

Wydział Fizyki, Uniwersytet w Białymstoku

Skrypt Laboratoryjny

Laboratorium LABFIZ

Białystok
2010-11-24

Spis treści

Spis treści.....	2
Ćwiczenie : Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego z wykorzystaniem fotobramki i spadającej „drabinki”. Analiza niepewności pomiarowych.....	4
Ćwiczenie: Wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego z wykorzystaniem wahadła matematycznego	7
Ćwiczenie: Badanie ruchu tłumionego wahadła sprężynowego	10
Ćwiczenie: Wyznaczanie prędkości dźwięku	14
Ćwiczenie: Badanie elementów elektronicznych. Pomiary prądu i napięć w układzie. Prawo Ohma. Łączenie szeregowe i równoległe oporników	16
Ćwiczenie: Badanie elementów elektronicznych. Ładowanie i rozładowanie kondensatorów (układ RC). Łączenie szeregowe i równoległe kondensatorów	19
Ćwiczenie: Charakterystyka zmian oporu włókna żarówki w momencie zapalania.	22
Ćwiczenie: Badanie szeregowego układu RLC.....	23
Ćwiczenie: Badanie prawa indukcji Faraday’a.....	24
Ćwiczenie: Pomiar natężenia światła w funkcji odległości.....	26
Ćwiczenie: Polaryzacja światła. Weryfikacja prawa Malusa.	30
Ćwiczenie: Badanie kalorymetryczne.....	32
Ćwiczenie: Sterowanie z wykorzystaniem konsoli cyfrowej we-wy	34
Ćwiczenie: Badanie drgań sprężyny, wyznaczanie stałej k.....	36
Ćwiczenie: Dyfrakcja światła na szczelinie	41
Ćwiczenie: Interferencja fal w czasie – dudnienia.....	45
Ćwiczenie: Pomiar parametrów ruchu ciał przy pomocy kamery TV - ruch piłeczki na równi pochytej	47
Ćwiczenie: Pomiar prędkości dźwięku z wykorzystaniem multimedialnego Komputera PC	50
Ćwiczenie: Pomiar przyspieszenia ziemskiego metodą rury Faraday’a	55
Ćwiczenie: Badanie własności promieniowania rentgenowskiego.....	58
Ćwiczenie: Badanie rozpraszania Rutherforda.....	63
Ćwiczenie: Badanie współczynnika tarcia statycznego i dynamicznego obiektu na równi pochytej. ...	69
Ćwiczenie: Badanie zależności siły wzajemnego oddziaływania od czasu trwania zderzenia.	72
Ćwiczenie: Badanie zależności siły wzajemnego oddziaływania od czasu trwania zderzenia.	77
Ćwiczenie: Badanie natężenia promieniowania γ i sprawdzenie zasady odwrotności kwadratów.....	80
Ćwiczenie: Wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego z analizy rzutu poziomego rejestrowanego kamerą.....	83
Ćwiczenie: Pomiary z wykorzystaniem czujnika światła	85
Ćwiczenie: Pomiar z wykorzystaniem obu czujników: położenia i siły.....	90

Ćwiczenie: Czujnik siły.....	94
Ćwiczenie: Pomiary napięcia z wykorzystaniem CoachLab II. Fizyka żarówki.....	102

