

ZESZYT DO ĆWICZEŃ Z BIOFIZYKI

Imię i nazwisko:

Kierunek: Lekarski

Grupa:.....

**Regulamin zajęć dydaktycznych z biofizyki znajduje się na stronie Zakładu Biofizyki
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.....	5
Ćwiczenie nr 1.2. Wyznaczanie ogniskowej i zdolności skupiającej soczewek.....	11
Ćwiczenie nr 1.4. Wyznaczanie stężeń roztworów metodą z wykorzystaniem spektrofotometru absorpcyjnego.....	14
Ćwiczenie nr 1.6. Osłabienie wiązki światła laserowego przy przejściu przez ciała stałe. Wyznaczanie współczynnika ekstynkcji.....	18
Zagadnienia do ćwiczeń z elektromedycyny.....	22
Ćwiczenie nr 2.1. Oscyloskop.....	23
Ćwiczenie nr 2.2. Biofizyka głosu ludzkiego.....	27
Ćwiczenie nr 2.4. Elektrokardiografia.....	31
Ćwiczenie nr 2.6. Dynamika krążenia krwi – podstawy fizyczne.....	34
Zagadnienia do ćwiczeń z promieniotwórczości.....	38
Ćwiczenie nr 3.1 Radioaktywność. Pomiar aktywności z użyciem wzorca. Podstawy dozymetrii.....	39
Ćwiczenie nr 3.2 Oddziaływanie fotonów z materią. Metody doświadczalnego wyznaczenia współczynników osłabienia promieniowania gamma.....	42
Ćwiczenie nr 3.3 Oddziaływanie cząstek naładowanych z materią.....	45

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. Zasada Fermata
2. Zjawisko odbicia, załamania i dyspersji światła.
3. Zasada działania światłowodu, endoskopia.
4. Zasada działania refraktometru.
5. Metody polaryzacji światła.
6. Dwójłomność optyczna.
7. Ciała optycznie czynne.
8. Prawo Malusa.
9. Izomeria optyczna.
10. Zastosowanie polarymetrii w diagnostyce.
11. Metoda najmniejszych kwadratów wyznaczania równania prostej.
12. Stężenia: wagowo-wagowe, wagowo-objętościowe, molowe, normalne.

Ćwiczenie nr 1.2. Wyznaczanie ogniskowej i zdolności skupiającej soczewek.

1. Soczewki cienkie.
2. Równanie soczewki, powiększenie soczewki, rodzaje soczewek.
3. Układy soczewek.
4. Ogniskowa i zdolność skupiająca soczewki i układu soczewek.
5. Aberracje soczewek.
6. Budowa układu optycznego ludzkiego oka.
7. Soczewka oka ludzkiego.
8. Akomodacja ludzkiego oka, zakres akomodacji.
9. Zdolność rozdzielcza oka ludzkiego.
10. Energetyka procesu widzenia.
11. Model Younga widzenia barwnego.

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

1. Promieniowanie elektromagnetyczne:
 - a. widmo promieniowania elektromagnetycznego,
 - b. źródła promieniowania elektromagnetycznego i sposoby emisji tego promieniowania w zależności od długości fali promieniowania.
2. Model Younga widzenia barwnego.
3. Mechanizm powstawania widm absorpcyjnych.
4. Prawo Bougera-Lamberta.
5. Prawo Beera.
6. Prawo Bougera-Lamberta-Beera.
7. Ekstynkcja i transmisja.
8. Metoda najmniejszych kwadratów wyznaczania równania prostej.
9. Model Bohra budowy atomu wodoru.
10. Budowa atomu swobodnego, atomu w cząsteczce, atomu w ciele stałym.
11. Wpływ promieniowania IR, VIS i UV na organizm człowieka.
12. Mechanizm powstawania widm emisyjnych i absorpcyjnych.
13. Widma liniowe, pasmowe, ciągłe.
14. Zastosowania analizy widmowej.
15. Funkcja logarytmiczna i wykładnicza.

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

1. Zasada działania lasera.
2. Właściwości światła laserowego.
3. Rodzaje laserów.
4. Zastosowanie laserów w medycynie.
5. Zjawisko dyfrakcji.
6. Siatka dyfrakcyjna.
7. Zjawisko interferencji.
8. Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią.
9. Funkcja logarytmiczna i wykładnicza.

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. Przetalskiego
„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)

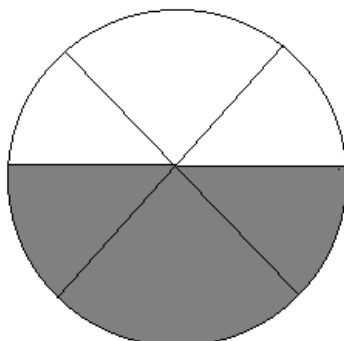
Przygotowanie roztworów cukru w wodzie o znanych stężeniach (wagowo-wagowych), po 10 gramów każdego.

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

Miejsce na obliczenia stężeń roztworów:

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

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



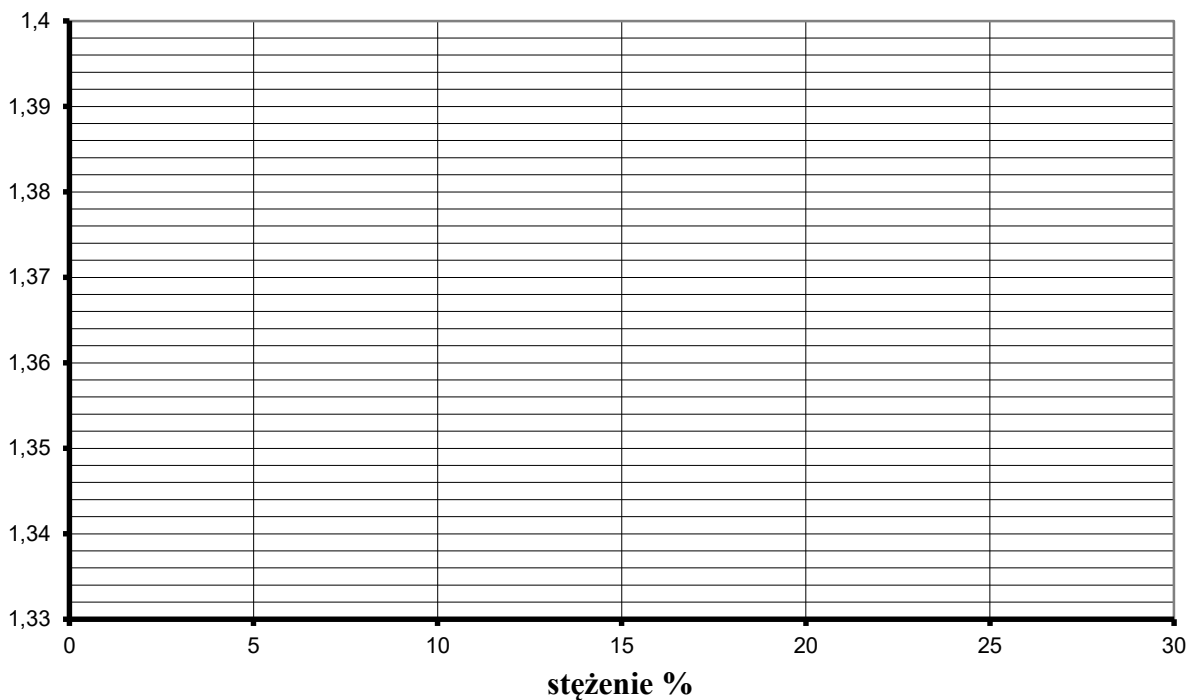
Odczytujemy na skali wartość współczynnika załamania światła w roztworze dla wszystkich przygotowanych roztworów i wody destylowanej, wyniki zapisujemy w tabeli:

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: $y = \dots\dots\dots$
- 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 (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:

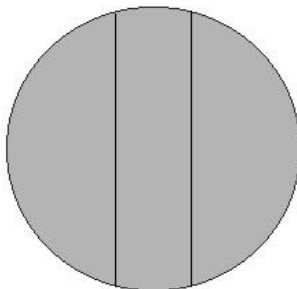
3. Oblicz bezwzględny współczynnik załamania światła diamentu n , wiedząc że światło w tym ośrodku porusza się z prędkością $V=1.25 \cdot 10^8$ m/s. Prędkość światła w próżni $C=3 \cdot 10^8$ m/s.

Miejsce na obliczenia:

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty 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.

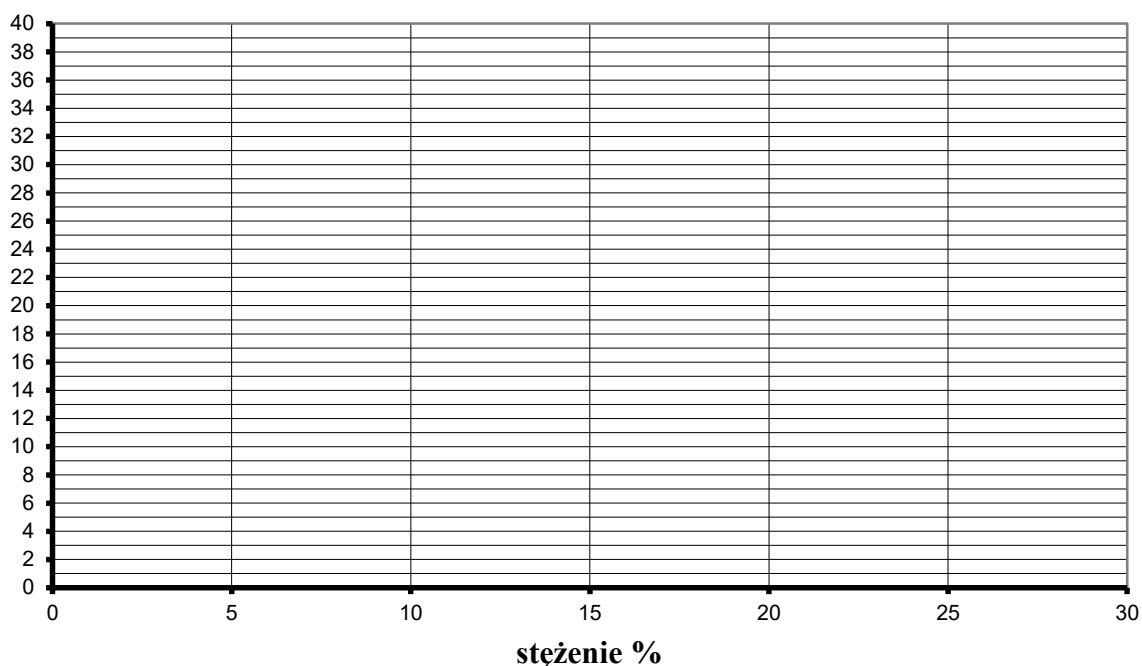
Odczytujemy na skali wartość kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła w roztworze dla wszystkich przygotowanych roztworów, wyniki zapisujemy w tabeli 2.

