

# ZESZYT DO ĆWICZEŃ Z BIOFIZYKI

Imię i nazwisko: .....

Kierunek:.....

Grupa:.....

**Regulamin zajęć dydaktycznych z biofizyki znajduje się na stronie Zakładu Biofizyki  
[www.umb.edu.pl/wl/zaklad-biofizyki/dydaktyka/kierunki/poloznictwo/regulamin\\_zajec](http://www.umb.edu.pl/wl/zaklad-biofizyki/dydaktyka/kierunki/poloznictwo/regulamin_zajec)**

## SPIS TREŚCI

ZAGADNIENIA DO ĆWICZEŃ Z ELEKTROMEDYCYNY .....	3
Ćwiczenie nr 2.4. Elektrokardiografia.....	4
Ćwiczenie nr 2.6. Dynamika krążenia krwi – podstawy fizyczne.....	8
ZAGADNIENIA DO ĆWICZEŃ Z PROMIENIOTWÓRCZOŚCI .....	11
Ćwiczenie nr 3.1 Radioaktywność. Pomiar aktywności z użyciem wzorca. Podstawy dozymetrii.....	12
Ćwiczenie nr 3.2 Oddziaływanie fotonów z materią. Metody doświadczalnego wyznaczanie współczynników osłabienia promieniowania gamma.....	14

## ZAGADNIENIA DO ĆWICZEŃ Z ELEKTROMEDYCyny

### 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.

### 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. Piławskiego

## 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 badania elektrokardiograficznego, wykonanie elektrokardiogramu i zapoznanie się z podstawami matematycznej analizy otrzymanego zapisu zjawisk elektrycznych.

#### Zagadnienia z teorii do samodzielnego przygotowania:

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.

#### **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).....

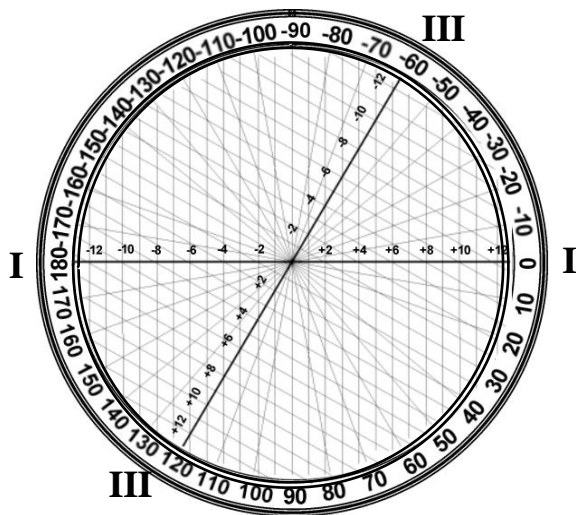
b) czas trwania (wyniki podać w formie tabeli)

- załamek P                      norma: 0,04 - 0,12 s w II odprowadzeniu
- odcinek PQ                    norma: 0,04 - 0,10 s
- odstęp 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 elektryczną serca (opis w skrypcie w części teoretycznej)

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



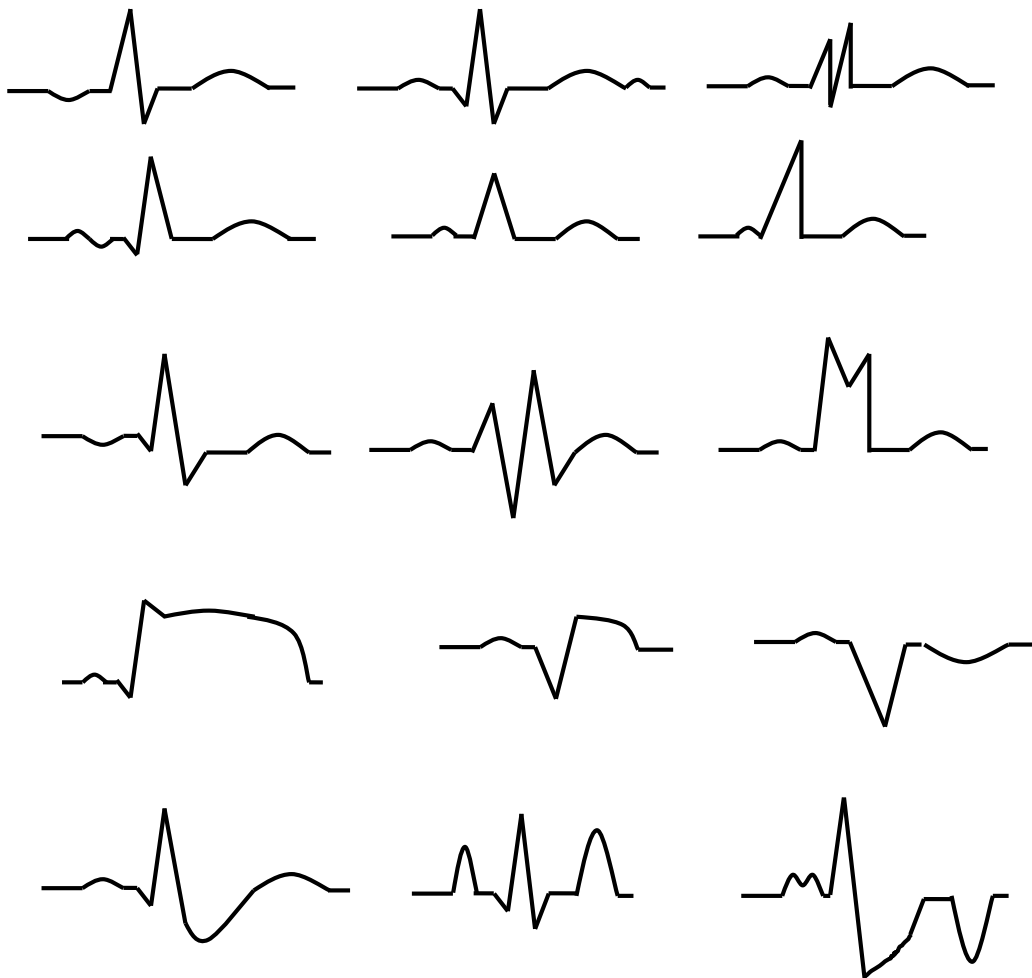
Kąt  $\alpha$  wynosi: .....

