ZESZYT DO ĆWICZEŃ
Z BIOFIZYKI
2026/2027

RAPORTY Z ZAJĘĆ LABORATORYJNYCH Z OPTYKI

Imię i nazwisko: …….

Kierunek: Lekarski

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/lekarski/regulamin_zajec

SPIS TREŚCI

Zagadnienia do ćwiczeń z optyki…….....3

Ćwiczenie nr 1.1.Wyznaczanie stężeń roztworów metodą refraktometryczną i polarymetryczną……..6

Ćwiczenie nr 1.2. Wyznaczanie ogniskowej i zdolności skupiającej soczewek.....……12

Ćwiczenie nr 1.4. Wyznaczanie stężeń roztworów metodą z wykorzystaniem spektrofotometru absorpcyjnego……....15

Ćwiczenie nr 1.6. Osłabienie wiązki światła laserowego przy przejściu przez ciała stałe. Wyznaczanie współczynnika ekstynkcji. ..……19

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 wykonywany 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. Miękisza
„ 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).

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 roztworu cukru	Masa cukru [g]	Masa wody [g]
5%		
10%		
15%		
20%		
25%		
30%		

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

m_1=

m_2=

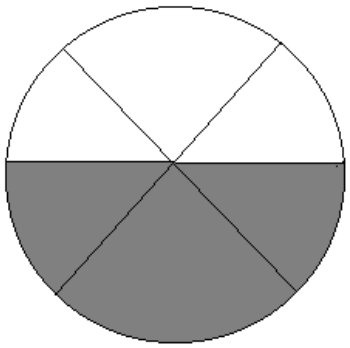
m_3=

m_4=

m_5=

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

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

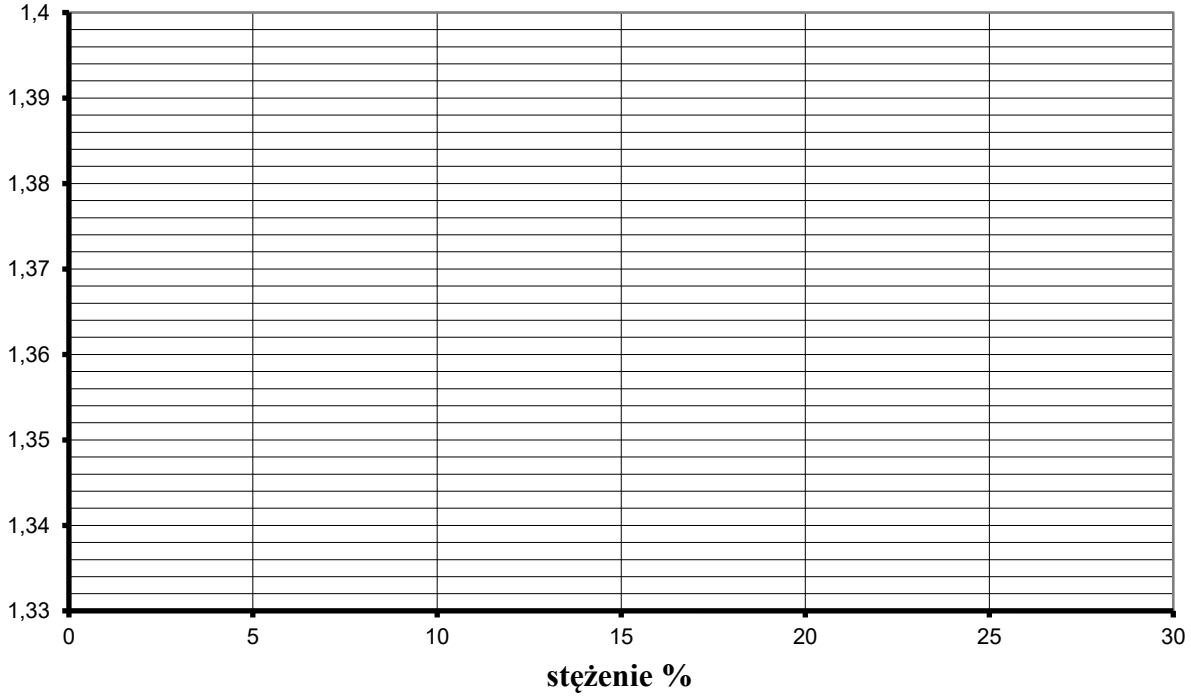


Odczytujemy na skali wartość współczynnika załamania światła w roztworze dla wszystkich przygotowanych roztworów i wody destylowanej, wyniki zapisujemy w tabeli:
Tabela 1. Wyniki pomiarów współczynnika załamania n światła dla różnych roztworów sacharozy

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** =.....
- wartość współczynnika korelacji $\mathbf{R^2}$ =.....