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

Stężenie roztworu (%)	Wartość kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji „ α ”
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:

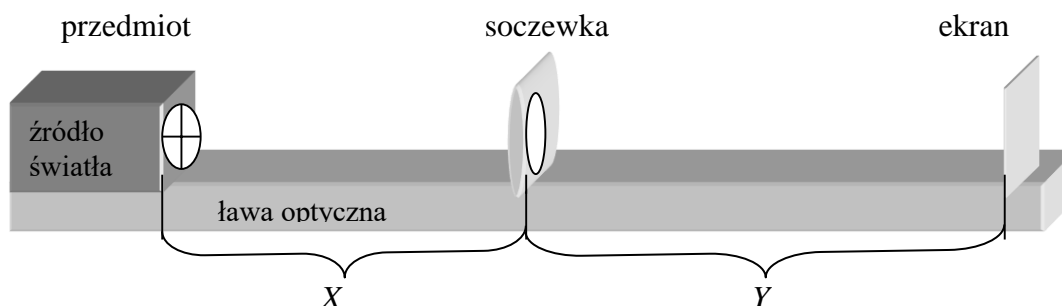
Tutaj wpisz:

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

Data	Imię i Nazwisko 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 $Z_2 = Z_u - Z_1 = \dots\dots\dots$ [D]
 $f_2 = \dots\dots\dots$ [m]

Miejsce na obliczenia dla soczewki skupiającej:

Miejsce na obliczenia dla układu soczewek:

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 $R_1=R_2=30$ 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 ₂ O [mL]
1%		
2%		
3%		
4%		
5%		
6%		
7%		
8%		
9%		
10%		

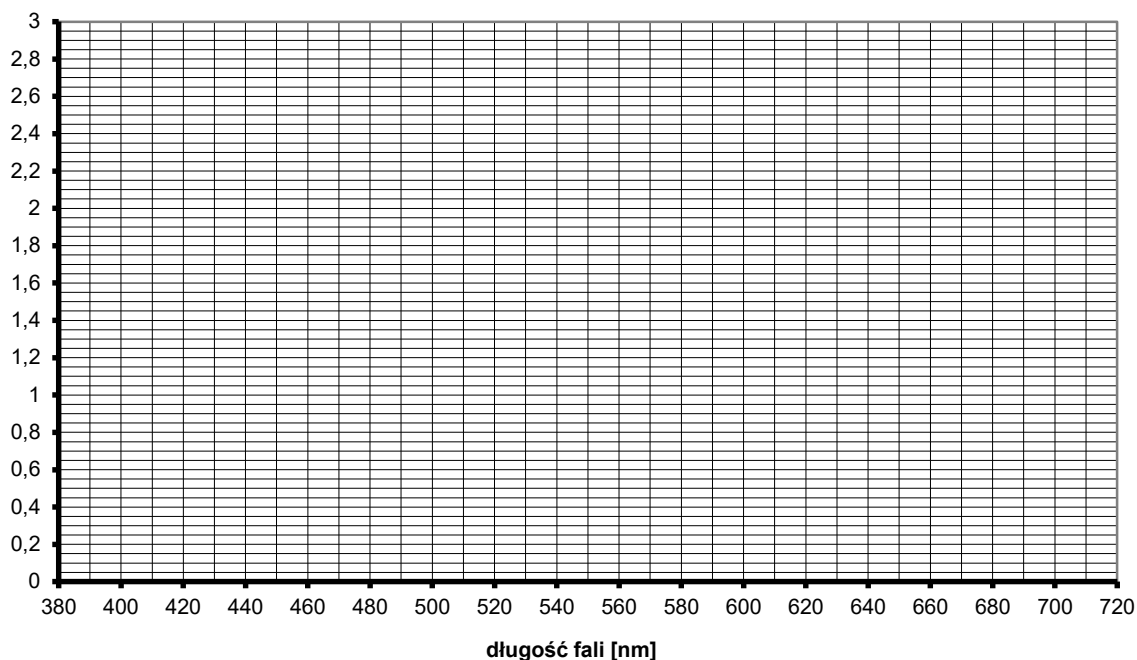
Zbadać wartości ekstynkcji (absorbancji) światła w 10% roztworze siarczanu miedzi zmieniając długość fali co 10 nm w zakresie widzialnym fal elektromagnetycznych. Wyniki przedstawić w postaci tabeli.

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)

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

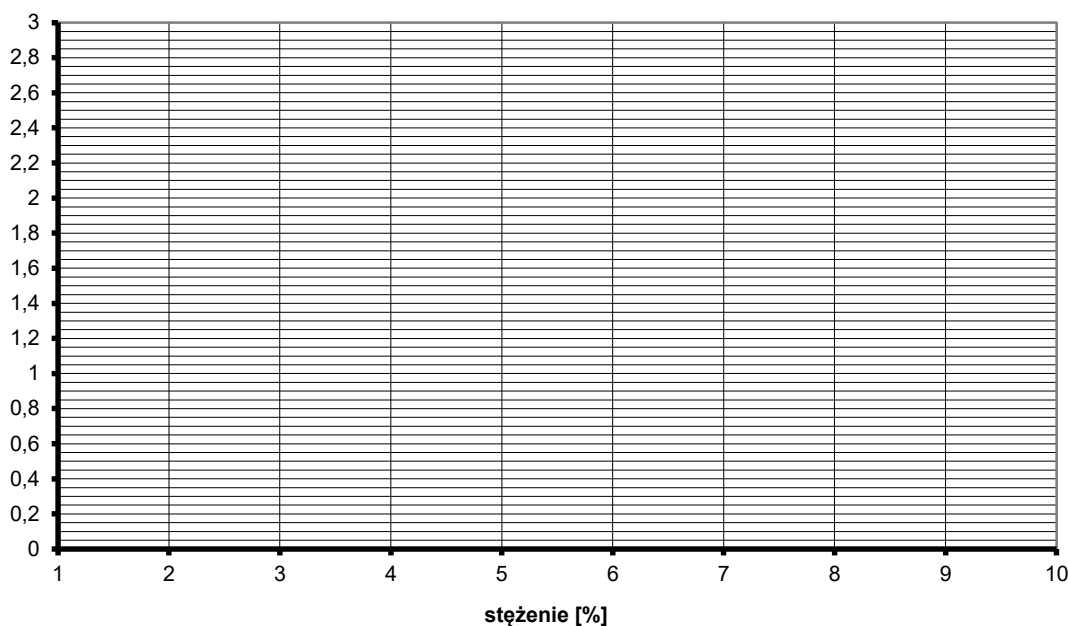
Przy λ_{\max} dokonaj pomiaru ekstynkcji (absorbancji) dla dziesięciu roztworów siarczanu miedzi o stężeniach od 1% do 10%. Wyniki przedstaw w postaci tabeli. Zwróć uwagę na to by każdy pomiar odbywał się w tych samych warunkach, tj. w tej samej wytartej do sucha kuwecie i przy tej samej długości fali.

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: $y = \dots\dots\dots$
- 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 CuSO_4 obliczamy **wartość stężenia przygotowanego roztworu siarczanu (VI) miedzi (II)**.

Równanie wykorzystywane do obliczeń:.....

Obliczenia stężenia roztworu-(x):

.....

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:

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)

Miejsce na odpowiedź:

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_0 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}]

Miejsce na obliczenia wartości współczynnika α (pamiętaj o zamianie jednostek!):

2. W drugiej części ćwiczenia badamy zależność natężenia światła przechodzącego przez układ od grubości warstwy pochłaniającej. W tym celu należy:
- wybrać zestaw płytek sporządzonych z tego samego materiału, grubość zmierzyć za pomocą mikromierza,
 - zmierzyć natężenie światła laserowego bez substancji pochłaniającej,
 - 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,
 - 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 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 absorbenta [10 ⁻³ m]	Wartość natężenia światła I	ln I
Bez absorbenta	-		
1 płytka			
2 płytki			
3 płytki			
4 płytki			
5 płytek			
6 płytek			
7 płytek			
8 płytek			
9 płytek			

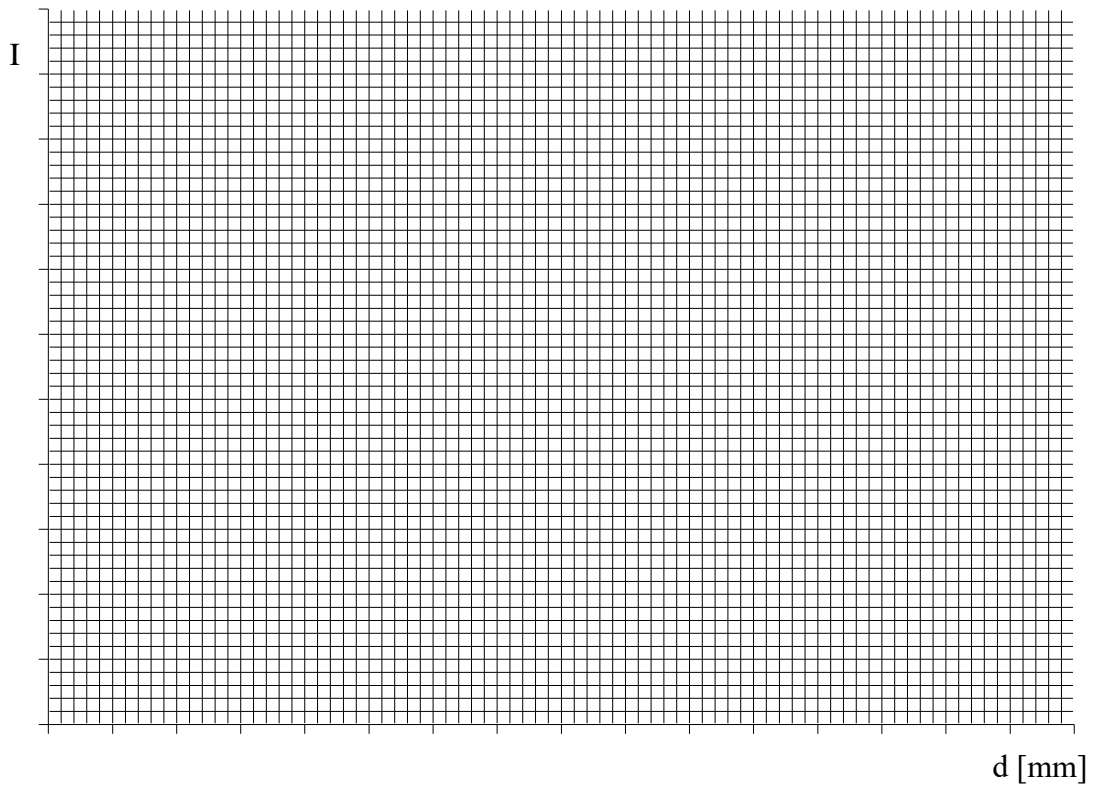
Dane do Wykresu 1:

