                                                                                                                                                                     |

## ĆWICZENIE NR 1.1

### WYZNACZANIE STĘŻEŃ ROZTWORÓW METODĄ REFRAKTOMETRYCZNĄ (A) I POLARYMETRYCZNĄ (B)

Przygotowanie roztworów cukru w wodzie o znanych stężeniach (wagowo-wagowych), po 10 gramów każdego.

| Stężenie<br>roztworu cukru | Masa cukru [g] | Masa wody [g] |
|----------------------------|----------------|---------------|
| 5%                         |                |               |
| 10%                        |                |               |
| 15%                        |                |               |
| 20%                        |                |               |
| 25%                        |                |               |
| 30%                        |                |               |

Miejsce na obliczenia mas substancji (wraz z jednostkami!):

$m_1 =$

$m_2 =$

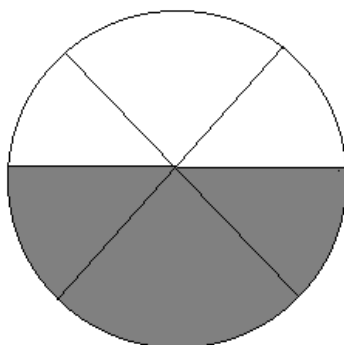
$m_3 =$

$m_4 =$

$m_5 =$

**A)** Refraktometr – pomiar współczynnika załamania światła przygotowanych roztworów cukru.

Nanieść cienką warstwę roztworu na szkło refraktometru. Następnie za pomocą śruby obracającej pryzmaty refraktometru ustawić ich położenie w ten sposób, aby w polu widzenia rozgraniczenie pola jasnego i ciemnego wypadło na skrzyżowaniu nici pajęczych.



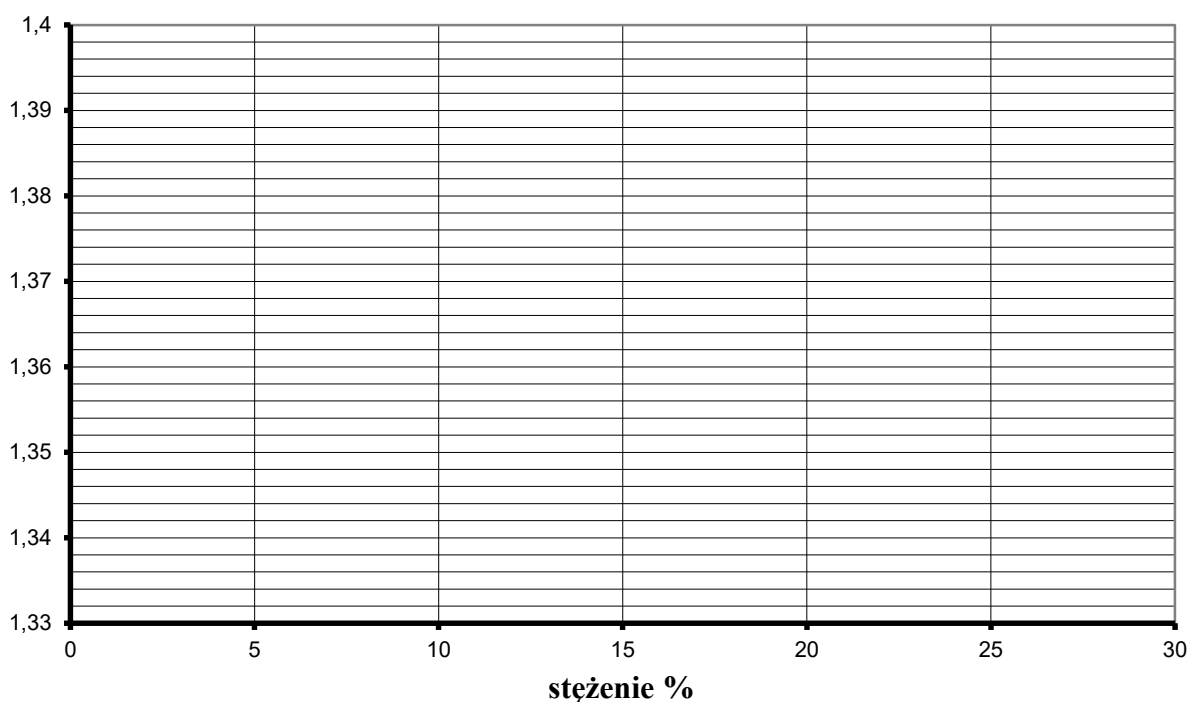
Odczytujemy na skali wartość współczynnika załamania światła w roztworze dla wszystkich przygotowanych roztworów i wody destylowanej, wyniki zapisujemy w tabeli:

Tabela 1. Wyniki pomiarów współczynnika załamania  $n$  światła dla różnych roztworów sacharozy

| Stężenie roztworu (%) | Wartość współczynnika załamania „ $n$ ” |
|-----------------------|-----------------------------------------|
| 0 (woda destylowana)  |                                         |
| 5                     |                                         |
| 10                    |                                         |
| 15                    |                                         |
| 20                    |                                         |
| 25                    |                                         |
| 30                    |                                         |

Na wykresie poniżej nanieś wartości pomiarowe i wykreśl zależność współczynnika załamania światła od stężenia roztworu.

