

ZESZYT DO ĆWICZEŃ Z BIOFIZYKI 2025/2026

ELEKTROMEDYCYNĄ

Imię i nazwisko:

Kierunek: LEKARSKO-DENTYSTYCZNY

Grupa:.....

Imię i nazwisko prowadzącego ćwiczenia:.....

Regulamin zajęć dydaktycznych z biofizyki znajduje się na stronie Zakładu Biofizyki Medycznej
https://www.umb.edu.pl/wl/zaklad-biofizyki/dydaktyka/kierunki/elektrodiagnostyka/regulamin_zajec

SPIS TREŚCI

Zagadnienia do ćwiczeń z elektromedycyny.....	3
Ćwiczenie nr 2.1. Oscyloskop.....	4
Ćwiczenie nr 2.2. Biofizyka głosu ludzkiego.	9
Ćwiczenie nr 2.4. Elektrokardiografia.....	13
Ćwiczenie nr 2.6. Dynamika krążenia krwi – podstawy fizyczne.....	16

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.*

LITERATURA:

„Materiały do ćwiczeń z Biofizyki” Skrypt do ćwiczeń pod redakcją prof. dr hab. Anny Kostrzewskiej
„Wybrane zagadnienia z biofizyki” pod red. prof. S. Miękisz
„Biofizyka” pod red. prof. F. Jaroszyka
„Elementy fizyki, biofizyki i agrofizyki” pod red. prof. S. Przestalskiego
„Podstawy biofizyki” pod red. prof. A. Pilawskiego

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

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)
4. Termoemisja w oscyloskopie
5. Zależność okresu od częstotliwości,
6. Przekształcanie jednostek

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:

1. Zapoznanie się z oscyloskopem analogowym i cyfrowym oraz ich praktycznymi zastosowaniami.
2. Obliczanie okresu, częstotliwości i napięcia maksymalnego sygnału przedstawionego na oscyloskopie

Część doświadczalna:

Niezbędne przyrządy i materiały: oscyloskop, generator badanych napięć.

1. Zapoznanie się z obsługą oscyloskopu

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

Aby na ekranie uzyskać obraz pojedynczej „kreski” na środku ekranu lampy oscyloskopowej 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 voltach 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 oscyloskopu w kierunku osi X o jedną działkę i wyrażamy w sekundach na działkę (z ang. **s/div**).

b. Napisz wzór (ustalony na potrzeby oscyloskopu - ze skryptu) na obliczenie okresu (T) przebiegu prądowego obserwowanego na ekranie oscyloskopu:

Na panelu sterowania oscyloskopu wskaż pokrętkę zmiany podstawy czasu.

Odczytaj ustawienie pokrętki podstawy czasu, podaj odczytaną wartość:

jednostka

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

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

Na panelu sterowania oscyloskopu wskaż pokrętkę wzmocnienia badanego sygnału (czułości napięciowej).

Za pomocą pokrętki dostosuj wartość wzmocnionego sygnału tak, aby cały obraz przebiegu prądowego zmieścił się na ekranie oscyloskopu.

Odczytaj ustawienie pokrętki wzmocnienia, podaj odczytaną wartość:

jednostka

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

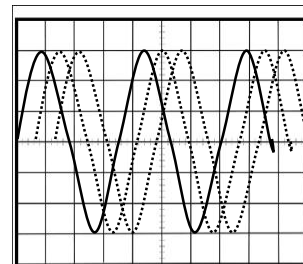
d. Na panelu sterowania oscyloskopu **wskaż** pokrętkę regulacji położenia w kierunku poziomym (na oscyloskopie: „HORIZONTAL position” lub symbol $\leftrightarrow$ lub $\rightleftharpoons$).