Tutaj wpisz wyniki obliczeń z programu Excel:

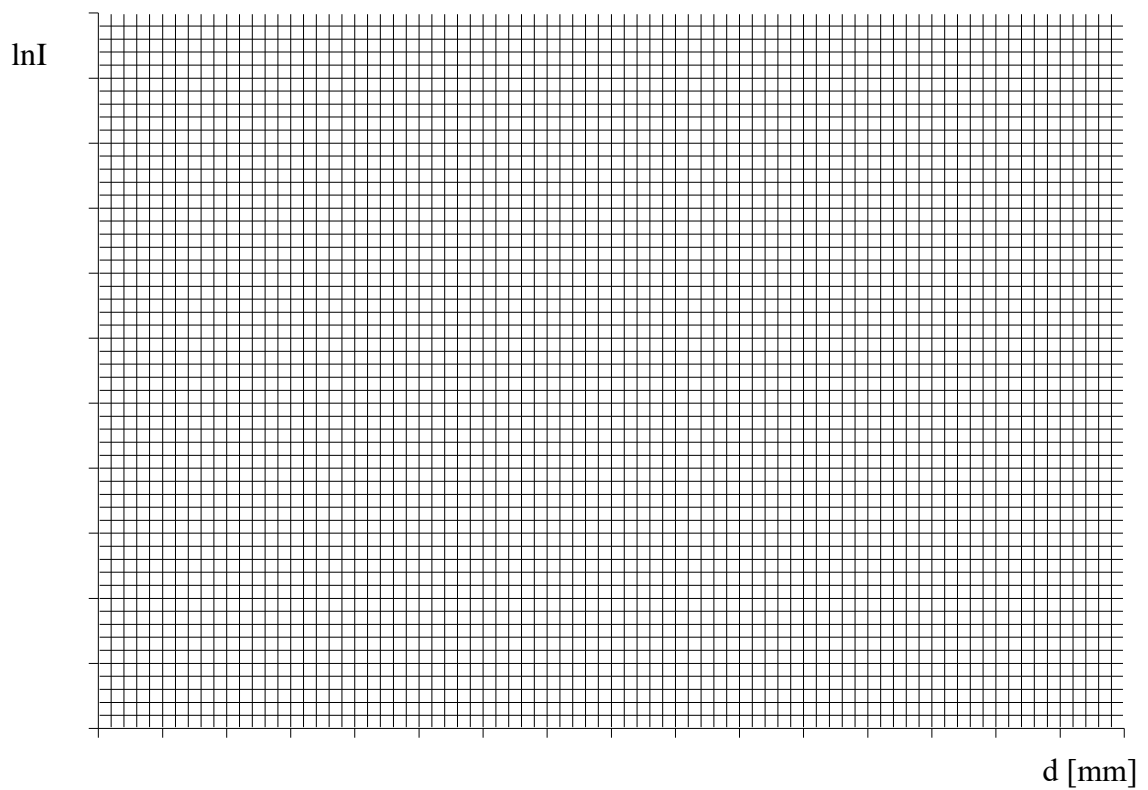
- otrzymane równanie: $y = \dots\dots\dots$
- wartość współczynnika korelacji $R^2 = \dots\dots\dots$

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

Wykres 1. Zależność natężenia promieniowania I od grubości absorbenta.



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



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

Tutaj wpisz wyniki obliczeń z programu Excel:

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

Na podstawie wykresu 2 i równania krzywej wzorcowej wyznacz wartość współczynnika α .

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

ZADANIA DO EKSPERYMENTU

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

Miejsce na odpowiedź:

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

Miejsce na odpowiedź:

3. Oblicz grubość absorbenta, wiedząc że współczynnik ekstynkcji α wynosi 0,65 1/mm, a natężenie promieniowania laserowego przechodzącego przez ten absorbent zmniejszyło się z 22 mW/m² do 15 mW/m²?

Miejsce na obliczenia:

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty dodatkowe

ZAGADNIENIA DO ĆWICZEŃ Z ELEKTROMEDYCyny

Ćwiczenie nr 2.1 Oscyloskop.

1. Elementy elektrostatyki: • ładunek elektryczny, • dipol elektryczny, • pole elektryczne i jego własności, • prawo Coulomba i warunki jego stosowalności • ruch ładunku w polu elektrycznym, • potencjał elektryczny, • prąd (znać i rozumieć pojęcia), • prawo Ohma, • przewodniki I i II rodzaju, • dielektryki i ich polaryzacja, • pojemność, • kondensator, • budowa atomu.
2. Budowa i zasada działania oscyloskopu. Wyjaśnić zjawiska wykorzystywane w oscyloskopie.
3. Luminescencja (na czym polega zjawisko) i jej rodzaje (luminescencja w oscyloskopie)

Ćwiczenie nr 2.2 Biofizyka głosu ludzkiego.

1. Dźwięk jako fala mechaniczna:
 - fale w ośrodkach sprężystych (rodzaje fal, mechanizm rozchodzenia się, własności, interferencja fal, fala stojąca, dudnienia, rezonans);
 - fale dźwiękowe, amplituda drgań źródła dźwięku,
 - ultradźwięki, infradźwięki – metody wytwarzania (obowiązkowo- odwrócone zjawisko piezoelektryczne, magnetostrykcja) i własności tych fal;
 - prędkość fali (prędkość fazowa i grupowa);
 - drgania harmoniczne, składanie drgań harmonicznych równanie fali harmonicznej
2. Cechy dźwięku, ich charakterystyka oraz związki między nimi
 - Fizyczne: natężenie, częstotliwość, widmo
 - Psychologiczne: głośność, wysokość, barwa,
3. Jednostki pomiaru fizycznych cech dźwięku

Ćwiczenie nr 2.4 Elektrokardiografia.

1. Fizyczne podstawy elektrokardiografii (pojęcie dipola elektrycznego i momentu dipolowego, natężenie pola elektrycznego, potencjalna energia elektrostatyczna, potencjał elektryczny; wyznaczanie natężenia pola i potencjału elektrycznego wokół dipola; linie sił pola i linie ekwipotencjalne)
 - Model źródła prądowego,
 - Model dipolowy.
2. Typy odprowadzeń stosowane w ekg.
3. Budowa i rola układu bodźco-przewodzącego serca.
4. Potencjały czynnościowe różnych komórek mięśnia sercowego.
 - komórki roboczej serca,
 - komórki węzła zatokowego (zjawisko powolnej spoczynkowej depolaryzacji).
5. Główny wektor elektryczny serca.

Ćwiczenie nr 2.6 Dynamika krążenia krwi – podstawy fizyczne.

1. Hydrostatyka: definicja ciśnienia (jednostki), naczynia połączone, prawo Archimedes'a i Pascala, prasa hydrauliczna, ciśnienie hydrostatyczne.
2. Równania: ciągłości strumienia cieczy, Bernoulliego, Hagen-Poiseulle'a, liczba Reynoldsa.
3. Przepływ laminarny i burzliwy cieczy. Warunki niezbędne do ich powstania.
4. Zasada pomiaru RR metodą osłuchową. Zjawiska fizyczne wykorzystywane przy pomiarze RR metodą osłuchową.
5. Wpływ różnych czynników na wartość ciśnienia tętniczego.

ĆWICZENIE NR 2.1

OSCYLOSKOP

Cele tematu badawczego: Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z oscyloskopem analogowym i cyfrowym oraz ich praktycznymi zastosowaniami.

Zagadnienia z teorii do samodzielnego przygotowania:

1. Należy zapoznać się „ZAGADNIENIAMI DO ĆWICZEŃ Z ELEKTROMEDYCYNY”.
2. Przypomnienie wzorów matematycznych opisujących zjawiska fizyczne. Przeliczanie jednostek, operowanie ułamkami, szacowanie niepewności pomiarowych i ich analiza.

Rozwój wiedzy:

1. Samodzielne powtórzenie wiadomości podstawowych z zakresu elektrostatyki.
2. Samodzielne przygotowanie wiadomości na temat działania oscyloskopu.
3. Odczytywanie i interpretowanie wykresów, schematów, rysunków. Wykorzystanie poznanej wiedzy.

Rozwój umiejętności

Stosowanie ze zrozumieniem pojęć fizycznych. Umiejętność fachowego wysławiania się i wyrażania swoich opinii. Przeliczanie jednostek, rozwiązywanie równań, wyznaczanie niepewności pomiarowych. Przetwarzanie danych pomiarowych, tworzenie wykresów oraz interpretowanie wyników. Rozwój umiejętności manualnych związanych z obsługą urządzeń elektrycznych. Planowanie i przeprowadzanie eksperymentów i doświadczeń. Prezentacja i przetwarzanie danych pomiarowych przedstawionych w formie tabeli lub wykresów. Analiza i omówienie wyników pomiaru, formułowanie wniosków. Poprawny opis i wyjaśnianie zjawisk fizycznych.

Rozwój postaw

Umiejętność przekonywania innych do swoich racji, prowadzenia rzeczowej dyskusji. Współpraca w grupie i weryfikacja zdobytej wiedzy i umiejętności. Kultura techniczna. Przestrzeganie przepisów BHP. Rozwiązywanie problemów. Szacunku dla pracy własnej i innych. Podejmowania decyzji i kompromisu

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. Przystalskiego
„Podstawy biofizyki” pod red. prof. A. Pilawskiego

Część doświadczalna:

Niezbędne przyrządy i materiały: oscyloskop, generator badanych napięć.

WYTYCZNE DO PRZYGOTOWANIA RAPORTU

1. *Raport powinien być czytelny, bez skreśleń.*
2. *Wszelkie rysunki muszą być wykonywane ołówkiem.*
3. *Obliczenia wraz z prawidłowymi jednostkami mogą być wykonywane długopisem lub ołówkiem.*
4. *Przy zadaniach rachunkowych wymagane są prawidłowe obliczenia oraz prawidłowo wykonane obliczenia na jednostkach.*
5. *Dane do końcowej tabeli: „data” oraz „imię i nazwisko wykonującego” muszą być wypełnione długopisem.*

1. Zapoznanie się z obsługą oscylloskopu

- a. Ekran lampy oscylloskopowej możemy traktować jak układ współrzędnych, w których porusza się plamka: X_1 , X_2 - potencjały przyłożone do płytek odchylenia poziomego, Y_1 , Y_2 - potencjały przyłożone do płytek odchylenia pionowego.