Wykres 1. Zależność współczynnika załamania od stężenia roztworu sacharozy



Dla otrzymanych wartości współczynnika załamania światła w zależności od stężenia roztworu znajdujemy, z wykorzystaniem programu komputerowego, zależność liniową (równanie prostej i współczynnik korelacji).

Tutaj wpisz wyniki obliczeń z programu Excel:

- otrzymane równanie:  $y = \dots\dots\dots$
- wartość współczynnika korelacji  $R^2 = \dots\dots\dots$



Następnie dokonujemy pomiaru wartości współczynnika załamania światła **roztworu o nieznanym stężeniu**.

$$n(y) = \dots\dots\dots$$

Na podstawie otrzymanego równania opisującego zależność współczynnika załamania światła od stężenia roztworu cukru obliczamy **wartość stężenia nieznanego roztworu**.

**Równanie wykorzystywane do obliczeń (na podstawie sporządzonego wykresu):**

$$y = \dots\dots\dots$$

**Obliczenia stężenia roztworu-(x):**

.....  
.....

$$\text{Obliczona wartość stężenia } x = \dots\dots\dots [\%]$$

#### ZADANIA DO EKSPERYMENTU

1. Opisz procedurę wykorzystywaną do wyznaczania stężenia roztworu (o nieznanym stężeniu) za pomocą pomiaru współczynnika załamania światła przy użyciu refraktometru.

**Miejsce na odpowiedź:**

2. Wyznacz stężenie procentowe roztworu jeżeli wiadomo, że zależność wartości współczynnika załamania światła od stężenia procentowego roztworu ( $y$  od  $x$ ) wyrażona jest **równaniem**  $y=0,425x+0,065$ , a zmierzona wartość współczynnika załamania światła wynosi **1,385**.

**Miejsce na obliczenia (wraz z jednostkami):**

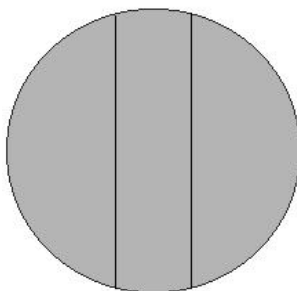
3. Oblicz bezwzględny współczynnik załamania światła diamentu  **$n$** , wiedząc że światło w tym ośrodku porusza się z prędkością  **$V=1.25 \cdot 10^8$  m/s**. Prędkość światła w próżni  **$C=3 \cdot 10^8$  m/s**.

**Miejsce na obliczenia (wraz z jednostkami):**

| Data | Imię i Nazwisko<br>wykonującego ćwiczenie | Podpis prowadzącego<br>ćwiczenia | Punkty<br>dodatkowe |
|------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|      |                                           |                                  |                     |

**B) Polarymetr – pomiar kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła.**

Napełniamy roztworem rurkę polarymetryczną badanym roztworem. Sprawdzamy zero polarymetru, tj. znajdujemy punkt na skali odpowiadający obrazowi o wszystkich elementach w polu widzenia jednakowo zabarwionych – odpowiada to położeniu skali w którym wartości „0” na obu skalach pokrywają się. Przy tym ustawieniu płaszczyzny polaryzacji polaryzatora i analizatora pokrywają się.



Umieszczamy rurkę polarymetryczną w tubusie polarymetru. Po włożeniu rurki z roztworem stwierdzamy, że środkowa część pola widzenia zmieniła zabarwienie. Roztwór cukru zawarty w rurce skręcił płaszczyznę polaryzacji światła o pewien kąt i płaszczyzna ta nie jest teraz równoległa do płaszczyzny polaryzacji analizatora.

Szukamy nowego położenia na skali odpowiadającego obrazowi o wszystkich elementach w polu widzenia jednakowo zabarwionych. Odczytujemy wartość na skali, to jest właśnie kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji.