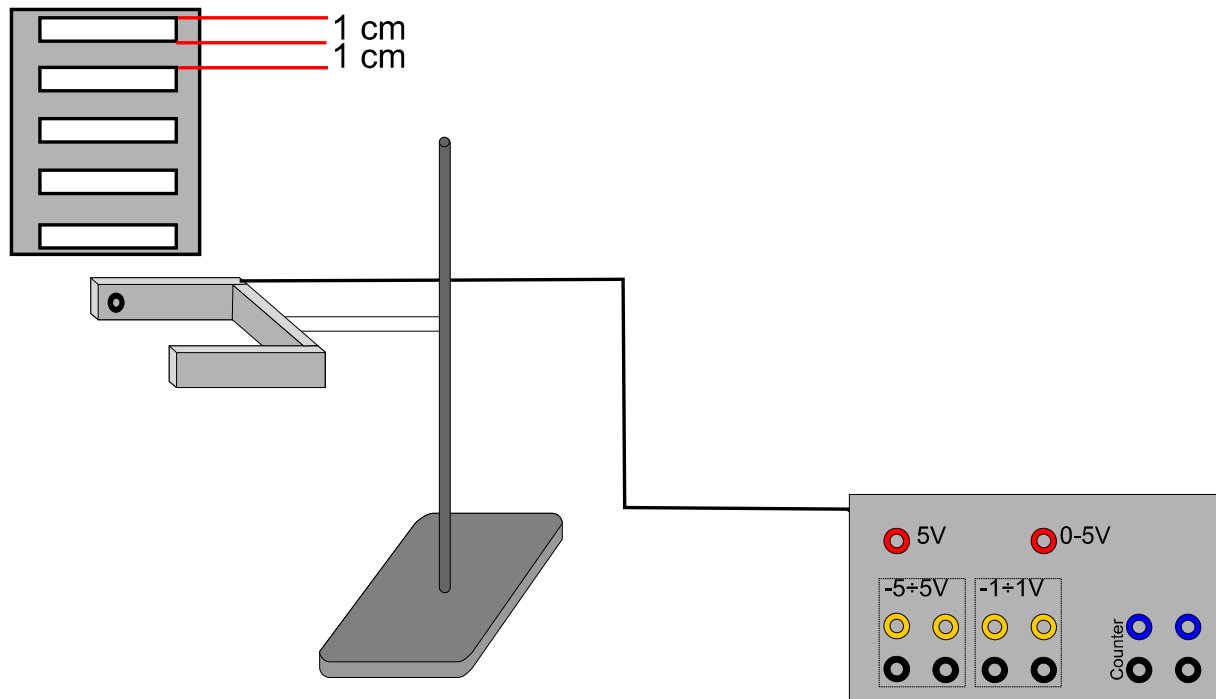
Ćwiczenie : Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego z wykorzystaniem fotobramki i spadającej „drabinki”. Analiza niepewności pomiarowych

Cel ćwiczenia

Poznanie zasady działania fotobramki i wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego.

Budowa układu

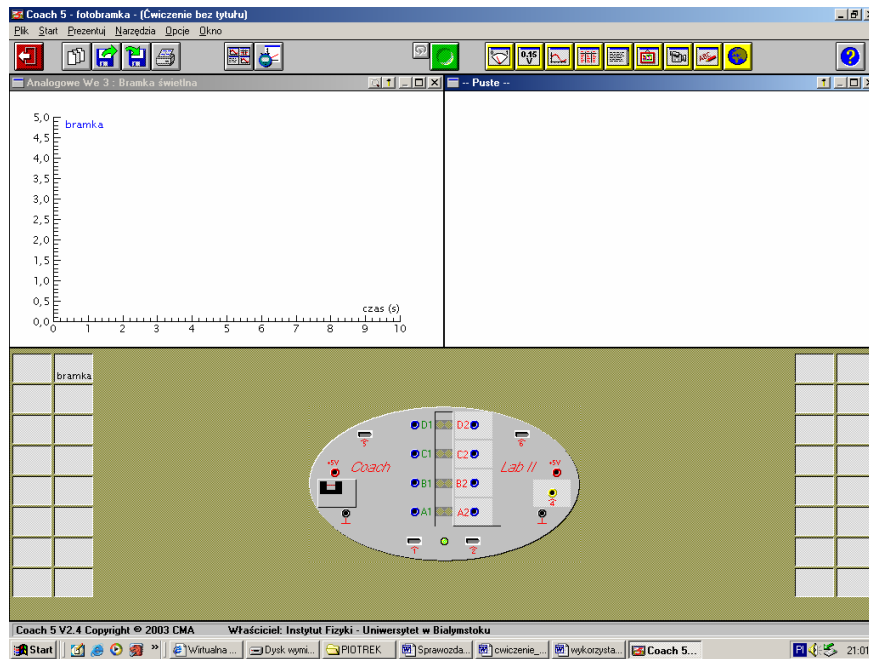
Komputer z kartą pomiarową „Coach”, konsola pomiarowa typu „Coach”, fotobramka, papierowa drabinka, plastelina, statyw z uchwytem.