Aby na ekranie uzyskać obraz pojedynczej „kreski” na środku ekranu lampy oscylloskopowej do płytek Y_1 , Y_2 należy przyłożyć napięcie okresowo zmienne (np. o przebiegu sinusoidalnym), a do płytek X_1 , X_2 - brak napięcia. Wysokość sygnału w osi Y zależy od amplitudy badanego sygnału oraz od czułości napięciowej kanału, którym dokonujemy pomiaru. **Czułość napięciową (współczynnik wzmocnienia)** wyrażamy w woltach na działkę (z ang. **V/div**). Jeżeli chcemy uzyskać pełen obraz sygnału czyli „rozciągnąć” obserwowaną „kreskę” pionową w osi X należy doprowadzić do płytek X_1 , X_2 napięcie narastającego liniowo w funkcji czasu. Ponieważ ekran ma skończone wymiary, plamka po dojściu do prawego skrajnego pola pomiarowego musi powrócić z powrotem, a napięcie odchyłające powinno zmaleć do swej wartości początkowej. Wytworzony w ten sposób sygnał jest piłokształtny, linia pozioma przez niego narysowana na ekranie jest nazywana liniową podstawą czasu lub rozciąganiem linearnym. Jako jednostkę podstawy czasu przyjmujemy czas, który odpowiada przesunięciu się plamki na ekranie oscylloskopu w kierunku osi X o jedną działkę i wyrażamy w sekundach na działkę (z ang. **s/div**).

- b. Napisz wzór (ustalony na potrzeby oscylloskopu - ze skryptu) na obliczenie okresu (T) przebiegu prądowego obserwowanego na ekranie oscylloskopu:
- c. Na panelu sterowania oscylloskopu wskaż pokrętko zmiany podstawy czasu.

Odczytaj ustawienie pokrętła podstawy czasu, podaj odczytaną wartość:

jednostka

Napisz, jakiej literze ze wzoru w punkcie b) odpowiada odczytana wartość pokrętła?

- d. Napisz wzór na obliczenie napięcia maksymalnego (U_{max}) przebiegu na ekranie oscylloskopu (ustalony na potrzeby oscylloskopu - ze skryptu):

- e. Na panelu sterowania oscylloskopu wskaż pokrętko wzmocnienia badanego sygnału (czułości napięciowej). Za pomocą pokrętła dostosuj wartość wzmocnionego sygnału tak, aby cały obraz przebiegu prądowego zmieścił się na ekranie oscylloskopu.

Odczytaj ustawienie pokrętła wzmocnienia, podaj odczytaną wartość:

jednostka

Napisz, jakiej literze ze wzoru w punkcie d) odpowiada odczytana wartość?

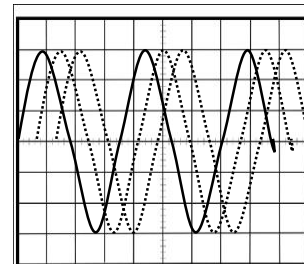
- f. Na panelu sterowania oscylloskopu **wskaż** pokrętko regulacji położenia w kierunku poziomym (na oscylloskopie: „HORIZONTAL position” lub symbol \leftrightarrow lub \Leftrightarrow).

Wyreguluj położenie wyświetlanego przebiegu prądowego wzdłuż osi poziomej tak, żeby obraz zajmował całą szerokość ekranu.

Wskaż pokrętko potencjometru przesuwania poziomu zera - pozycjonowania w pionie (na oscylloskopie: „VERTICAL position” lub symbol \updownarrow). Umożliwia on przesuwanie obrazu w pionie,

tak, aby wybrane punkty sygnału odpowiadały położeniom działek osi rzędnych na ekranie. **Wyreguluj** położenie wyświetlanego przebiegu wzdłuż osi pionowej symetrycznie względem osi X, tak aby cała amplituda przebiegu była widoczna na całej wysokości pionowej ekranu

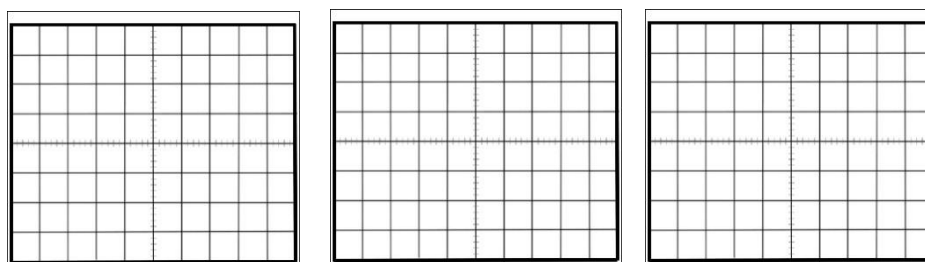
- g. Jeżeli obraz uzyskiwany na ekranie jest niestabilny, to znaczy, że okres sygnału podstawy czasu jest różny od całkowitej wielokrotności sygnału wejściowego. Wówczas każdy początek pojedynczego okresu podstawy czasu przypadają będzie na inny punkt początkowy przebiegu badanego. Skutkuje to „płynięciem” obserwowanego sygnału. Mówimy wtedy o braku synchronizacji podstawy czasu. Aby wyeliminować tę niedogodność, należy uzależnić przebieg podstawy czasu od przebiegu obserwowanego. Synchronizacji tej dokonuje się w układzie wyzwalania podstawy czasu (ang. trigger). Jeżeli analizowany obraz jest niestabilny, należy poprosić o pomoc asystenta.



2. Zapoznanie się z obsługą **generatora funkcyjnego**. Ustawienie sygnału wyjściowego.

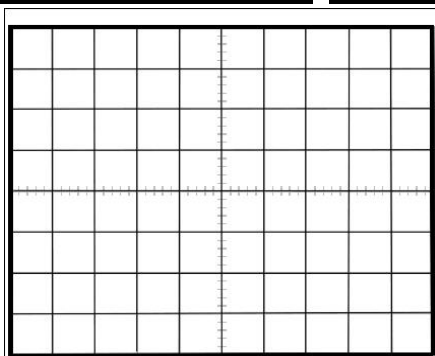
- a. Wskaż przycisk wyboru rodzaju fali (na generatorze: „WAVE SELECT” lub „FUNCTION”). Sprawdź rodzaje generowanych przebiegów elektrycznych.

Narysuj na ekranach poniżej różne kształty generowanego sygnału i podpisz je.



.....

3. Wybierz kształt sinusoidalny sygnału wyjściowego oraz zakres częstotliwości, aby uzyskać na ekranie oscyloskopu żądany przebieg sygnału wyjściowego. Dostosuj ilość obserwowanych na ekranie przebiegów (**1-2 pełne okresy**) oraz ich amplitudę (**2-4 kratek**). W tym celu wykorzystaj regulację pokręteł podstawy czasu i wzmocnienia **na oscyloskopie** oraz regulację częstotliwości i amplitudy **na generatorze funkcyjnym**. **Narysuj obserwowany przebieg.**



- a. Odczytaj wskazania z pokręteł i ekranu oscyloskopu. **Wpisz odczytane dane do tabeli (wraz z prawidłowymi jednostkami).**

Napięcie	pokrętko zmiany podstawy czasu c	pokrętko wzmocnienia sygnału k	odczytana z ekranu długość okresu L	odczytana z ekranu wysokość amplitudy d
sinusoidalne				

- b. Oblicz wielkości charakterystyczne obserwowanych i rysowanych przebiegów: okres drgań T , częstotliwość f , wartość maksymalna napięcia U_{\max} (wartość szczytowa = amplitudzie) i wartość skuteczną napięcia (Root Mean Square, RMS).

Wykonaj prawidłowe obliczenia (oraz działania na jednostkach)

Uzupełnij tabelę:

W nawiasy wpisz odpowiednie jednostki:

Napięcie	T []	f []	U_{\max} []
sinusoidalne			

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Raport

ĆWICZENIE NR 2.2

BIOFIZYKA GŁOSU LUDZKIEGO

Cele tematu badawczego: Celem ćwiczenia jest porównanie własności subiektywnych i obiektywnych dźwięku oraz przetwarzanie drgań akustycznych na przebiegi elektryczne.

Zagadnienia z teorii do samodzielnego przygotowania:

1. Należy zapoznać się „ZAGADNIENIAMI DO ĆWICZEŃ Z ELEKTROMEDYCYNY”.
2. Przypomnienie wzorów matematycznych opisujących cechy dźwięku. Przeliczanie jednostek, operowanie ułamkami, szacowanie niepewności pomiarowych i ich analiza.

Rozwój wiedzy

1. Powtórzenie wiadomości podstawowych z zakresu zjawisk falowych.
2. Samodzielne przygotowanie wiadomości na temat: Cechy dźwięku fizyczne i psychologiczne oraz związki między nimi.

Rozwój umiejętności

Stosowanie pojęć i terminów fizycznych. Umiejętność fachowego wysławiania się.

Planowanie i przeprowadzanie eksperymentów i doświadczeń. Gromadzenie i analizowanie, wraz z szacowaniem niepewności pomiarowych, danych pomiarowych. Przeliczanie jednostek. Opis fali mechanicznej wykorzystując takie pojęcia jak długość i prędkość fali, częstość i okres, amplituda drgań.

Rozwój postaw

Umiejętność przekonywania innych do swoich racji, prowadzenia rzeczowej dyskusji. Współpraca w grupie. Weryfikacja zdobytej wiedzy i umiejętności. Szacunek do pracy innych. Kultura technicznej. Przestrzeganie przepisów BHP.

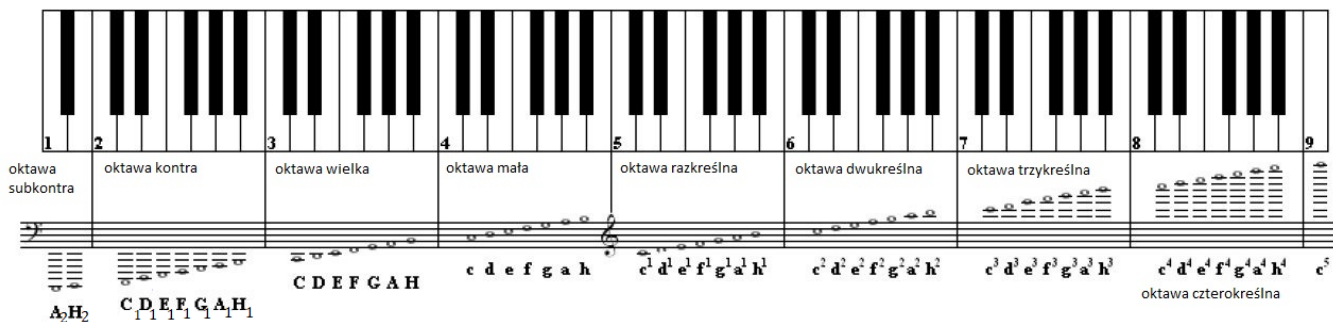
Część doświadczalna

Niezbędne przyrządy: mikrofon, wzmacniacz sygnałów, oscyloskop, kamerton, młoteczek do wzbudzania kamertonów.