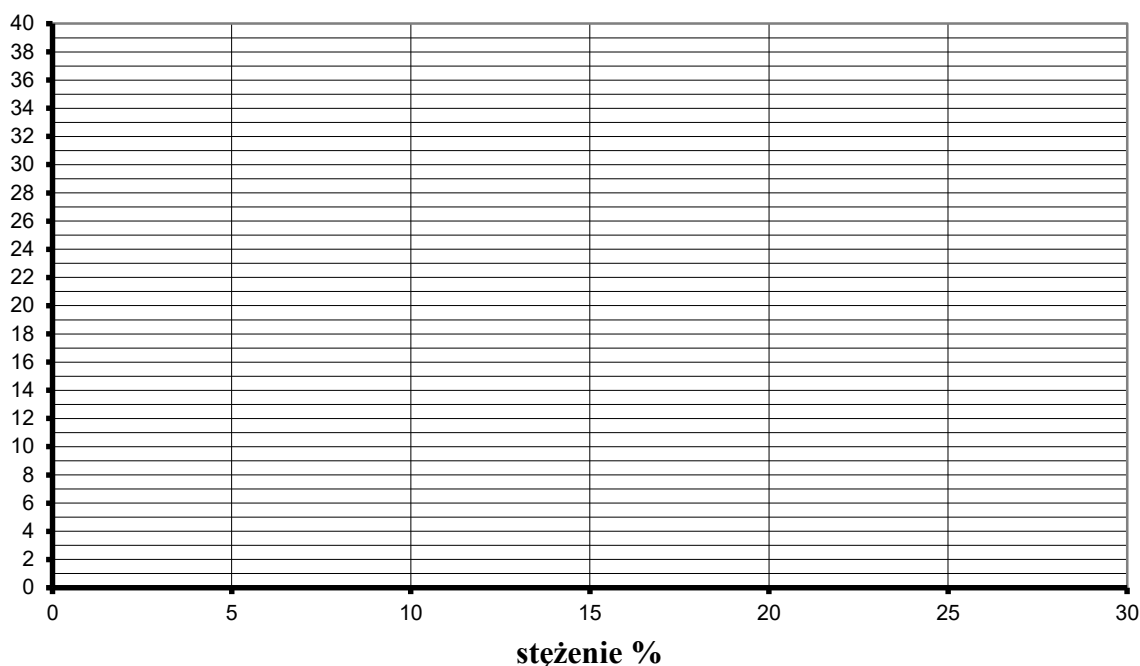
Odczytujemy na skali wartość kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła w roztworze dla wszystkich przygotowanych roztworów, wyniki zapisujemy w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki pomiarów kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla różnych roztworów sacharozy

| Stężenie roztworu (%) | Wartość kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji „ $\alpha$ ” |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|
| 0 (woda destylowana)  | 0                                                           |
| 5                     |                                                             |
| 10                    |                                                             |
| 15                    |                                                             |
| 20                    |                                                             |
| 25                    |                                                             |
| 30                    |                                                             |

Na wykresie poniżej nanieś wartości pomiarowe i wykreśl zależność kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła od stężenia roztworu.

Wykres 2. Zależność kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła od stężenia roztworu



Dla otrzymanych wartości kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła w zależności od stężenia roztworu znajdujemy, wykorzystując program komputerowy, zależność liniową (równanie prostej i współczynnik korelacji).

Tutaj wpisz wyniki obliczeń z programu Excel:

- otrzymane równanie:  $y = \dots\dots\dots$
- wartość współczynnika korelacji  $R^2 = \dots\dots\dots$

Następnie dokonujemy pomiaru wartości kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła w roztworze przygotowanym przez drugą podgrupę.

Tutaj wpisz zmierzoną wartość kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji  $\alpha = \dots\dots\dots$

Korzystając z otrzymanej zależności wartości kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła od stężenia roztworu obliczamy stężenie roztworu  $x$  – przygotowanego przez drugą podgrupę.

Tutaj wpisz obliczenia stężenie roztworu –  $x$  – przygotowanego przez drugą podgrupę:

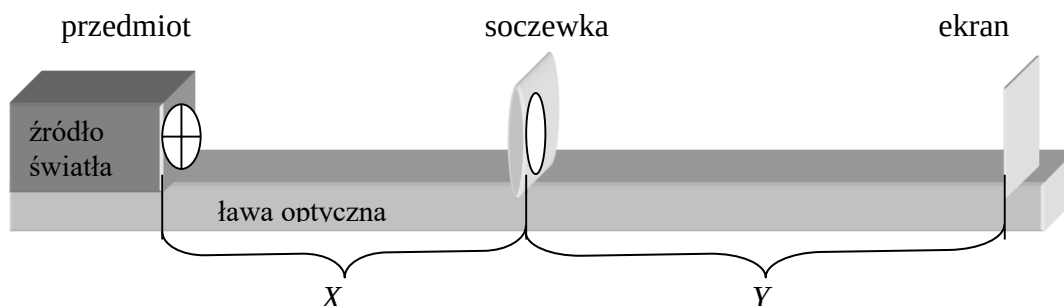
Tutaj wpisz:

- obliczona wartość stężenia  $x = \dots\dots\dots$  [%]

| Data | Imię i Nazwisko<br>wykonującego ćwiczenie | Podpis prowadzącego<br>ćwiczenia | Punkty<br>dodatkowe |
|------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|      |                                           |                                  |                     |

## ĆWICZENIE NR 1.2

### WYZNACZANIE OGNISKOWEJ I ZDOLNOŚCI SKUPIAJĄCEJ SOCZEWEK



Po ustaleniu odległości przedmiotu od soczewki regulujemy odległość ekranu od soczewki w celu uzyskania na ekranie ostrego obrazu przedmiotu. Mierzymy wielkości  $X$  i  $Y$  na ławie optycznej i z równania soczewki wyznaczamy ogniskową soczewki. Czynność tą powtarzamy co najmniej pięciokrotnie zmieniając za każdym razem odległość przedmiotu od soczewki o kilka centymetrów. Następnie, razem z soczewką poprzednio badaną, umieszczamy w oprawce soczewkę rozpraszającą taką, aby ten układ soczewek stanowił soczewkę skupiającą. Ogniskową układu znajdujemy w sposób opisany dla soczewki skupiającej. Wszystkie otrzymane wyniki notujemy w tabelce sporządzonej według niżej podanego wzoru