Rys. Schemat układu służący do przedstawienia zasady działania fotobramki.

Przebieg ćwiczenia

1. Uruchom program „Coach 5”.
2. Otwórz „nowe ćwiczenie”.
3. W oknie Wybór konsoli zaznacz odpowiednią konsolę znajdującą się w układzie pomiarowym.
4. Następnie do wejścia pomiarowego nr 1 konsoli podłącz fotobramkę (zgodnie z oznaczeniami).
5. Analogiczną czynność powtórz w programie „Coach 5” wybierając odpowiedni czujnik z listy. Poniżej przedstawione zostało przykładowe „okno” programu pomiarowego.



Rys. Zrzut ekranu programu pomiarowego Coach 5.

6. Przed przystąpieniem do pomiarów zamocuj fotobramkę w uchwycie statywu. Następnie korzystając z opcji Ustawienie pomiaru ustal czas trwania doświadczenia oraz częstotliwość pomiarów.
7. Po wykonaniu pomiarów dokonaj analizy otrzymanych danych doświadczalnych i wypełnij arkusz ćwiczenia. Zastanów się, skąd biorą się różnice w otrzymywanych wynikach?

Arkusz ćwiczenia

Pomiar prędkości w spadku swobodnym

Lp	Wysokość [cm]	s - droga [m]	t- czas spadku [s]	v=s/t [m/s]
1	1	s = 0.105	t =	$v = \frac{s}{t} = \text{---} =$
2	25	s = 0.105	t =	$v = \frac{s}{t} = \text{---} =$
3	50	s = 0.105	t =	$v = \frac{s}{t} = \text{---} =$

Pomiar przyśpieszenia z wykorzystaniem drabinki

$$v_i = \frac{s_i - s_1}{t_i - t_1}, \quad a = \frac{v_i - v_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}, \quad \left[\frac{mm}{ms^2} = 1000 \frac{m}{s^2} \right]$$

Lp	s _i = odległość [mm]	t _i = czas [ms]	v = prędkość [mm/ms]	a = przyśpieszenie [m/s ²]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

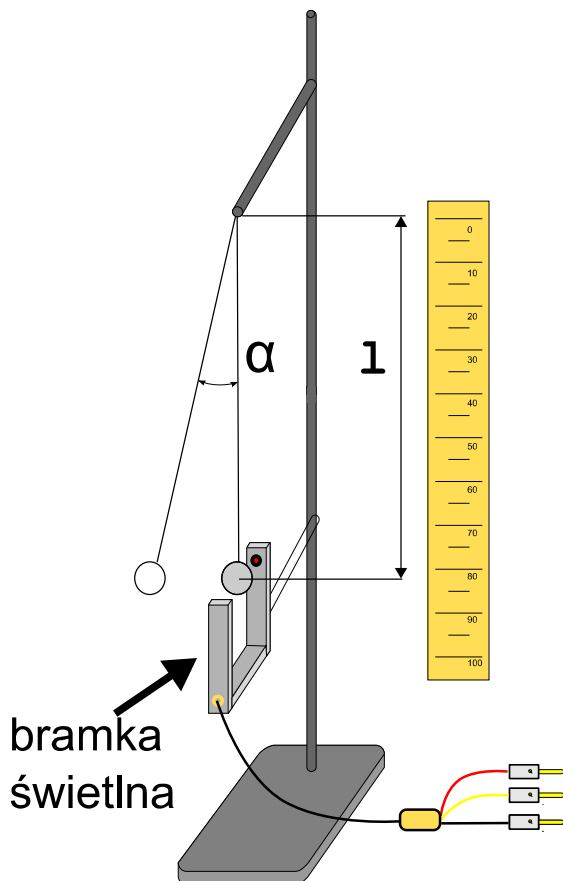
Ćwiczenie: Wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego z wykorzystaniem wahadła matematycznego

Cel ćwiczenia

Wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.