WYTYCZNE DO PRZYGOTOWANIA RAPORTU

1. *Raport powinien być czytelny, bez skreśleń.*
2. *Wszelkie rysunki muszą być wykonywane ołówkiem.*
3. *Obliczenia wraz z prawidłowymi jednostkami mogą być wykonywany długopisem lub ołówkiem.*
4. *Przy zadaniach rachunkowych wymagane są prawidłowe obliczenia oraz prawidłowo wykonane obliczenia na jednostkach.*
5. *Dane do końcowej tabeli: „data” oraz „imię i nazwisko wykonującego” muszą być wypełnione długopisem.*

Dla celów muzycznych wysokość dźwięku określa się nazwami literowymi: po polsku c-d-e-f-g-a-h, po angielsku C-D-E-F-G-A-B, solmizacyjnymi: do-re-mi-fa-sol-la-si(ti) i innymi. Jednostką fizyczną, która odnosi się do wysokości dźwięku (cechy psychologicznej) jest Herc (Hz - jednostka częstotliwości).



Częstotliwość drgań wszystkich dźwięków „a” na fortepianie, strojonych według obowiązującego obecnie stroju (a¹=440 drgań na sekundę) jest następująca:

Wysokość dźwięku (pl)	A ₂	A ₁	A	a	a ¹	a ²	a ³	a ⁴
Wysokość dźwięku (ang)	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Częstotliwość (Hz)	27,5	55	110	220	440	880	1760	3520

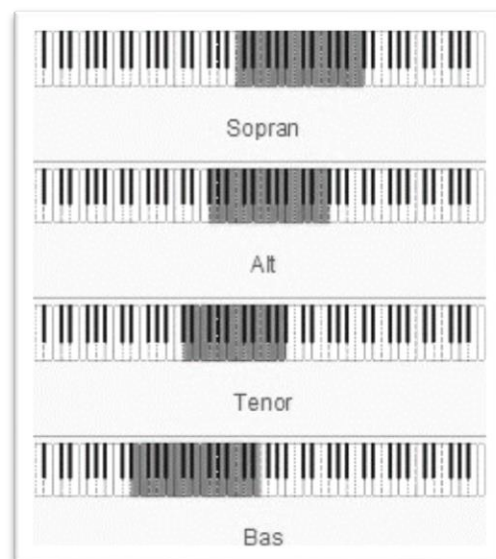
Zakresy częstotliwości głosu ludzkiego (**Klasy głosu ludzkiego**):

Głosy KOBIECE

- **Sopran** 261,63-1046,5 Hz; skala c¹-c³, najwyższy głos kobiecy
- **Mezzosopran** 220-783,99 Hz; skala a-g² (liryczny), g-c³ (dramatyczny); głos kobiecy lokujący się pomiędzy sopranem i altem, częściowo obejmujący oba, to głos o ciemnej barwie
- **Alt** 196-783,99 Hz; skala g-g²; najniższy głos kobiecy, to głos o ciemnej barwie
- **Kontralt** (alt głęboki) 130,81-587,33 Hz; skala c do d² – rodzaj głosu żeńskiego o najniższej teksturze.

Głosy MĘSKIE:

- **Tenor** 130,8-523,25 Hz; skala c-c²; najwyższy głos męskim osiągalny rejestrem piersiowym
- **Baryton** 196,0-392,0 Hz; skala g/a-g¹; głos męski mieszczący się w środkowym zakresie skali, posiada ciemną barwę
- **Bas** 82,41-293,67 Hz; skala E-d¹; najniższy głos męski, posiada bardzo ciemną barwę i charakteryzuje się dużą nośnością.



1. **Celem** ćwiczenia jest ustalenie przedziału częstotliwości słyszanych przez poszczególnych studentów, oraz przedziału częstotliwości odbieranego przez słuchaczy za najgłośniejszy.

a. Przy maksymalnym natężeniu dźwięku zmieniaj powoli częstotliwość generatora od 20 Hz do 20 000 Hz. **Obserwacje wpisz do tabeli.**

imię	dolna granica słyszanych częstotliwości [Hz]	górną granicą słyszanych częstotliwości [Hz]

b. Przy stałym natężeniu dźwięku zmieniaj powoli częstotliwość generatora. Zauważ jak zmienia się wrażenie głośności. **Zapisz obserwacje:**

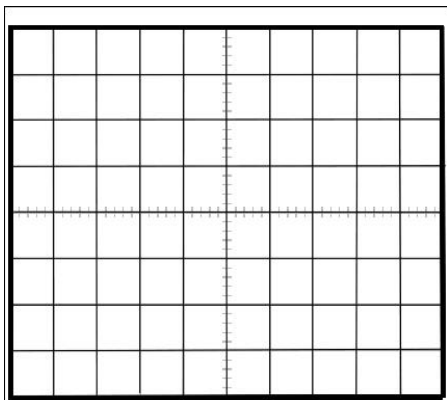
Wrażenie głośności

.....

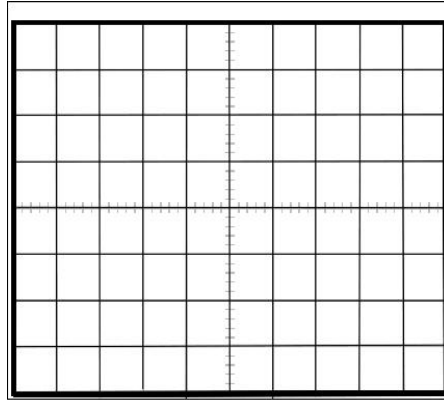
Najgłośniejsz słyszę dźwięki o częstotliwości odHz do..... Hz.

2. **Celem** ćwiczenia jest uwidocznienie na oscyloskopie zmian napięcia wytwarzanych przez mikrofon, które odpowiadają zmianom ciśnienia przy fonacji poszczególnych głosek. Wypowiadaj do mikrofonu dźwięki głoski obserwuj ich strukturę widmową na ekranie oscyloskopu. Obraz obserwowany na ekranie oscyloskopu przedstawia zmiany amplitudy w funkcji czasu dla poszczególnych głosek (czy wyrazów).

a. **Narysuj strukturę widmową dwóch głosek przedstawiając zależność amplitudy i czasu.**



widmo głoski.....



widmo głoski.....

b. Odczytaj wskazania z oscyloskopu i wpisz do tabeli poniżej (prawidłowe jednostki wpisz w nawiasy kwadratowe).

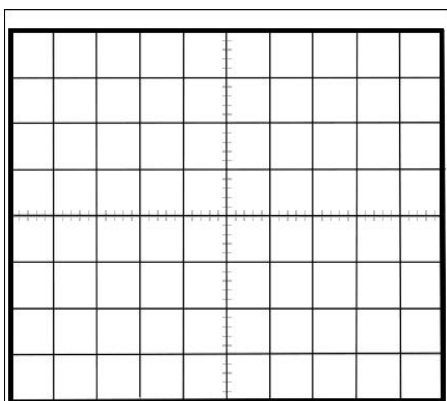
c. Oblicz częstotliwość zarejestrowanych głosek. Na rysunkach zaznacz okres tonu podstawowego czyli dźwięk o najniższej częstotliwości.

d. Zidentyfikuj klasę głosu zarejestrowanych głosek.

Widmo głoski	pokręto zmiany podstawy czasu c []	odczytana z ekranu długość okresu L []	Okres []	Częstotliwość []	Klasa glosu

Napisz obliczenia (wraz z jednostkami):

3. Na ekranie oscyloskopu zaobserwuj strukturę widmową dźwięku kamertonu. **Narysuj poniżej zapis tego widma. Wyznacz częstotliwość kamertonu.**



Napisz obliczenia (wraz z jednostkami):

Uzupełnij tabelę, w nawiasy wpisz odpowiednie jednostki:

pokręto zmiany podstawy czasu c []	odczytana z ekranu długość okresu L []	Okres []	Częstotliwość []

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Raport

ĆWICZENIE NR 2.4

ELEKTROKARDIOGRAFIA

Cele tematu badawczego: Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z czynnościami elektrycznymi błon biologicznych na podstawie aktywności elektrycznej komórek serca. Celem szczegółowym jest zapoznanie się z techniką i wykonaniem badania elektrokardiograficznego i zapoznanie się z podstawami matematycznej analizy otrzymanego zapisu zjawisk elektrycznych.

Zagadnienia z teorii do samodzielnego przygotowania:

Należy zapoznać się „ZAGADNIENIAMI DO ĆWICZEŃ Z ELEKTROMEDYCYNY”.

Rozwój wiedzy

1. Powtórzenie wiadomości podstawowych z zakresu elektrostatyki.
2. Samodzielne przygotowanie wiadomości na temat: • czynności elektryczne błon biologicznych: • mechanizm powstawania potencjału spoczynkowego (mechanizmy utrzymujące rozmieszczenie jonów wzdłuż błony komórkowej), • mechanizm powstawania i przewodzenia potencjału czynnościowego na przykładzie komórek nerwowych i komórek serca (układ bodźcotwórczo-przewodzący, • mechanizmy biofizyczne powstawania i przewodzenia pobudzenia w sercu). • Wektor elektryczny serca.
3. Elektrokardiografia: metody rejestracji, elektrokardiogram
4. Wykorzystanie poznanej wiedzy.

Rozwój umiejętności

Stosowanie ze zrozumieniem pojęć fizycznych. Rozwój umiejętności manualnych związanych z obsługą urządzeń elektrycznych. Gromadzenie i analizowanie, wraz z szacowaniem niepewności pomiarowych, danych pomiarowych. Prezentacja i przetwarzanie danych pomiarowych przedstawionych w formie tabeli lub wykresów. Analiza i omówienie wyników pomiaru, formułowanie wniosków. Poprawny opis i wyjaśnianie zjawisk fizycznych.

Rozwój postaw

Współpracy w grupie. Weryfikacji zdobytej wiedzy i umiejętności. Kultura techniczna. Przestrzeganie przepisów BHP. Rozwiązywania problemów. Szacunku dla pracy własnej i innych.

Część doświadczalna

Cel: Demonstracja metody pomiaru elektrycznej czynności serca.

Niezbędne przyrządy i przybory: aparat EKG, elektrody, oscyloskop.