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

Wskaż pokrętkę potencjometru przesuwania poziomu zera - pozycjonowania w pionie (na oscyloskopie: „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

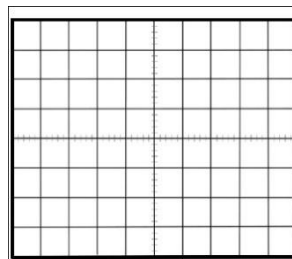
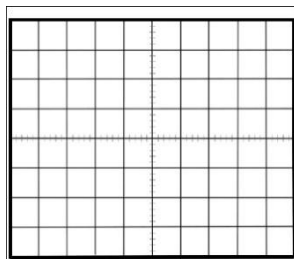
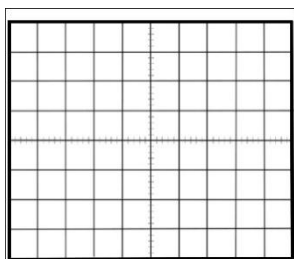
e. Jeżeli obraz uzyskiwany na ekranie jest niestabilny, to znaczy, że okres sygnału podstawy czasu jest różny od całkowitej wielokrotności sygnału wejściowego. Wówczas każdy początek pojedynczego okresu podstawy czasu przypadać będzie na inny punkt początkowy przebiegu badanego. Skutkuje to „płynięciem” 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.



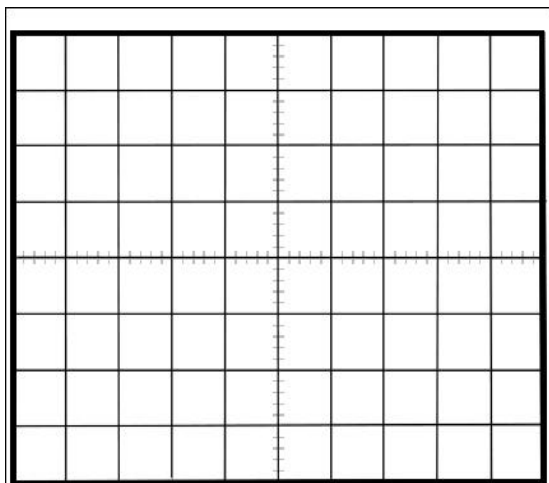
2. Zapoznanie się z obsługą generatora funkcyjnego. Ustawienie sygnału wyjściowego.

- 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 wzmacnienia **na oscyloskopie** oraz regulację częstotliwości i amplitudy **na generatorze funkcyjnym**. **Narysuj obserwowany przebieg. Zaznacz na rysunku L i d**



Wpisz w kratkę poniżej wartość częstotliwości odczytaną z generatora funkcyjnego

--

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

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

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

Wykonaj prawidłowe obliczenia (oraz działania na jednostkach)

Uzupełnij tabelę o wyniki Twoich obliczeń:

W nawiasy wpisz odpowiednie jednostki:

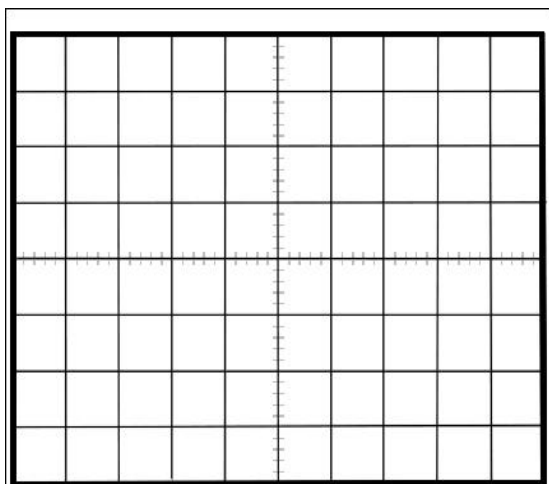
Napięcie	T []	f []	$U_{\max}$ []
sinusoidalne			

Porównaj obliczoną wartość częstotliwości z częstotliwością odczytaną z generatora funkcyjnego

Zapisz wniosek:

.....