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

n (y)=……..

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

Równanie wykorzystywane do obliczeń (y):……

Obliczenia stężenia roztworu-(x):
…….

……..

Obliczona wartość stężenia x=……..[%]

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:

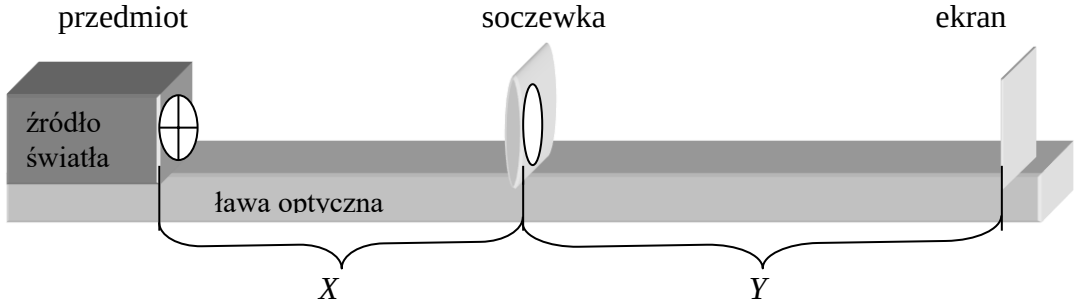
3. Oblicz bezwzględny współczynnik załamania światła diamentu **n**, wiedząc że światło w tym ośrodku porusza się z prędkością **V=1.25*10^8 m/s.** Prędkość światła w próżni **C=3*10^8 m/s.**

Miejsce na obliczenia:

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty 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] średnia	Z[D] średnia
Soczewka skupiająca					
Układ soczewek					

Zdolność skupiająca soczewki rozpraszającej $Z_2 = Z_u - Z_1 =$……. [D]

$f_2 =$ ……. [m]

Miejsce na obliczenia dla soczewki skupiającej (działania na jednostkach):

f_1=

f_2=

f_3=

f_4=

f_5=

$f_{śr}$=

$Z_{śr}$=

Miejsce na obliczenia dla układu soczewek (działania na jednostkach):

f_1=

f_2=

f_3=

f_4=

f_5=

$f_{śr}$=

$Z_{śr}$=

ZADANIA DO EKSPERYMENTU

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

Wzór:

Interpretacja:

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

Miejsce na odpowiedź i obliczenia:

3. Jeżeli wiadomo, że przy ustawieniu przedmiotu w odległości **x=20 cm** od tej soczewki obraz tworzy się w odległości **y=35 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:

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty 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) miedzi (II)	**Objętość siarczanu (VI) miedzi (II) [mL]**	**Objętość H_2O [mL]**
1%		
2%		
3%		
4%		
5%		
6%		
7%		
8%		
9%		
10%		