Tabela 1. Wyniki pomiarów odległości przedmiotowej  $X$  i odległości przedmiotowej  $Y$

|                            | $X$ | $Y$ | $f$ | $f[m]$<br>średnia | $Z[D]$<br>średnia |
|----------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------------------|
| Soczewka<br>Skupiająca (1) |     |     |     |                   |                   |
|                            |     |     |     |                   |                   |
|                            |     |     |     |                   |                   |
|                            |     |     |     |                   |                   |
|                            |     |     |     |                   |                   |
| Układ soczewek (u)         |     |     |     |                   |                   |
|                            |     |     |     |                   |                   |
|                            |     |     |     |                   |                   |
|                            |     |     |     |                   |                   |
|                            |     |     |     |                   |                   |

Zdolność skupiająca soczewki rozpraszającej

$$Z_2 = Z_u - Z_1 = \dots \quad [D]$$

$$f_2 = \dots \quad [m]$$

**Miejsce na obliczenia dla soczewki skupiającej (wraz z jednostkami !):**

$$f_1 =$$

$$f_2 =$$

$$f_3 =$$

$$f_4 =$$

$$f_5 =$$

$$f_{sr} =$$

$$Z_{sr} =$$

**Miejsce na obliczenia dla układu soczewek (wraz z jednostkami !):**

$$f_1 =$$

$$f_2 =$$

$$f_3 =$$

$$f_4 =$$

$$f_5 =$$

$$f_{sr} =$$

$$Z_{sr} =$$

**ZADANIA DO EKSPERYMENTU**

1. Od czego i w jaki sposób zależy długość ogniskowej soczewki (przedstaw odpowiednie równanie)?

**Miejsce na odpowiedź:**

2. Jakie właściwości optyczne będzie miała soczewka wykonana ze szkła ( $n=1,5$ ) umieszczona w ośrodku o współczynniku załamania światła  $n_0=1,85$ . Oblicz ogniskową tej soczewki wiedząc, że promień krzywizny  $R_1=R_2=30\text{ cm}$ .

**Miejsce na odpowiedź i obliczenia (wraz z jednostkami) :**

3. Jeżeli wiadomo, że przy ustawieniu przedmiotu w odległości  $x=20\text{ cm}$  od tej soczewki obraz tworzy się w odległości  $y=35\text{ cm}$  od soczewki wyznacz:

- a) ogniskową  $f$  soczewki
- b) zdolność skupiającą  $Z$  soczewki
- c) określ typ soczewki, biorąc pod uwagę jej właściwości optyczne
- d) podaj cechy obrazu powstałego w tej soczewce.

**Miejsce na odpowiedź i obliczenia (wraz z jednostkami):**

| Data | Imię i Nazwisko<br>wykonującego ćwiczenie | Podpis prowadzącego<br>ćwiczenia | Punkty<br>dodatkowe |
|------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|      |                                           |                                  |                     |

## ĆWICZENIE NR 1.4

### **WYZNACZANIE STĘŻEŃ ROZTWORÓW METODĄ Z WYKORZYSTANIEM SPEKTROFOTOMETRU ABSORPCYJNEGO.**

Przygotowanie roztworów siarczanu (VI) miedzi (II) w wodzie o znanych stężeniach, po 10 mL każdego.

| Stężenie siarczanu (VI)<br>miedzi (II) | Objętość siarczanu (VI)<br>miedzi (II)<br>[mL] | Objętość H <sub>2</sub> O<br>[mL] |
|----------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1%                                     |                                                |                                   |
| 2%                                     |                                                |                                   |
| 3%                                     |                                                |                                   |
| 4%                                     |                                                |                                   |
| 5%                                     |                                                |                                   |
| 6%                                     |                                                |                                   |
| 7%                                     |                                                |                                   |
| 8%                                     |                                                |                                   |
| 9%                                     |                                                |                                   |
| 10%                                    |                                                |                                   |

Zbadać wartości ekstynkcji (absorbancji) światła w 10% roztworze siarczanu miedzi zmieniając długość fali co 10 nm w zakresie widzialnym fal elektromagnetycznych. Wyniki przedstawić w postaci tabeli.