4. Zmień ilość obserwowanych na ekranie przebiegów (5-6 pełnych okresów) oraz ich amplitudę (4-6 kratek). W tym celu wykorzystaj regulację pokręteł podstawy czasu i wzmocnienia na oscyloskopie. Nie zmieniaj ustawień na generatorze funkcyjnym. . Narysuj obserwowany przebieg. Zaznacz na rysunku L i d



Wpisz w kratkę poniżej wartość częstotliwości odczytaną z generatora funkcyjnego

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

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

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

Wykonaj prawidłowe obliczenia (oraz działania na jednostkach)

T

f

$U_{\max}$

Uzupełnij tabelę o wyniki Twoich obliczeń:

W nawiasy wpisz odpowiednie jednostki:

Napięcie	T []	f []	U _{max} []
sinusoidalne			

**Porównaj obliczoną wartość częstotliwości z częstotliwością odczytaną z generatora funkcyjnego
Zapisz wniosek:**

.....

**Porównaj obliczoną wartość częstotliwości z częstotliwością z punktu 3.
Zapisz wniosek:**

.....

ZAPAMIĘTAJ!

1. Oscyloskop pełni funkcję wyłącznie wizualizacyjną sygnału elektrycznego. Modyfikacja ustawień oscyloskopu nie wpływa na rzeczywiste wartości wielkości fizycznych sygnału, które są przez niego rejestrowane.
2. Aby uzyskać precyzyjne wyznaczenie parametrów sygnału na podstawie wskazań oscyloskopu, obraz sygnału na ekranie powinien być ustawiony w taki sposób, aby widoczny był pełny okres sygnału, a jego amplituda była maksymalnie powiększona w granicach wyświetlacza.

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty dodatkowe

ĆWICZENIE NR 2.2

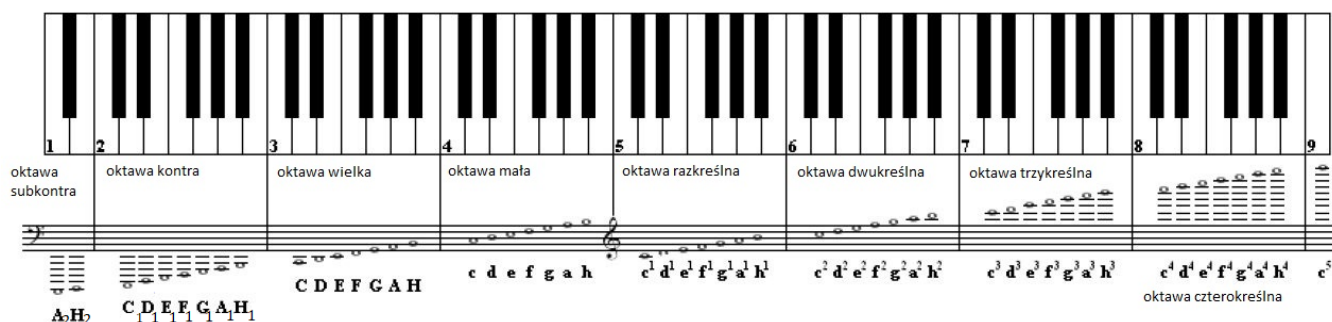
BIOFIZYKA GŁOSU LUDZKIEGO

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

Część doświadczalna

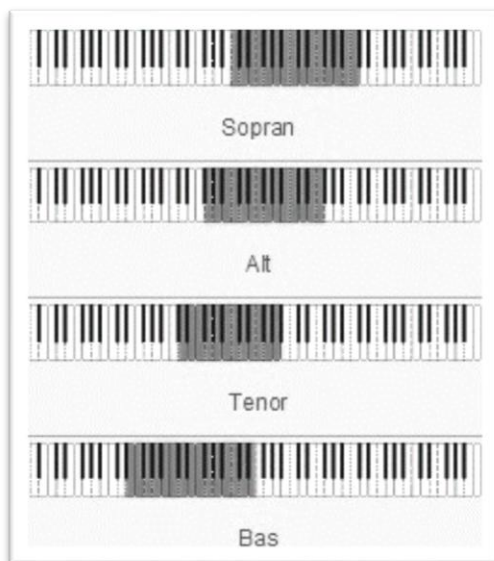
Niezbędne przyrządy: mikrofon, wzmacniacz sygnałów, oscyloskop, kamertony, młoteczek do wzbudzania kamertonów.