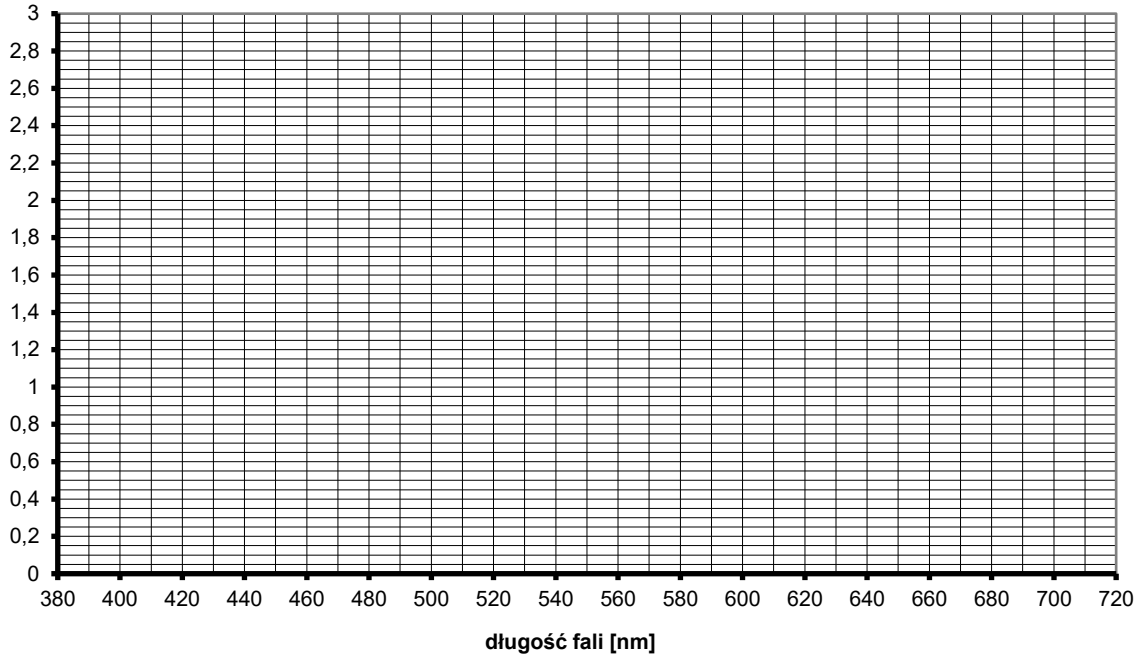
Zbadać wartości ekstynkcji (absorbancji) światła w 10% roztworze siarczanu miedzi zmieniając długość fali co 10 nm w zakresie widzialnym fal elektromagnetycznych. Wyniki przedstawić w postaci tabeli.

BADANIE WIDMA ABSORPCYJNEGO ROZTWORU

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

λ[nm]	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
E												
λ[nm]	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
E												
λ[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)

λ_{max} = ...[nm]

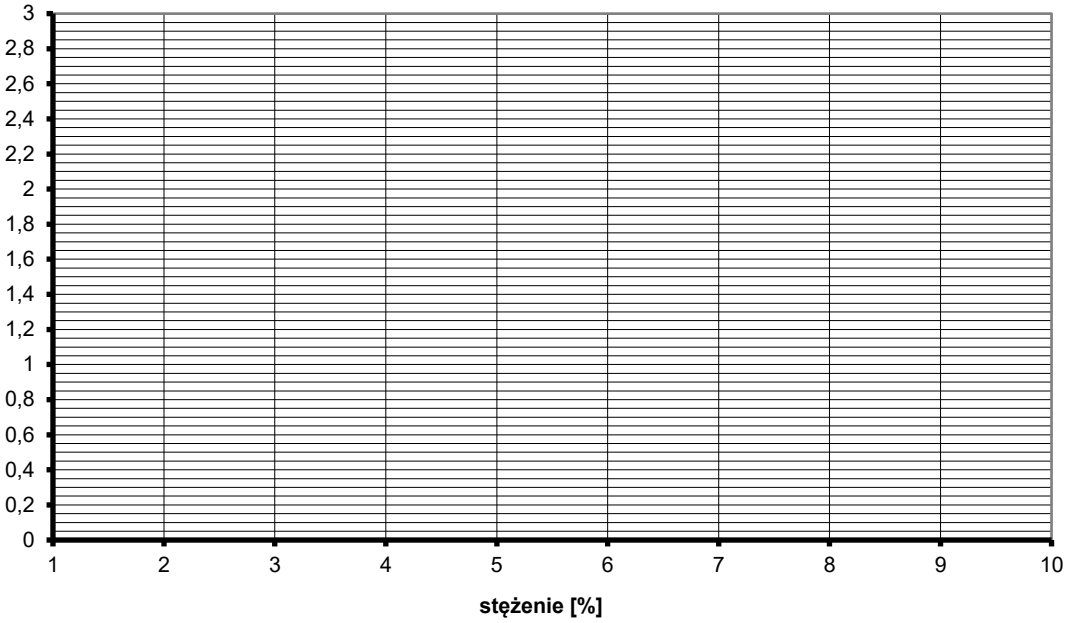
Przy λ_{max} dokonaj pomiaru ekstynkcji (absorbancji) dla dziesięciu roztworów siarczanu miedzi o stężeniach od 1% do 10%. Wyniki przedstawić w postaci tabeli. Zwróć uwagę na to by każdy pomiar odbywał się w tych samych warunkach, tj. w tej samej wytartej do sucha kuwecie i przy tej samej długości fali.