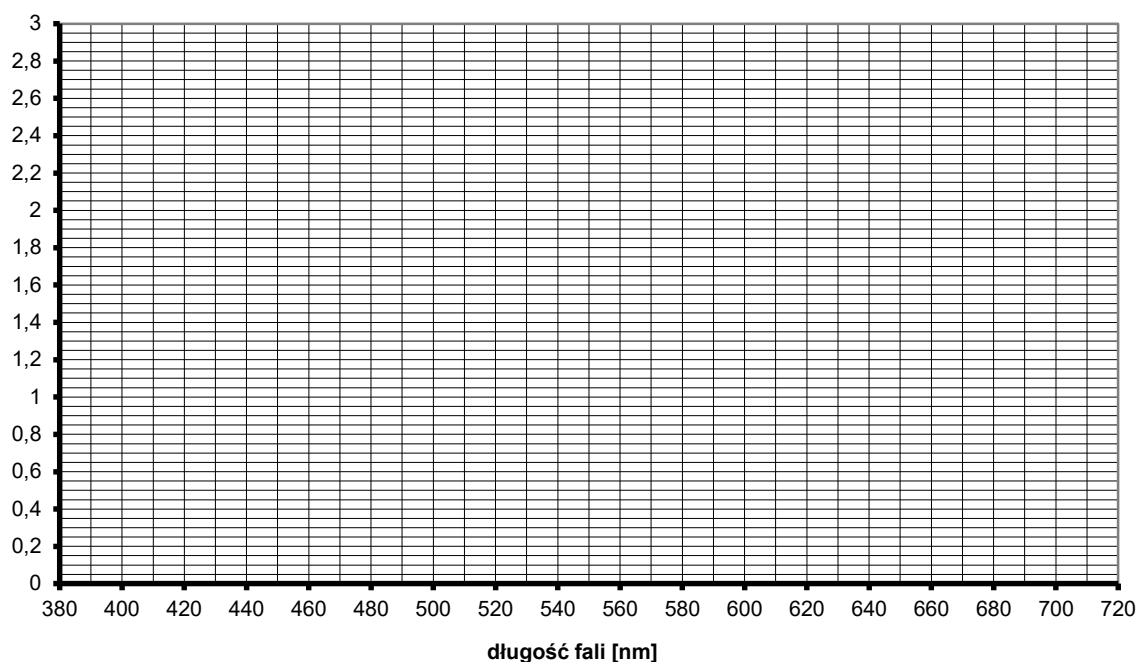
### **BADANIE WIDMA ABSORPCYJNEGO ROZTWORU**

Tabela 1. Wartość wartości ekstynkcji (absorbancji) światła w 10% roztworze siarczanu miedzi w zależności od długości fali.

|                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\lambda$ [nm] | 380 | 390 | 400 | 410 | 420 | 430 | 440 | 450 | 460 | 470 | 480 | 490 |
| E              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $\lambda$ [nm] | 500 | 510 | 520 | 530 | 540 | 550 | 560 | 570 | 580 | 590 | 600 | 610 |
| E              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $\lambda$ [nm] | 620 | 630 | 640 | 650 | 660 | 670 | 680 | 690 | 700 | 710 | 720 | 730 |
| E              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |



Wykres 1. Zależność ekstynkcji (absorbancji) światła w roztworze od długości fali.



Długość fali przy której ekstynkcja (absorbancja) jest maksymalna (ale mniejsza niż zakres pomiarowy spektrofotometru – dla specola 1300 maksymalna wartość mierzonej absorbancji = 3)

$\lambda_{\max} = \dots\dots\dots[\text{nm}]$

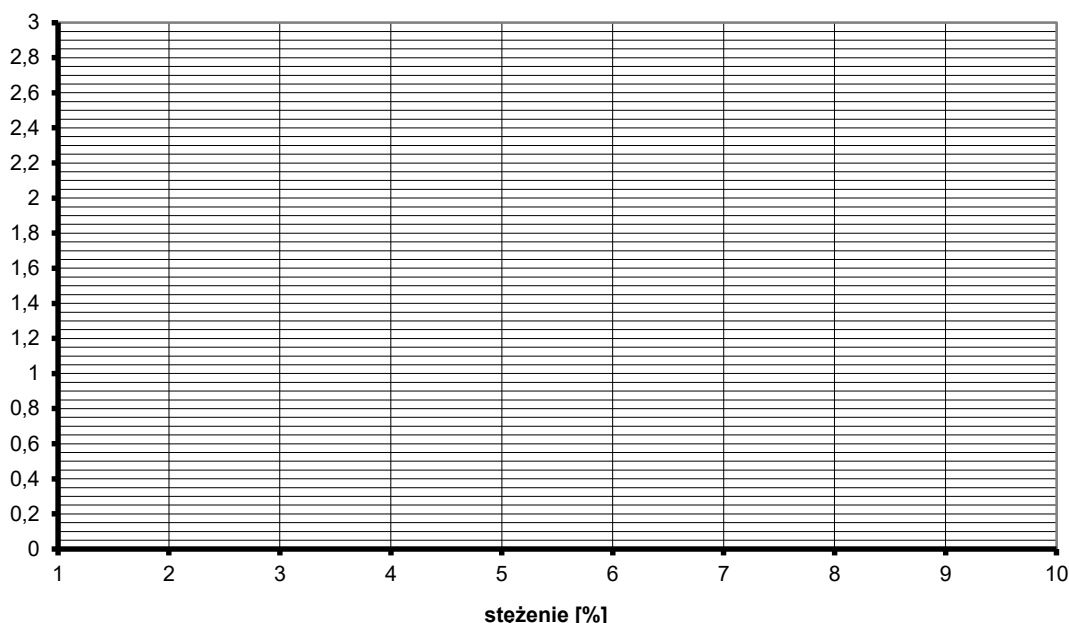
Przy  $\lambda_{\max}$  dokonaj pomiaru ekstynkcji (absorbancji) dla dziesięciu roztworów siarczanu miedzi o stężeniach od 1% do 10%. Wyniki przedstawić w postaci tabeli. Zwróć uwagę na to by każdy pomiar odbywał się w tych samych warunkach, tj. w tej samej wytartej do sucha kuwecie i przy tej samej długości fali.