Wykonanie ćwiczenia

WYTYCZNE DO PRZYGOTOWANIA RAPORTU

1. *Raport powinien być czytelny, bez skreśleń.*
2. *Wszelkie rysunki muszą być wykonywane ołówkiem.*
3. *Obliczenia wraz z prawidłowymi jednostkami mogą być wykonywany długopisem lub ołówkiem.*
4. *Przy zadaniach rachunkowych wymagane są prawidłowe obliczenia oraz prawidłowo wykonane obliczenia na jednostkach.*
5. *Dane do końcowej tabeli: „data” oraz „imię i nazwisko wykonującego” muszą być wypełnione długopisem.*

1. **Wykonać zapis EKG przy prędkości przesuwu papieru 25 mm i 50 mm.** Sposób podłączenia elektrod, technikę wykonania zapisu przy pomocy aparatu EKG oraz współpracę z oscyloskopem poda asystent.

Miejsce na wklejenie ekg

2. **Na podstawie zapisu EKG obliczyć częstość uderzeń serca** wszystkimi znanymi metodami (opisz wykonane obliczenia).

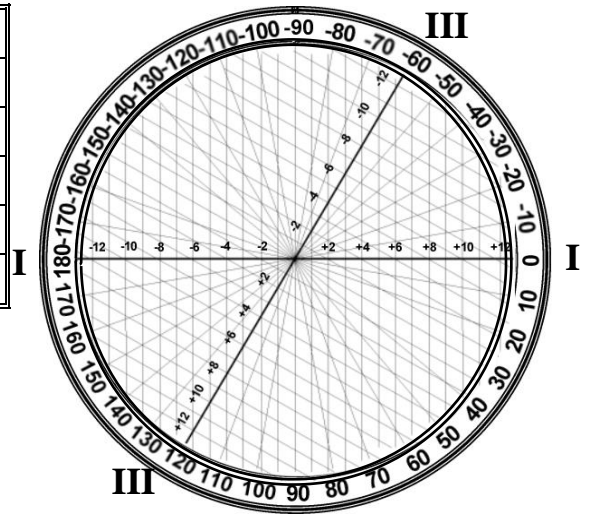
3. **Na podstawie zapisu EKG obliczyć:**

- a) czas trwania: odstępu PP (s).....i odstępu RR (s).....
- b) czas trwania (wyniki podać w formie tabeli)
- załamek P norma: 0,04 - 0,12 s w II odprowadzeniu
 - odcinka PQ norma: 0,04 - 0,10 s
 - odstępu PQ norma: 0,12 - 0,20 s
 - zespołu QRS norma: 0,06 - 0,10 s

	odległość w mm (przy prędkości 25 mm/s)	czas trwania (s)
załamek P		
odcinek P-Q		
odstęp P-Q		
zespół QRS		

4. Na podstawie zapisu EKG obliczyć określić oś elektryczna serca (opis w skrypcie w części teoretycznej)

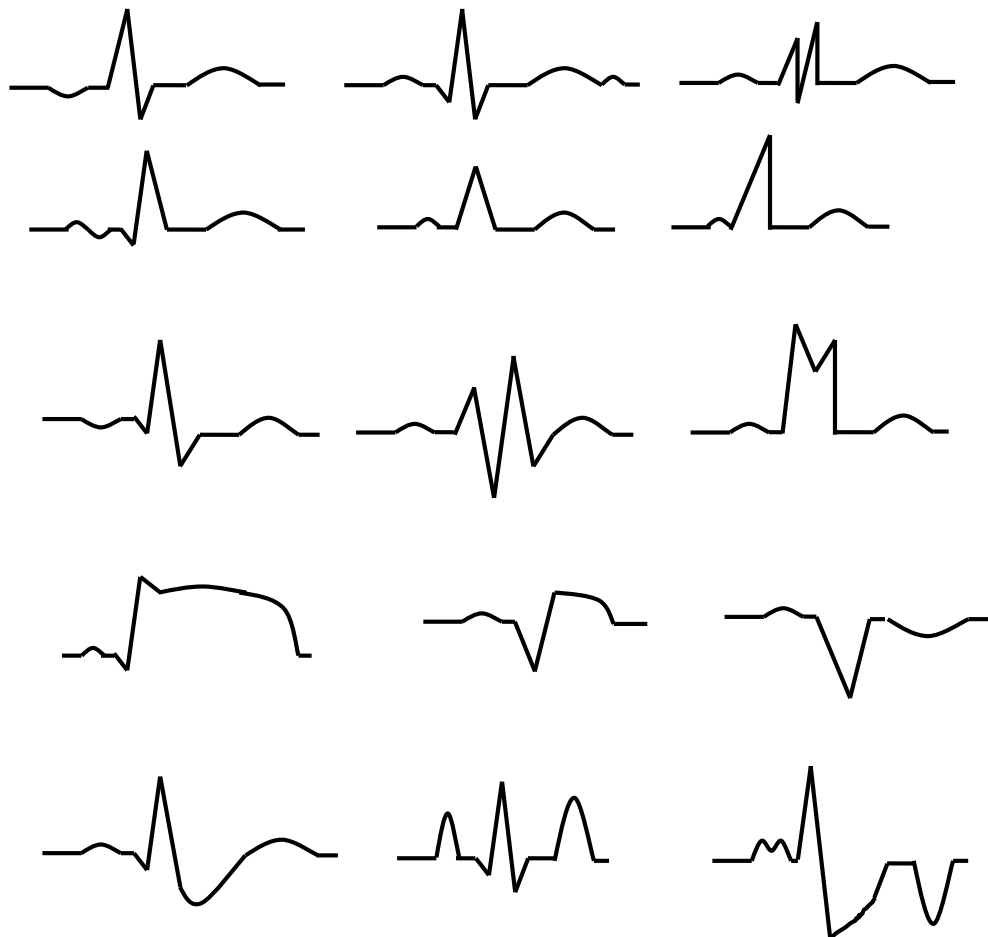
ZAŁAMKI	AMPLITUDA w MM	
	Odprowadzenie I:	Odprowadzenie III
Q		
R		
S		
Suma załamek		



Kąt α wynosi:

Ocena osi elektrycznej serca:

5. Nazwij załamki w przedstawionych zapisach EKG



Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Raport

ĆWICZENIE NR 2.6

NIEINWAZYJNE METODY POMIARU CIŚNIENIA TĘTNICZEGO KRWI

Cele tematu badawczego: Porównanie różnych metod pomiaru ciśnienia tętniczego krwi oraz ocena wpływu grawitacji na RR.

Zagadnienia z teorii do samodzielnego przygotowania:

1. Należy zapoznać się „ZAGADNIENIAMI DO ĆWICZEŃ Z ELEKTROMEDYCYNY”.
2. Przypomnienie wzorów matematycznych opisujących zjawiska fizyczne. Przeliczanie jednostek, operowanie ułamkami, szacowanie niepewności pomiarowych i ich analiza.

Rozwój wiedzy

Powtórzenie wiadomości podstawowych z zakresu hydrostatyki:

Samodzielne przygotowanie wiadomości na temat: • przepływ laminarny i burzliwy cieczy- oraz warunki niezbędne do ich powstania. • Zasada pomiaru ciśnienia tętniczego krwi metodą osłuchową. • Zjawiska fizyczne wykorzystywane przy pomiarze ciśnienia tętniczego krwi metodą osłuchową. • Wpływ różnych czynników na wartość ciśnienia tętniczego. Przypomnienie wzorów matematycznych opisujących zjawiska fizyczne. Przeliczanie jednostek. Wykorzystanie poznanej wiedzy.

Rozwój umiejętności

Stosowanie ze zrozumieniem pojęć fizycznych. Umiejętność fachowego wysławiania się i wyrażania swoich opinii. Przeliczanie jednostek, rozwiązywanie równań, wyznaczanie niepewności pomiarowych. Przetwarzanie danych pomiarowych oraz interpretowanie wyników. Planowanie i przeprowadzanie eksperymentów i doświadczeń. Gromadzenie i analizowanie, wraz z szacowaniem niepewności pomiarowych, danych pomiarowych. Prezentacja i przetwarzanie danych pomiarowych przedstawionych w formie tabel. Analiza i omówienie wyników pomiaru, formułowanie wniosków. Poprawny opis i wyjaśnianie zjawisk fizycznych.

Rozwój postaw

Umiejętność przekonywania innych do swoich racji, prowadzenia rzeczowej dyskusji. Współpracy w grupie. Weryfikacji zdobytej wiedzy i umiejętności. Kultura techniczna. Przestrzeganie przepisów BHP. Rozwiązywania problemów. Szacunku dla pracy własnej i innych

Część doświadczalna

Niezbędne przyrządy i materiały: sfigmomanometr, stetoskop, taśma miernicza.

WYTYCZNE DO PRZYGOTOWANIA RAPORTU

1. *Raport powinien być czytelny, bez skreśleń.*
2. *Wszelkie rysunki muszą być wykonywane ołówkiem.*
3. *Obliczenia wraz z prawidłowymi jednostkami mogą być wykonywany długopisem lub ołówkiem.*
4. *Przy zadaniach rachunkowych wymagane są prawidłowe obliczenia oraz prawidłowo wykonane obliczenia na jednostkach.*
5. *Dane do końcowej tabeli: „data” oraz „imię i nazwisko wykonującego” muszą być wypełnione długopisem.*

1. **Zmierzyć ciśnienie tętnicze (ciśnienie skurczowe/rokurczowe) spoczynku** metodą osłuchową i następnie przeliczyć otrzymane wartości na jednostki układu S.I.

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133,32 \text{ Pa} = 1/760 \text{ atm}$$

Metoda pomiaru RR	RR w mmHg	RR w kPa
osłuchowa		

Napisz obliczenia:

2. **Obliczyć ciśnienie na wysokości tętnic mózgu** ($P_{\text{MÓZGU}}$) **i stóp** (P_{STOPY}) w pozycji stojącej, wykorzystując sfigmomanometr i miarkę wysokości:

Napisz zależności pomiędzy ciśnieniami krwi na poziomie stopy, serca i mózgu (wzory)

--

Uzupełnij dane:

WIELKOŚĆ	WARTOŚĆ	JEDNOSTKI
ρ		
g		
P_{SERCA} [Pa]		
h_{SERCA} [m]		
$h_{\text{MÓZGU}}$ [m]		

$$\rho = \text{Rho (ro)}$$

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

Gęstość (masa właściwa) – stosunek masy pewnej ilości substancji do zajmowanej przez nią objętości

Napisz obliczenia (wraz z jednostkami):

Uzupełnij tabelę:

wyniki	RR w kPa	RR w mmHg
P_{SERCA}		
$P_{MÓZGU}$		
P_{STOPY}		

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Raport	Łącznie punkty dodatkowe

APPENDIX

Kryteria oceny prezentacji:

1. Prezentacja przygotowana w programie PowerPoint lub kompatybilnym (OpenOffice; Libra Office)
2. Czas trwania prezentacji do 5 min.
3. Treść prezentacji – czy zgodna z tematem, czy wyczerpuje temat.
4. Przejrzystość slajdów – mało tekstu na slajdzie, odpowiednia wielkość czcionki.
5. Mówienie, omawianie a nie czytanie.
6. Ciekawe podejście do tematu.
7. Zainteresowanie słuchaczy, zachęta do dyskusji po prezentacji, prowadzenie dyskusji.