Budowa układu

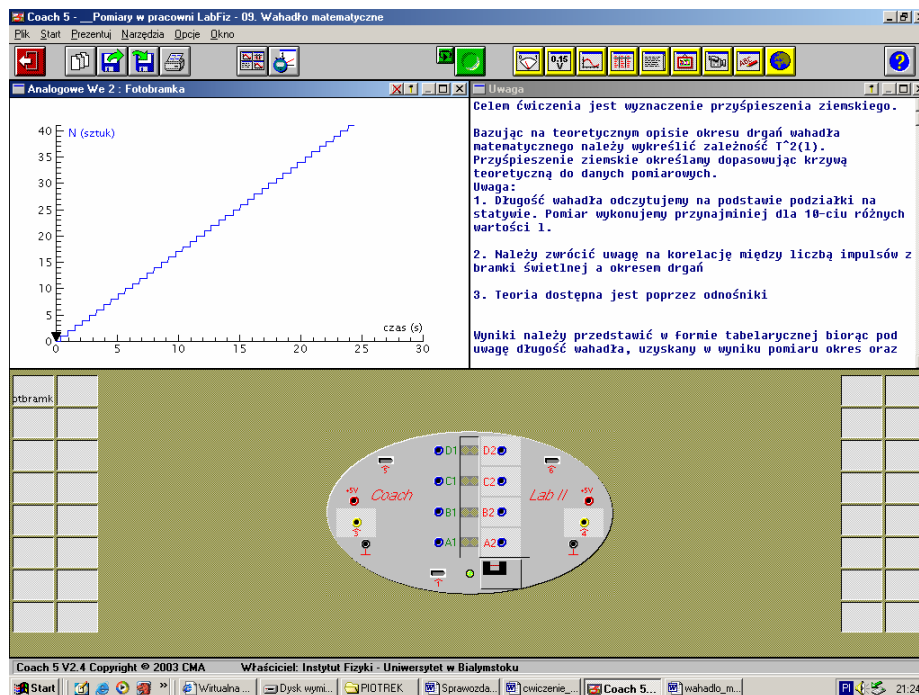
Komputer z kartą pomiarową „Coach”, konsola pomiarowa typu „Coach”, fotobramka, cienka linka, plastelina, statyw z uchwytem, linijka.



Rys. Schemat układu pomiarowego z bramką świetlną.

Przebieg ćwiczenia

8. Uruchom program „Coach 5”.
9. Otwórz „nowe ćwiczenie”.
10. W oknie Wybór konsoli zaznacz odpowiednią konsolę znajdującą się w układzie pomiarowym.
11. Następnie do wejścia pomiarowego konsoli podłącz fotobramkę (zgodnie z oznaczeniami).
12. Analogiczną czynność powtórz w programie „Coach 5” wybierając odpowiedni czujnik z listy. Poniżej przedstawione zostało przykładowe „okno” programu pomiarowego.

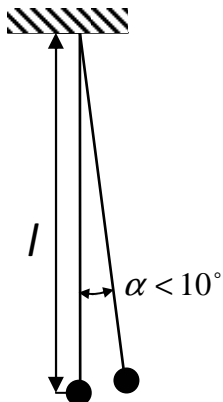


Rys. Zrzut ekranu programu pomiarowego Coach 5.