Tabela 2. Wyniki pomiarów ekstynkcji (absorbancji) w roztworach siarczanu miedzi o różnych stężeniach.

| Nr | stężenie roztworu<br>c<br>[%] | wartość E |
|----|-------------------------------|-----------|
| 1  | 1                             |           |
| 2  | 2                             |           |
| 3  | 3                             |           |
| 4  | 4                             |           |
| 5  | 5                             |           |
| 6  | 6                             |           |
| 7  | 7                             |           |
| 8  | 8                             |           |
| 9  | 9                             |           |
| 10 | 10                            |           |

Na wykresie poniżej nanieś wartości pomiarowe i wykreśl zależność ekstynkcji (absorbancji) od stężenia roztworu.

Wykres 2. Zależność ekstynkcji (absorbancji) od stężenia roztworu.



Dla otrzymanych wartości ekstynkcji (absorbancji) światła w zależności od stężenia roztworu znajdujemy, z wykorzystaniem programu komputerowego, zależność liniową (równanie prostej i współczynnik korelacji).

Tutaj wpisz wyniki obliczeń z programu Excel:

- otrzymane równanie:  $y = \dots\dots\dots$
- wartość współczynnika korelacji  $R^2 = \dots\dots\dots$

Następnie dokonujemy pomiaru wartości ekstynkcji (absorbancji) światła w roztworze siarczanu (VI) miedzi (II) o nieznanym stężeniu.

$E = \dots\dots\dots$

Na podstawie otrzymanego równania opisującego zależność ekstynkcji (absorbancji) od stężenia roztworu  $\text{CuSO}_4$  obliczamy **wartość stężenia przygotowanego roztworu siarczanu (VI) miedzi (II)**.

**Równanie na podstawie sporządzonego wykresu wykorzystywane do obliczeń:**

$y = \dots\dots\dots$

**Obliczenia stężenia roztworu-(x):**

$\dots\dots\dots$   
 $\dots\dots\dots$

**Obliczona wartość stężenia  $x = \dots\dots\dots$  [%]**

## ZADANIA DO EKSPERYMENTU

1. Oblicz wartość współczynnika ekstynkcji (**k**) dla roztworu o zbadanym stężeniu i zmierzonej wartości ekstynkcji, jeżeli jego grubość wynosi **0,05m**?

**Miejsce na obliczenia (wraz z jednostkami):**

2. Opisz procedurę wykorzystywaną do wyznaczania stężenia roztworu (o nieznanym stężeniu) za pomocą pomiaru ekstynkcji (absorbancji) światła przy użyciu spektrofotometru.

**Miejsce na odpowiedź:**

3. Od czego będzie zależeć ekstynkcja, jeżeli przepuścimy wiązkę światła przez roztwór? (wyjaśnij w oparciu o właściwe równanie)

**Wzór:**

**Interpretacja:**

| Data | Imię i Nazwisko<br>wykonującego ćwiczenie | Podpis prowadzącego<br>ćwiczenia | Punkty<br>dodatkowe |
|------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|      |                                           |                                  |                     |

## ĆWICZENIE NR 1.6

### OSŁABIENIE WIĄZKI ŚWIATŁA LASEROWEGO PRZY PRZEJŚCIU PRZEZ CIAŁA STAŁE. WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA EKSTYNKCJI.

1. W pierwszej części ćwiczenia badamy wartość współczynnika  $\alpha$  dla różnych substancji. W tym celu należy:
  - a. zmierzyć natężenie światła laserowego bez substancji pochłaniającej,
  - b. zmierzyć natężenie światła laserowego po włożeniu płytki pochłaniającej do statywu,
  - c. zmierzyć grubość płytki i znając wartości  $I$  i  $I_0$  wyznaczyć wartość  $\alpha$ .

Tabela 1. Wartość współczynnika  $\alpha$  dla różnych substancji.

| materiał | d<br>[mm] | $I_0$ | $I$ | $\ln(I/I_0)$ | $\alpha$<br>[m <sup>-1</sup> ] |
|----------|-----------|-------|-----|--------------|--------------------------------|
|          |           |       |     |              |                                |
|          |           |       |     |              |                                |
|          |           |       |     |              |                                |

**Miejsce na obliczenia wartości współczynnika  $\alpha$  (pamiętaj o zamianie jednostek!):**

Wzór na prawo absorpcji wraz z przekształceniem:

$$\alpha_1 =$$

$$\alpha_2 =$$

$$\alpha_3 =$$

2. W drugiej części ćwiczenia badamy zależność natężenia światła przechodzącego przez układ od grubości warstwy pochłaniającej. W tym celu należy:
  - a. wybrać zestaw płytek sporządzonych z tego samego materiału, grubość zmierzyć za pomocą mikromierza,
  - b. zmierzyć natężenie światła laserowego bez substancji pochłaniającej,
  - c. umieszczając w statywie coraz większą liczbę płytek (1, 2, 3, 4 itd.) odczytywać za każdym razem wartość natężenia światła docierającego do detektora i wpisać do tabelki,
  - d. uzyskane wyniki zilustrować graficznie na dwóch wykresach: na pierwszym umieszczamy wartości „I” i „d”, na drugim „lnI” i „d” (równanie (1) po logarytmowaniu przyjmuje postać  $\ln I = \ln I_0 - \alpha \cdot d$ )