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

Nr	stężenie roztworu c [%]	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 = ...
- wartość współczynnika korelacji R^2 = ...

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

E=…….

Na podstawie otrzymanego równania opisującego zależność ekstynkcji (absorbancji) od stężenia roztworu $CuSO_4$ obliczamy **wartość stężenia przygotowanego roztworu siarczanu (VI) miedzi (II).**

Równanie wykorzystywane do obliczeń:……
Obliczenia stężenia roztworu-(x):

…….

……..

Obliczona wartość stężenia x=……..[%]

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:

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 wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty 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 α 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_o wyznaczyć wartość α.

   Tabela 1. Wartość współczynnika α dla różnych substancji.

materiał	d 10^{-3} [m]	I_0	I	ln (I/I_0)	α [m^{-1}]

<u>Miejsce na obliczenia wartości współczynnika α (działania na jednostkach!):</u>

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 $\ln I = \ln I_o - \alpha \cdot d$)

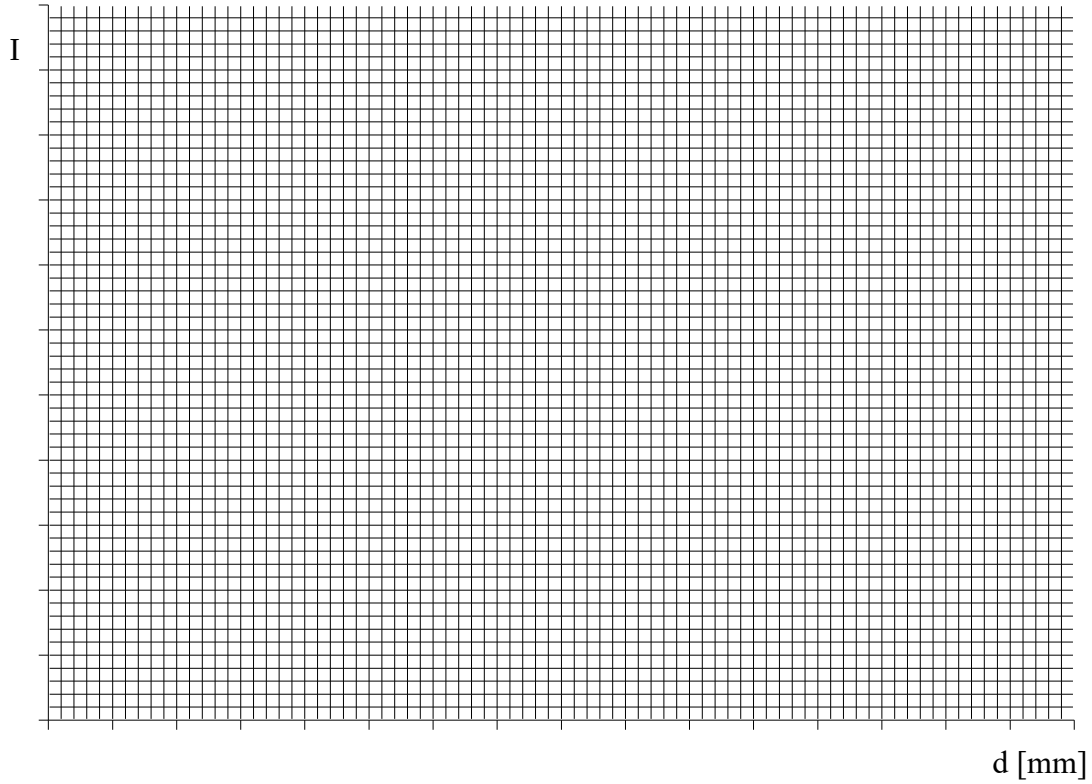
Z wykresu drugiego odczytać wartość α dla badanego materiału (w jaki sposób?), porównać otrzymaną wartość z wartością otrzymaną w pierwszej części ćwiczenia

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

	Grubość warstwy absorbentu $[10^{-3}m]$	Wartość natężenia 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.