Tematy do prezentacji:

Lab 2.1

1. Prawo Coulomba i warunki jego stosowalności, pole elektryczne i elektro-magnetyczne, i jego własności
2. Termoemisja w oscyloskopie
3. Ruch ładunku w polu elektrycznym (na przykładzie oscyloskopu)
4. Luminescencja (na czym polega zjawisko) i jej rodzaje (luminescencja w oscyloskopie)

Lab 2.2

1. Dźwięk jako fala mechaniczna: definicja dźwięku, rodzaje fal, mechanizm rozchodzenia się, własności, interferencja fal, fala stojąca, rezonans)
2. Wytwarzanie fali akustycznej: metody wytwarzania infradźwięków, dźwięków, ultradźwięków
3. Cechy dźwięku – fizyczne: amplituda drgań źródła dźwięku, natężenie, częstotliwość, widmo
4. Cechy dźwięku – psychologiczne: głośność, wysokość, barwa

Lab 2.4

1. Definicje: potencjał spoczynkowy i pompa sodowo-potasowa, potencjał czynnościowy; jak można je zmierzyć?
2. Potencjał czynnościowy komórki roboczej serca: fazy, rodzaje prądów jonowych
3. Potencjał czynnościowy komórki węzła zatokowego (zjawisko powolnej spoczynkowej depolaryzacji) : fazy, rodzaje prądów jonowych
4. Budowa i rola układu bodźco-przewodzącego serca.

Lab.2.6

1. Równania: ciągłości strumienia cieczy, Bernoulliego, Hagen-Poiseulle'a, liczba Reynoldsa.
2. Przepływ laminarny i burzliwy cieczy. Warunki niezbędne do ich powstania.
3. Zjawiska fizyczne wykorzystywane przy pomiarze RR metodą osłuchową.
4. Wpływ pozycji ciała na wartość ciśnienia tętniczego.

ZAGADNIENIA DO ĆWICZEŃ Z PROMIENIOTWÓRCZOŚCI

Ćwiczenie 3.1 Radioaktywność. Pomiar aktywności z użyciem wzorca. Podstawy dozymetrii.

1. Atom i jego składniki.
2. Przemiany jądrowe.
3. Prawo rozpadu promieniotwórczego, postać analityczna i graficzna (krzywa rozpadu). Stała rozpadu i czas połowicznego rozpadu.
4. Aktywność – definicja i jednostki.
5. Rodzaje promieniowania jonizującego.
6. Źródła narażenia na promieniowanie jonizujące.
7. Podstawy dozymetrii: ekspozycja (dawka ekspozycyjna), dawka zaabsorbowana, dawka skuteczna (efektywna). Moc dawki.
8. Liczniki gazowe.
9. Licznik scyntylicyjny i jego składniki. Rodzaje scyntylatorów.
10. Liczniki półprzewodnikowe.
11. Pomiary energii promieniowania – spektrometria gamma.

Ćwiczenie 3.2 Oddziaływanie fotonów z materią. Metody doświadczalnego wyznaczanie współczynników osłabienia promieniowania gamma.

1. Źródła elektromagnetycznego promieniowania jonizującego.
2. Fizyczne skutki oddziaływania promieni gamma z materią: zjawisko fotoelektryczne, efekt Comptona i kreacja par.
3. Prawo osłabienia. Krzywa osłabienia i grubość połowiąca.
4. Liniowy i masowy współczynnik osłabienia.
5. Wykorzystanie izotopów promieniotwórczych w medycynie – diagnostyka i terapia.
6. Zastosowanie pomiarów promieniowania jonizującego w diagnostyce medycznej: gamma kamera typu Anger, tomografia komputerowa CT, Spect i PET.

Ćwiczenie 3.3 Oddziaływanie cząstek naładowanych z materią.

1. Rodzaje korpuskularnego promieniowania jonizującego.
2. Absorpcja promieniowania beta. Promieniowanie hamowania (Bremsstrahlung).
3. LET - liniowe przekazywanie energii. Oddziaływanie cząstek jonizacyjnych z materią.
4. Materiały stosowane do zatrzymywania promieniowania alfa, beta oraz neutronów.
5. Liniowy i masowy współczynnik osłabienia.

LITERATURA:

- „Wybrane zagadnienia z biofizyki” pod red. prof. S. Miękusza
„Biofizyka” pod red. prof. F. Jaroszyka
„Elementy fizyki, biofizyki i agrofizyki” pod red. prof. S. Przystalskiego
„Podstawy biofizyki” pod red. prof. A. Piławskiego

ĆWICZENIE NR 3.1

RADIOAKTYWNOŚĆ. POMIAR AKTYWNOŚCI Z UŻYCIEM WZORCA. PODSTAWY DOZYMETRII.

1. Włącz zestaw pomiarowy, sprawdź napięcie pracy licznika (pod kontrolą asystenta).
2. Zmierz tło naturalne w czasie 5 minut, oblicz szybkość zliczeń pochodzących od tła.

$$N_t = \dots\dots\dots \text{imp}, \quad I_t = \frac{N_t}{t_t} = \dots\dots\dots \frac{\text{imp}}{\text{min}}$$

3. Dokonaj **trzykrotnego** pomiaru impulsów pochodzących od źródła wzorcowego w czasie $t_{wz} = 1$ minuta i oblicz szybkość zliczeń bez tła oraz błąd szybkości zliczeń (wyniki pomiarów i wyniki obliczeń wpisz do tabeli 1).

Tabela 1

	Ilość zliczeń N_{wz}	Wartość średnia ilości zliczeń $N_{wz} = \frac{N_I + N_{II} + N_{III}}{3}$	Szybkość zliczeń $I_{wz} = \frac{N_{wz}}{t_{wz}}$	Szybkość zliczeń bez tła $I_{wz} - I_t$	Błąd szybkości zliczeń wzorca $\sigma_{wz} = \sqrt{\frac{I_{wz}}{t_{wz}} + \frac{I_t}{t_t}}$
	[impulsy]		[imp min ⁻¹]		
I					
II					
III					

4. Zmierz ilość impulsów pochodzących od źródeł o nieokreślonej aktywności w czasie $t_p = 5$ minut i oblicz szybkość zliczeń bez tła oraz błąd szybkości zliczeń.
5. Wyniki pomiarów i wyniki obliczeń wpisz do tabeli 2.

Tabela 2

Nr próbki	Ilość zliczeń N_p	Szybkość zliczeń $I_p = \frac{N_p}{t_p}$	Szybkość zliczeń bez tła $I_p - I_t$	Błąd szybkości zliczeń $\sigma_p = \sqrt{\frac{I_p}{t_p} + \frac{I_t}{t_t}}$
	[impulsy]	[imp min ⁻¹]		

6. Oblicz aktywność każdej próbki, błąd, z jakim została wyznaczona i błąd procentowy. Wyniki umieść w tabeli 3.

$$A_p = \frac{I_p - I_t}{I_{wz} - I_t} \cdot A_{wz}$$

Aktywność wzorca wynosi $A_{wz} = 4000 \text{ Bq}$ $\Delta A_{wz} = 120 \text{ Bq}$

Błąd oznaczenia aktywności próbki liczymy za pomocą wzoru:

$$\Delta A_p = \frac{A_{wz}}{I_{wz} - I_t} \cdot \sigma_p + \frac{I_p - I_t}{(I_{wz} - I_t)^2} \cdot A_{wz} \cdot \sigma_{wz} + \frac{I_p - I_t}{I_{wz} - I_t} \cdot \Delta A_{wz}$$

Tabela 3

Nr próbki	Szybkość zliczeń bez tła $I_p - I_t$	Aktywność próbki $A_p = \frac{I_p - I_t}{I_{wz} - I_t} \cdot A_{wz}$	Błąd aktywności ΔA_p	Błąd procentowy $\Delta A_{p\%} = \frac{\Delta A_p}{A_p} \cdot 100\%$
	[imp min ⁻¹]	[Bq]		[%]

7. Oblicz liczbę atomów N cezu Cs-137 w próbce wzorcowej.

$$A = \lambda \cdot N \rightarrow N = \frac{A}{\lambda}$$

8. Oblicz masę cezu Cs-137 w próbce.

Masę cezu Cs-137 w próbce wyznaczamy korzystając z zależności:

$$m = n \cdot N_A$$

gdzie: n – liczba moli

$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ [mol}^{-1}\text{]}$ – liczba Avogadro – jest liczbą atomów w molu.

Półokres rozpadu Cs¹³⁷ wynosi 30,07 lat, a stała rozpadu $\lambda = 7,17 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$.

Jeżeli w próbce jest N atomów cezu, ich masa wynosi:

$$m_{Cs} = \frac{137 \cdot N}{N_A} \text{ [g]}$$

9. Wyniki obliczeń wpisz do tabeli 4.

Tabela 4

Nr próbki	Aktywność próbki	Liczba atomów (N) Cs ¹³⁷ w próbce	Masa atomów Cs ¹³⁷ w badanej próbce
	[Bq]		[g]
wzorzec			

10. Oblicz wydajność pomiaru aktywności.

$$\eta_{\%} = \frac{I}{A} \cdot 100 [\%] = \dots\dots\dots [\%]$$

Próbka	Szybkość zliczeń	Aktywność	Wydajność pomiaru $\eta_{\%}$
	[imp/s]	[Bq]	[%]
Wzorzec			
		Średnia wydajność	

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkt dodatkowy

ĆWICZENIE NR 3.2

ODDZIAŁYWANIE FOTONÓW Z MATERIAŁ. METODY DOŚWIADCZALNEGO WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKÓW OSŁABIENIA PROMIENIOWANIA GAMMA.

1. Włącz zestaw pomiarowy, sprawdź napięcie pracy licznika (pod kontrolą asystenta).
2. Zmierz tło w czasie 5 minut. Oblicz szybkość zliczeń impulsów pochodzących od tła.