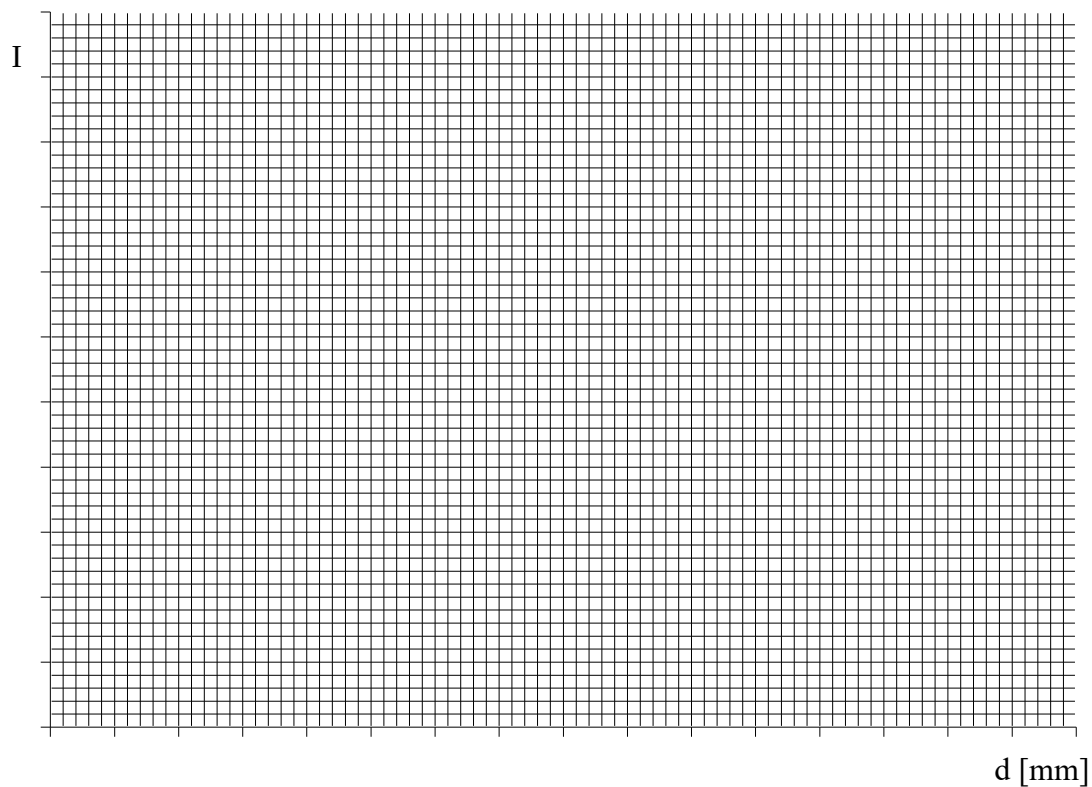
Z wykresu drugiego odczytać wartość  $\alpha$  dla badanego materiału (w jaki sposób?), porównać otrzymaną wartość z wartością otrzymaną w pierwszej części ćwiczenia

Tabela 2. Zależność natężenia światła przechodzącego przez układ od grubości warstwy pochłaniającej.

|                | Grubość warstwy<br>absorbentu<br>[10 <sup>-3</sup> m] | Wartość natężenia<br>światła I | ln I |
|----------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|------|
| Bez absorbentu | -                                                     |                                |      |
| 1 płytka       |                                                       |                                |      |
| 2 płytki       |                                                       |                                |      |
| 3 płytki       |                                                       |                                |      |
| 4 płytki       |                                                       |                                |      |
| 5 płytek       |                                                       |                                |      |
| 6 płytek       |                                                       |                                |      |
| 7 płytek       |                                                       |                                |      |
| 8 płytek       |                                                       |                                |      |
| 9 płytek       |                                                       |                                |      |

Dla otrzymanych wartości natężenia światła laserowego (I) po przejściu przez absorbent od grubości warstwy absorbentu (d), wykorzystując program komputerowy Excel, znajdź zależność (równanie krzywej wykładniczej i współczynnik korelacji).

Wykres 1. Zależność natężenia promieniowania I od grubości absorbentu.