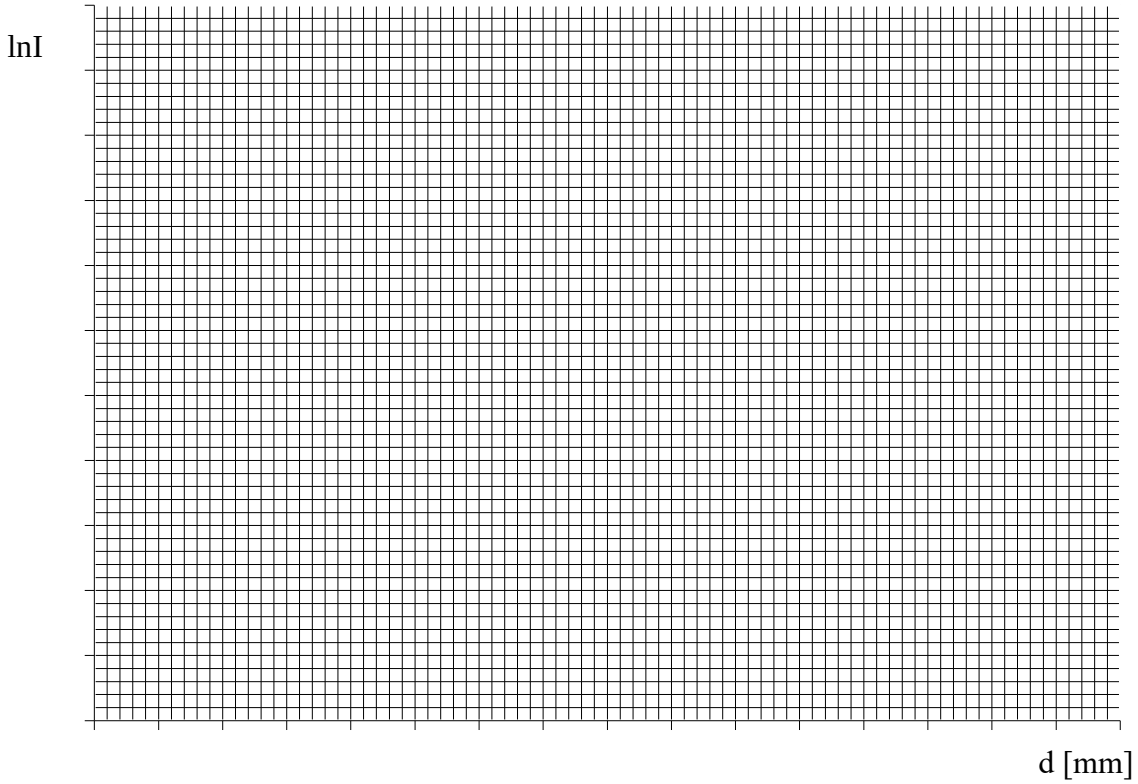
Dane do Wykresu 1:

Tutaj wpisz wyniki obliczeń z programu Excel:

- otrzymane równanie: y = ...
- wartość współczynnika korelacji R^2 = ...

α = ...[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 = ...
- wartość współczynnika korelacji R^2 = ...

α = **.....**[m^{-1}]

ZADANIA DO EKSPERYMENTU

1.Opisz prawo absorbcji. (w oparciu o właściwe równanie)

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 α wynosi 0,65 **1/mm**, a natężenie promieniowania laserowego przechodzącego przez ten absorbent zmniejszyło się z 22 **mW/m^2** do 15 **mW/m^2**?

Miejsce na obliczenia (działania na jednostkach!):

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty dodatkowe

Masa spoczynkowa elektronu

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

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

Masa spoczynkowa protonu

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

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

Masa spoczynkowa neutronu

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

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

Jednostka masy atomowej

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

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

Prędkość światła w próżni

$$c = 3 \times 10^{8}\ \frac{m}{s^2}$$

Stała Plancka

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

Ładunek elektronu

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

Liczba Avogadro

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

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