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 ($a^1=440$ 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 c^1 - c^3 , najwyższy głos kobiecy
- **Mezzosopran** 220-783,99 Hz; skala a - g^2 (liryczny), g - c^3 (dramatyczny); głos kobiecy lokujący się pomiędzy sopranem i altem, częściowo obejmujący oba, to głos o ciemnej barwie
- **Alt** 196-783,99 Hz; skala g - g^2 ; najniższy głos kobiecy, to głos o ciemnej barwie
- **Kontralt** (alt głęboki) 130,81-587,33 Hz; skala c do d^2 – rodzaj głosu żeńskiego o najniższej teksturze.

Głosy MĘSKIE:

- **Tenor** 130,8-523,25 Hz; skala c - c^2 ; najwyższy głos męskim osiągalny rejestrem piersiowym
- **Baryton** 196,0-392,0 Hz; skala g/a - g^1 ; głos męski mieszczący się w środkowym zakresie skali, posiada ciemną barwę
- **Bas** 82,41-293,67 Hz; skala E - d^1 ; 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.**

dolna granica słyszanych częstotliwości [Hz]	górna granica słyszanych częstotliwości [Hz]

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

Wrażenie głośności

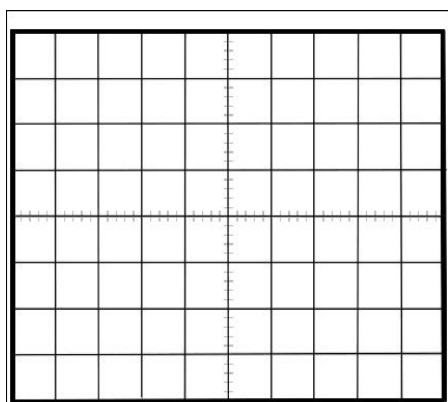
.....

.....

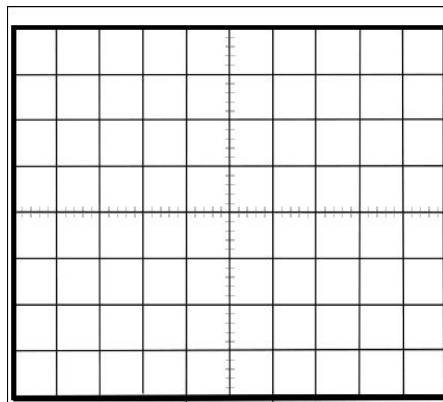
.....

Najgłośniej 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.....

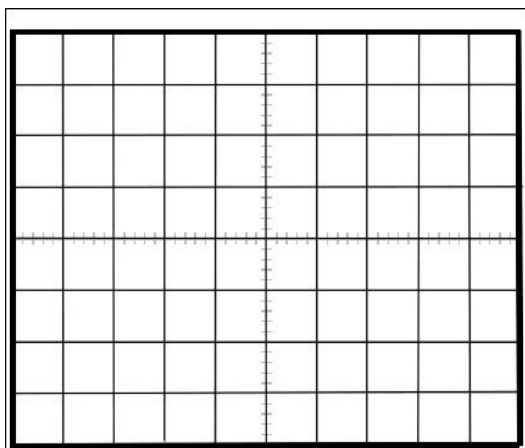
- b. Odczytaj wskazania z oscyloskopu i wpisz do tabeli poniżej (prawidłowe jednostki wpisz w nawiasy kwadratowe).
- c. Oblicz częstotliwość zarejestrowanych głosek. Na rysunkach zaznacz okres tonu podstawowego czyli dźwięk o najniższej częstotliwości.
- d. Zidentyfikuj klasę głosu zarejestrowanych głosek.