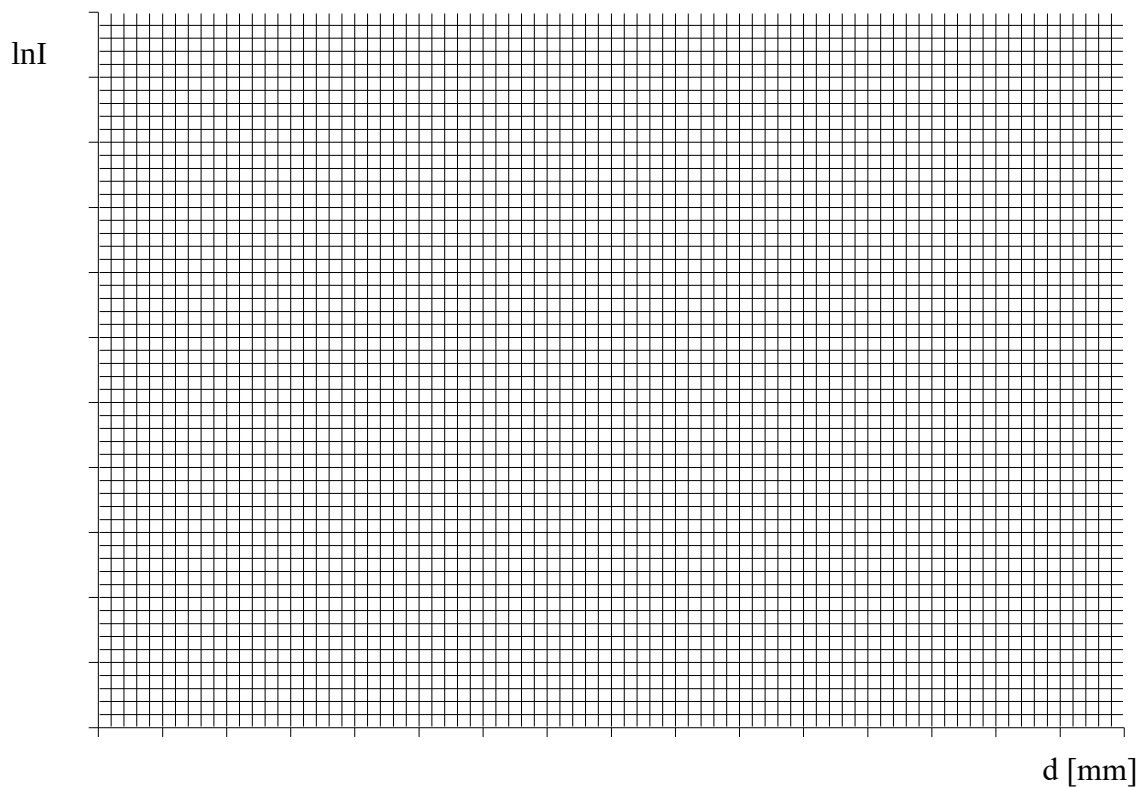
**Dane do Wykresu 1:**

Tutaj wpisz wyniki obliczeń z programu Excel:

- otrzymane równanie:  $y = \dots\dots\dots$
- wartość współczynnika korelacji  $R^2 = \dots\dots\dots$

$$\alpha = \dots\dots\dots[\text{m}^{-1}]$$

Wykres 2. Zależność logarytmu naturalnego natężenia światła laserowego po przejściu przez absorbent od grubości warstwy absorbentu



**Dane do Wykresu 2:**

Tutaj wpisz wyniki obliczeń z programu Excel:

- otrzymane równanie:  $y = \dots\dots\dots$
- wartość współczynnika korelacji  $R^2 = \dots\dots\dots$

$$\alpha = \dots\dots\dots [\text{m}^{-1}]$$

## ZADANIA DO EKSPERYMENTU

1. Opisz prawo absorpcji (w oparciu o właściwy wzór).

**Wzór:**

**Interpretacja:**

2. Co to jest współczynnik ekstynkcji i od czego zależy? W jakich jednostkach może być wyrażany?

**Miejsce na odpowiedź:**

3. Oblicz grubość absorbentu, wiedząc że współczynnik ekstynkcji  $\alpha$  wynosi **0,65 1/mm**, a natężenie promieniowania laserowego przechodzącego przez ten absorbent zmniejszyło się z **22 mW/m<sup>2</sup>** do **15 mW/m<sup>2</sup>**?

**Miejsce na obliczenia (wraz z jednostkami):**

| Data | Imię i Nazwisko<br>wykonującego ćwiczenie | Podpis prowadzącego<br>ćwiczenia | Punkty<br>dodatkowe |
|------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|      |                                           |                                  |                     |



Masa spoczynkowa elektronu

$$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$= 0,000549 u = 0,51 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

Jednostka masy atomowej

$$u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

Ładunek elektronu

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Masa spoczynkowa protonu

$$m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 1,007276 u = 938 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

Prędkość światła w próżni

$$c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Liczba Avogadro

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

Masa spoczynkowa neutronu

$$m_n = 1,68 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 1,008665 u = 940 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

Stała Plancka

$$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

| Mnożnik     | $10^9$ | $10^6$ | $10^3$ | $10^2$ | $10^1$ | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-6}$ | $10^{-9}$ | $10^{-12}$ |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Przedrostek | giga   | mega   | kilo   | hekto  | deka   | decy      | centy     | mili      | mikro     | nano      | piko       |
| Oznaczenie  | G      | M      | k      | h      | da     | d         | c         | m         | μ         | n         | p          |