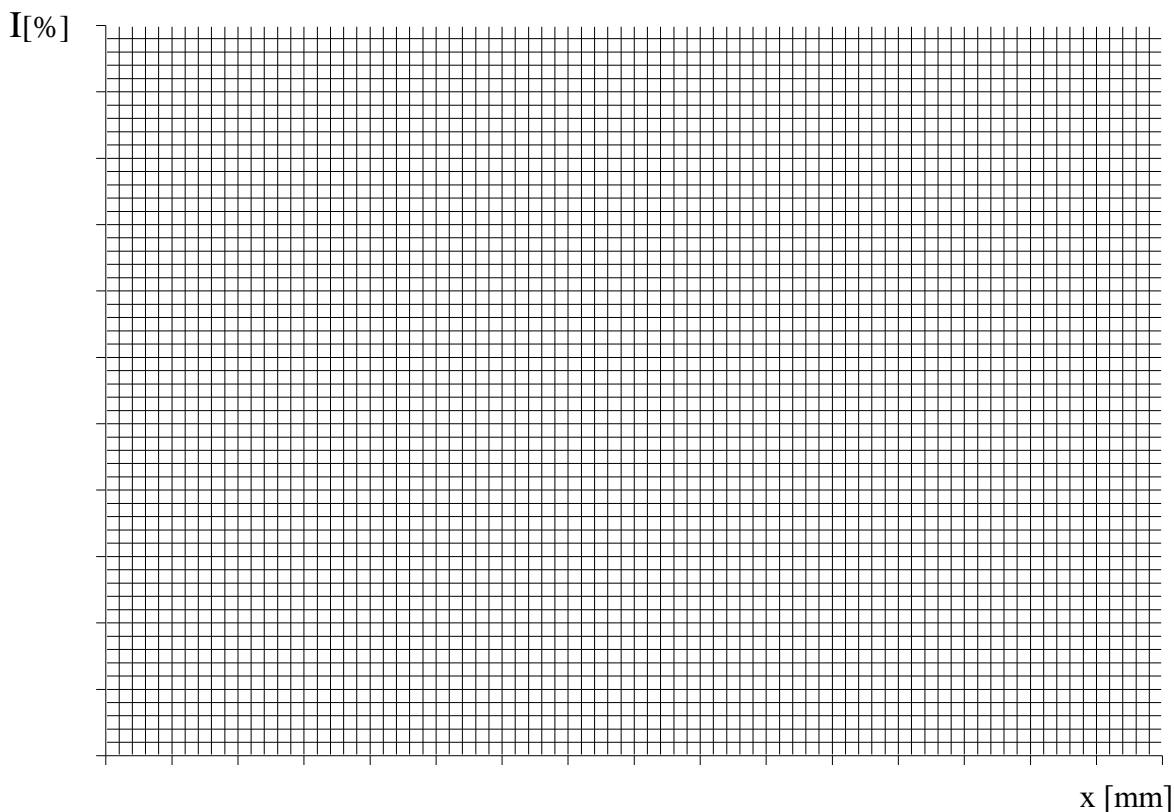
$$N_t = \dots\dots\dots[\text{impulsów}] \quad I_t = \frac{N_t}{5} = \dots\dots\dots\left[\frac{\text{impulsów}}{\text{min}}\right]$$

3. Umieść źródło promieniowania gamma w detektorze (zachowaj tę samą geometrię podczas wszystkich pomiarów).
4. Zmierz częstość zliczeń pochodzących od źródła nie przesłoniętego w czasie 1 minuty (wykonaj trzy pomiary i oblicz średnią arytmetyczną). Wyniki przedstaw w tabeli 1.
5. Wyznacz ilość impulsów pochodzących od źródła przesłoniętego, **zwiększając** liczbę krążków absorpcyjnych w kolejnych pomiarach. Każdy pomiar wykonaj trzykrotnie w czasie 1 minuty. Oblicz wartości średnie częstości zliczeń i średnią częstość zliczeń bez tła. Oblicz procentowy spadek częstości zliczeń. Wyniki wpisz do tabeli 1.

Tabela 1

Grubość przesłony x [10^{-3}m]	Częstość zliczeń I			Średnia częstość zliczeń $I_{\text{sr}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$	Średnia częstość zliczeń bez tła $I = I_{\text{sr}} - I_t$	Procentowa zmiana częstości zliczeń $I\% = I/I_0 \cdot 100\%$
	Pomiar 1 I_1	Pomiar 2 I_2	Pomiar 3 I_3			
	[imp·min ⁻¹]					%
0						

6. Przedstaw graficznie krzywą osłabienia $I(\%) = f(x)$ i wyznacz z wykresu grubość połowiacą $d_{1/2}$.



$$d_{1/2} = \dots\dots\dots[m]$$

7. Na podstawie tego wykresu i wyznaczonej grubości połowiacą $d_{1/2}$ oblicz współczynniki osłabienia μ i μ_m cynku, (gęstość cynku $\rho = 7,19 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$)

$$\mu = \frac{\ln 2}{d_{1/2}} = \dots\dots\dots[m^{-1}]$$

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \dots\dots\dots\left[\frac{m^2}{kg}\right]$$

8. Wykonaj ten sam wykres używając programu EXCEL.

Znajdź zależność (równanie krzywej wykładniczej i współczynnik korelacji).

Tutaj wpisz wyniki obliczeń z programu Excel:

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

Na podstawie wykresu i równania krzywej wzorcowej wyznacz wartość współczynnika μ

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

9. Wyznacz ilość impulsów pochodzących od źródła przesłoniętego różnymi absorbentami. Każdy pomiar wykonaj trzykrotnie w czasie 1 minuty. Wyniki wpisz do tabeli 2. Oblicz wartości średnie częstości zliczeń i średnią częstość zliczeń bez tła.

Tabela 2

Rodzaj absorbenta	Grubość przesłony x [10 ⁻³ m]	Częstość zliczeń I			Średnia częstość zliczeń $I_{\text{sr}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$	Średnia częstość zliczeń bez tła $I = I_{\text{sr}} - I_t$
		Pomiar 1 I ₁	Pomiar 2 I ₂	Pomiar 3 I ₃		
		[imp·min ⁻¹]				
aluminium						
ołów						
cynk						
plexi						

10. Oblicz współczynniki osłabienia zmierzonych absorbentów (liniowe i masowe) oraz grubości połowujące. Wyniki obliczeń zamieść w tabeli 3.

Tabela 3

absorbent	gęstość [kg m ⁻³]	$I = I_{\text{sr}} - I_t$ [imp·min ⁻¹]	μ [m ⁻¹]	μ_m [m ² kg ⁻¹]	d _{1/2} [m]
aluminium	2,7 · 10 ³				
ołów	11,37 · 10 ³				
cynk	7.19 · 10 ³				
plexi	1,4 · 10 ³				

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkt dodatkowy

ĆWICZENIE NR 3.3

ODDZIAŁYWANIE CZĄSTEK NAŁADOWANYCH Z MATERIAŁ.

A. Wyznaczanie współczynników osłabienia i grubości połowiącej promieniowania beta dla różnych absorbentów.

1. Włącz zestaw pomiarowy w obecności asystenta.
2. Zmierz tło naturalne w czasie 10 minut, oblicz szybkość zliczeń pochodzących od tła.

$$N_t = \dots\dots\dots \text{imp},$$

$$I_t = \frac{N_t}{t_t} = \dots\dots\dots \frac{\text{imp}}{\text{min}}$$

3. Wykonaj pomiary (czas pomiaru 1 minuta) liczby zliczeń przy nie przesłoniętym źródle oraz źródle przesłoniętym przez różne absorbenty – wyniki wpisz do tabeli 1.

Tabela 1

Rodzaj absorbenta	Grubość przesłony [10 ⁻³ m]	Częstość zliczeń			Średnia częstość zliczeń $I_{\text{sr}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$	Średnia częstość zliczeń bez tła $I = I_{\text{sr}} - I_t$
		Pomiar 1 I ₁	Pomiar 2 I ₂	Pomiar 3 I ₃		
Brak przesłony	0					
Al						
Cu						
Celuloid						

4. Oblicz wartości współczynników absorpcji oraz grubość warstwy połowiącej dla odpowiednich absorbentów w/g wzorów:

współczynnik liniowy: $\mu = \frac{\ln \frac{I_0}{I}}{d} \left[\text{m}^{-1} \right]$

współczynnik masowy: $\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{kg}} \right]$

grubość warstwy połowiącej: $d_{1/2} = \ln 2 / \mu$

Wyniki obliczeń przedstaw w tabeli 2.

Tabela 2

Rodzaj absorbenta	Gęstość absorbenta	Liniowy współczynnik absorpcji	Masowy współczynnik absorpcji	Grubość warstwy połowiącej
	[kg/m ³]	[m ⁻¹]	[m ² kg ⁻¹]	[m]
Aluminium	2,7 10 ³			
Miedź	9,96 10 ³			
Celuloid	1,4 10 ³			

5. Na podstawie wzoru Price'a (3) w tabeli 3 oblicz energię promieniowania β emitowanego przez użyte źródło.

$$E = 1,33 \sqrt{\frac{22}{\mu_m}}$$

Tabela 3

$\mu_{m\acute{s}r} = \frac{1}{3}(\mu_{mAl} + \mu_{mCu} + \mu_{mcel})$	$\mu_{m\acute{s}r}$	E
[m ² kg ⁻¹]	[cm ² g ⁻¹]	[MeV]

B. Wyznaczanie grubości cienkich folii przy wykorzystaniu promieniowania β .

Promieniowanie β może być wykorzystywane do pomiaru przedmiotów o małych grubościach i kształcie wykluczającym użycie tradycyjnych przyrządów pomiarowych (suwmiarka, śruba mikrometryczna). Podczas takiego pomiaru bada się osłabienie promieniowania β przez obiekt o nieznannej grubości $x=?$, a następnie znając krotność osłabienia promieniowania I_0/I oraz współczynnik osłabienia μ obliczamy szukaną grubość x korzystając ze wzoru:

$$x = \frac{\ln \frac{I_0}{I}}{\mu}$$

1. Włącz zestaw pomiarowy w obecności asystenta.
2. Zmierz tło naturalne w czasie 10 minut, oblicz szybkość zliczeń pochodzących od tła.

$$N_t = \dots\dots\dots \text{imp},$$

$$I_t = \frac{N_t}{t_t} = \dots\dots\dots \frac{\text{imp}}{\text{min}}$$

3. Wykonaj pomiary i obliczenia zgodnie z Tabelą 4.

Tabela 4

Numer folii	Współczynnik osłabienia μ	Częstość zliczeń			Średnia częstość zliczeń $I_{\text{sr}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$	Średnia częstość zliczeń bez tła $I = I_{\text{sr}} - I_t$	Grubość folii $x = \frac{\ln \frac{I_0}{I}}{\mu}$
		Pomiar 1 I_1	Pomiar 2 I_2	Pomiar 3 I_3			
	[m ⁻¹]	[imp·min ⁻¹]					[m]
Brak przesłony	0						0
1							
2							
3							

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty 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