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. Hydrostatyka: definicja ciśnienia (jednostki), naczynia połączone, prawo Archimedesusa 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.

#### **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 wyrażania 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.

*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 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. **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** ( $P_{\text{STOPY}}$ ) 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
$\rho$		
g		
P <sub>SERCA</sub> [Pa]		
h <sub>SERCA</sub> [m]		
h <sub>MÓZGU</sub> [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 <sub>SERCA</sub>		
P <sub>MÓZGU</sub>		
P <sub>STOPY</sub>		

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

# PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ

## 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 PROMIENIOTWÓRCZOŚCI

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

1. Atom i jego składniki.
2. Przemiany jądrowe: rozpad  $\alpha$ , rozpad  $\beta^-$ , rozpad  $\beta^+$ , wychwyt K.
3. Promieniotwórczość naturalna, szeregi promieniotwórcze.
4. Prawo rozpadu promieniotwórczego, postać analityczna i graficzna (krzywa rozpadu). Stała rozpadu i czas połowicznego rozpadu.
5. Aktywność – definicja i jednostki.
6. Rodzaje promieniowania jonizującego.
7. Źródła narażenia na promieniowanie jonizujące.
8. Biologiczny efektywny okres połowicznego zaniku.
9. Podstawy dozymetrii: ekspozycja (dawka ekspozycyjna), dawka pochłonięta, dawka równoważna, dawka skuteczna (efektywna). Dawka graniczna. Moc dawki.

### 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. postać analityczna i graficzna (krzywa osłabienia) i grubość połówiąca.
4. Liniowy i masowy współczynnik osłabienia.
5. Wykorzystanie izotopów promieniotwórczych w medycynie – diagnostyka i terapia.

### 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

## 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 $I_{wz} - I_t$
	[impulsy]		[imp min <sup>-1</sup> ]	
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 $I_p - I_t$
	[impulsy]	[imp min <sup>-1</sup> ]	

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  $A_{wz} = 4000 \text{ Bq}$

**Tabela 3**

Nr próbki	Szybkość zliczeń bez tła $I_p - I_t$	Aktywność próbki $A_p = \frac{I_p - I_t}{I_{wz} - I_t} \cdot A_{wz}$
	[imp min <sup>-1</sup> ]	[Bq]

7. 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	Punkty dodatkowe

## 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 <sup>-3</sup> m]	Szybkość zliczeń I <sub>p</sub>	Średnia szybkość zliczeń bez tła I = I <sub>p</sub> - I <sub>t</sub>	Procentowa zmiana częstości zliczeń
	[imp·min <sup>-1</sup> ]		I% = I/I <sub>0</sub> 100%
0			%

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



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

7. Na podstawie tego wykresu i wyznaczonej grubości połowiącej  $d_{1/2}$  oblicz współczynniki osłabienia  $\mu$  i  $\mu_m$  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  $\mu$

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

Tu wklej wykres otrzymany w programie Excel

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 $x$ [ $10^{-3}\text{m}$ ]	Szybkość zliczeń $I_p$	Średnia szybkość zliczeń bez tła $I = I_p - I_t$
		[imp·min <sup>-1</sup> ]	
aluminium			
ołów			



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

**Tabela 3**

absorbent	gęstość [kg m <sup>-3</sup> ]	$I = I_{sr} - I_t$ [imp·min <sup>-1</sup> ]	$\mu$ [m <sup>-1</sup> ]	$\mu_m$ [m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> ]	$d_{1/2}$ [m]
aluminium	$2,7 \cdot 10^3$				
ołów	$11,37 \cdot 10^3$				

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty dodatkowe

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