13. Przed przystąpieniem do pomiarów zamocuj wahadło na statywie. Następnie korzystając z opcji Ustawienie pomiaru ustal czas trwania doświadczenia oraz częstotliwość pomiarów.
14. Po wykonaniu pomiarów dokonaj analizy otrzymanych danych doświadczalnych i wypełnij arkusz ćwiczenia. Zastanów się, skąd biorą się różnice w otrzymywanych wynikach?

Arkusz ćwiczenia

Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego z wykorzystaniem wahadła matematycznego



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$$

T- okres drgań wahadła matematycznego

g – przyspieszenie ziemskie

l, l_i – długość(i) wahadła

m_1, m_2, m_3, m_4 – różne masy wahadła, nie ważymy, zmieniamy

i	m_i	l_i	N_T	T_k	T_p	$T_N = T_k - T_p$	$\bar{T} = \frac{T_N}{N_T}$	\bar{T}^2	$4\pi^2 \frac{l}{g}$
1	m_1								
2	m_2								
3	m_3								
4	m_4								
5	m								
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Ćwiczenie: Badanie ruchu tłumionego wahadła sprężynowego

Cel ćwiczenia

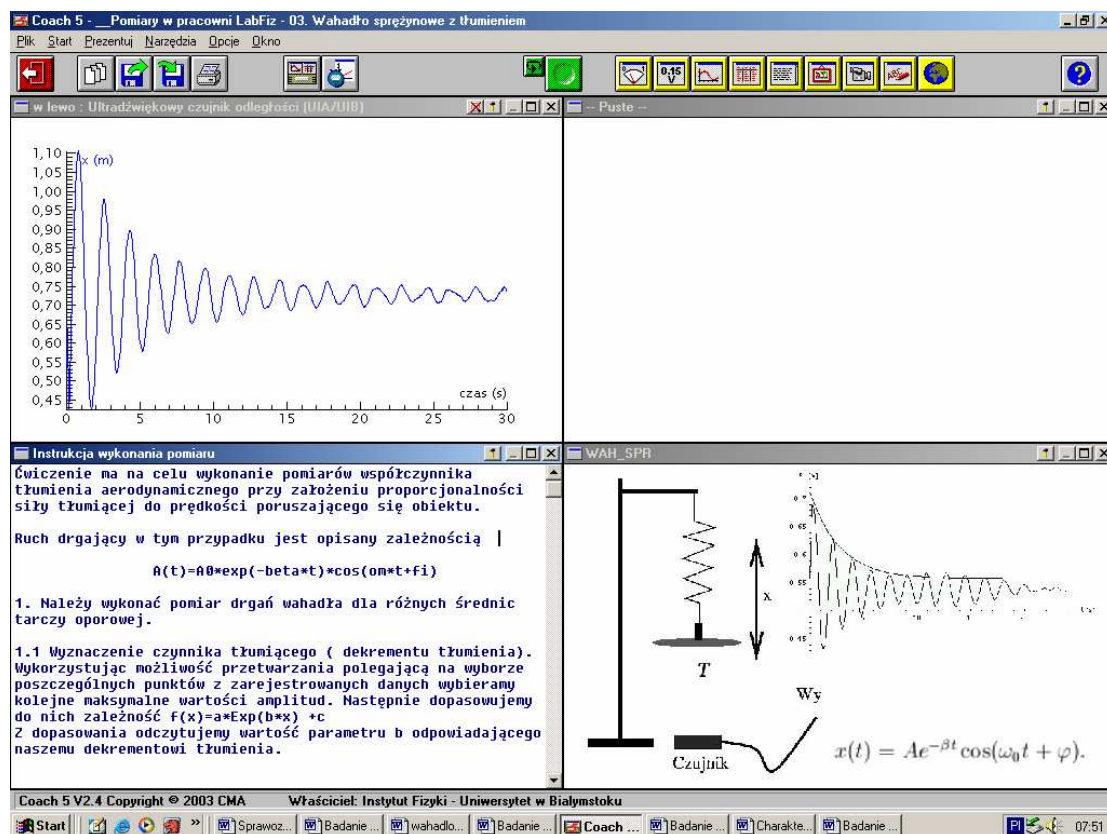
Celem ćwiczenia jest wykonanie pomiarów drgań wahadła sprężynowego i obserwacja tłumienia aerodynamicznego przy założeniu proporcjonalności siły tłumiącej do prędkości poruszającego się obiektu.