Napisz obliczenia (wraz z jednostkami):

Uzupełnij tabelę, w nawiasy wpisz odpowiednie jednostki:

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

3. Na ekranie oscyloskopu zaobserwuj strukturę widmową dźwięku kamertonu. **Narysuj poniżej zapis tego widma. Zaznacz na rysunku L i d . Wyznacz częstotliwość kamertonu.**



Napisz obliczenia (wraz z jednostkami):

Uzupełnij tabelę, w nawiasy wpisz odpowiednie jednostki:

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

ZAPAMIĘTAJ!

Głos można opisywać przez **cechy psychologiczne** (barwa, wysokość, głośność) i **fizyczne** (częstotliwość drgań strun głosowych, natężenie, widmo harmoniczne).

- **Wysokość** zależy od częstotliwości drgań strun głosowych.
- **Głośność** zależy od natężenia i częstotliwości, ponieważ percepcja zależy od czułości ucha.
- **Barwa** zależy od widma harmonicznego i rezonatorów wokalnych

Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty dodatkowe

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.

Część doświadczalna

Cel: Demonstracja metody pomiaru elektrycznej czynności serca.

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

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) **Odczytane wartości zaznacz na elektrokardiogramie**

A	
B	
C	
D	E

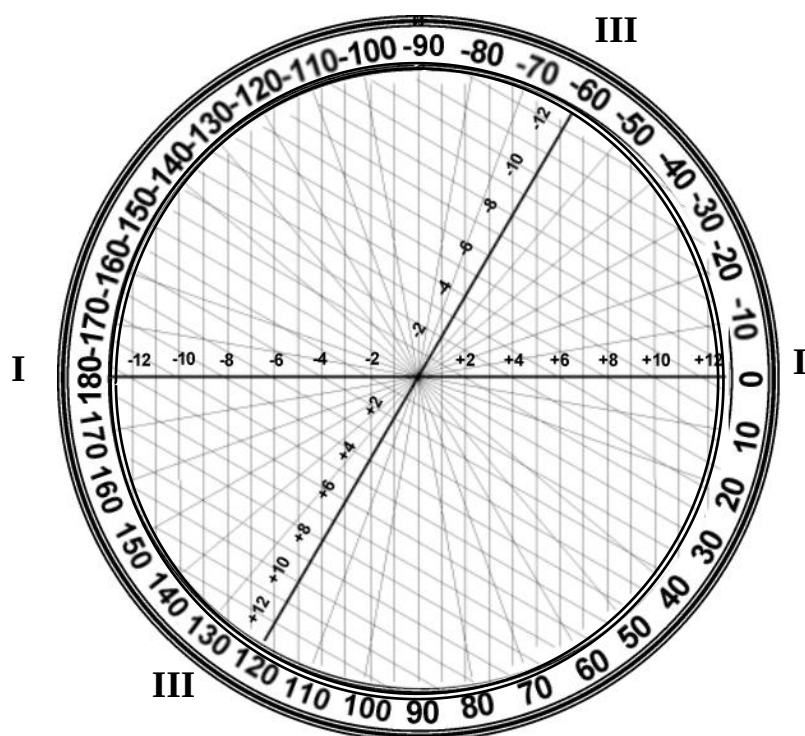
3. Na podstawie zapisu EKG obliczyć:

- 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
 - 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 elektryczną serca (opis w skrypcie w części teoretycznej) Odczytane wartości zaznacz na elektrokardiogramie

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

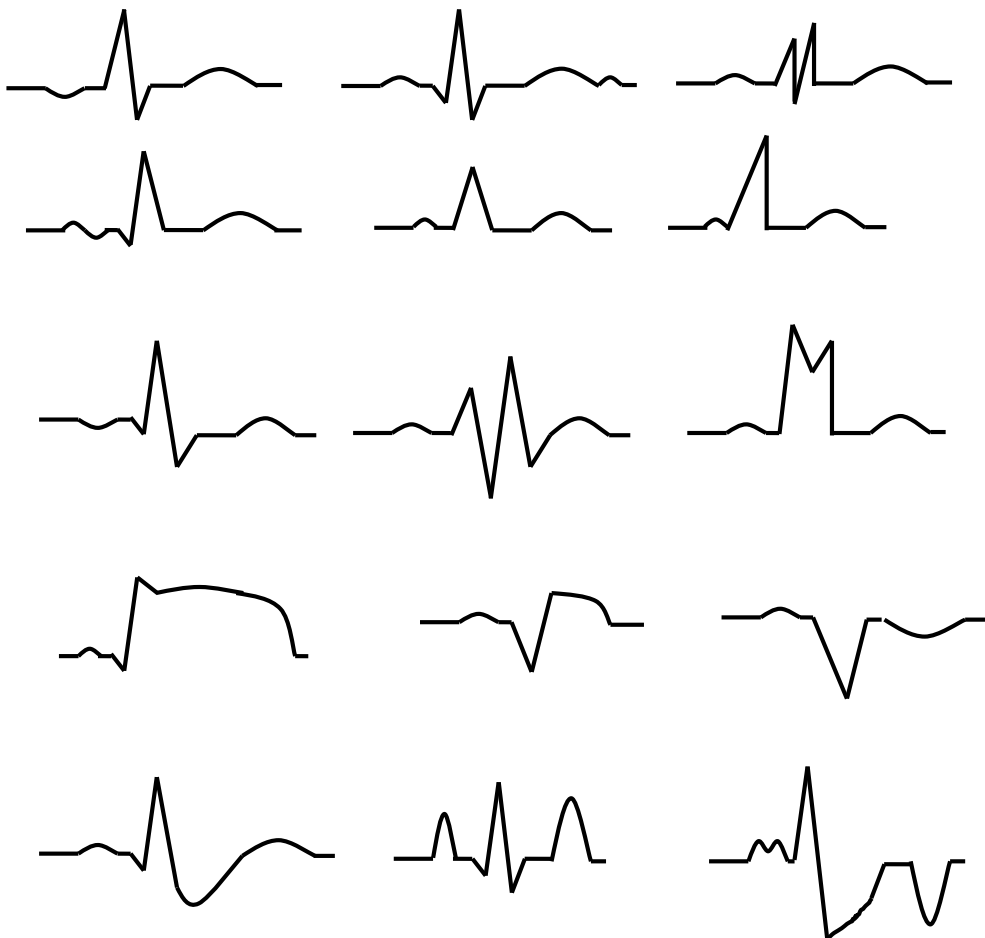


Kąt α wynosi:

Ocena osi elektrycznej serca:

.....

5. Nazwij załamki w przedstawionych zapisach EKG



Data	Imię i Nazwisko wykonującego ćwiczenie	Podpis prowadzącego ćwiczenia	Punkty dodatkowe

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.

Część doświadczalna

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

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

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$$
$$1 \text{ mmHg} = 133,32 \text{ Pa} = 1/760 \text{ atm}$$

CIŚNIENIE	RR w mmHg	RR w kPa
skurczowe		
rozkurczowe		

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, z których będziesz korzystać:

WIELKOŚĆ	WARTOŚĆ	JEDNOSTKI
ρ		
g		
P _{SERCA} [Pa]		
h _{SERCA} [m]		
h _{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):

P_{STOPY}

P_{MÓZGU}

Uzupełnij tabelę:

wyniki	RR w kPa	RR w mmHg
P _{MÓZGU}		
P _{SERCA}		
P _{STOPY}		

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