Budowa układu

Komputer z kartą pomiarową „Coach”, konsola pomiarowa typu „Coach”, sprężynka, ciężarek, tekturowe krążki o różnej średnicy, ultradźwiękowy czujnik ruchu.

Przebieg ćwiczenia

15. Uruchom program „Coach 5”.
16. Otwórz „nowe ćwiczenie”.
17. W oknie Wybór konsoli zaznacz odpowiednią konsolę znajdującą się w układzie pomiarowym.
18. W programie „Coach 5” wybierz odpowiedni czujnik z listy i ustaw go na wejściu pomiarowym. Poniżej przedstawione zostało przykładowe „okno” programu pomiarowego.



Rys. Zrzut ekranu programu pomiarowego Coach 5.

Zestaw układ doświadczalny zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku.

Wyznaczenie czynnika tłumiącego (dekrementu tłumienia).

Wykorzystując możliwość przetwarzania polegającą na wyborze poszczególnych punktów z zarejestrowanych danych wybieramy kolejne maksymalne wartości amplitud. Następnie dopasowujemy do nich zależność $f(x)=a*\text{Exp}(b*x) +c$

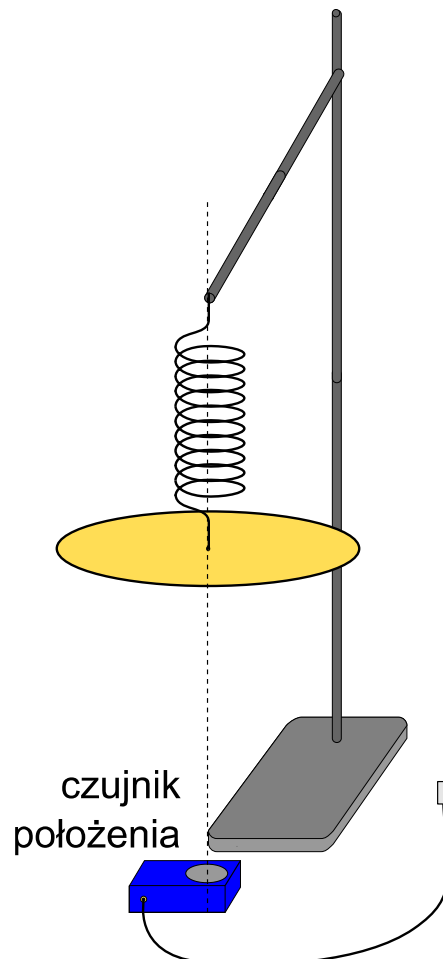
Z dopasowania odczytujemy wartość parametru b odpowiadającego naszemu dekrementowi tłumienia.

Wyniki dla poszczególnych tarcz wpisujemy w tabeli. Graficznie przedstawiamy w postaci wykresu $\beta(S)$, gdzie S pole powierzchni tarczy.

Zagadnienia

- ruch harmoniczny
- siła tłumiąca
- dekrement tłumienia

Układ pomiarowy



Rys. Schematyczny rysunek przedstawiający układ pomiarowy do badania tłumienia w ruchu wahadła sprężynowego.

Układ pomiarowy przedstawiony jest na powyższym rysunku. Składa się on z wahadła sprężynowego z umieszczonym na końcu elementem oporowym w postaci papierowej tarczy, spełniającej także rolę obiektu od którego odbija się sygnał emitowany przez bezstykowy czujnik położenia. Wyjście czujnika jest podłączone poprzez specjalny kabel bezpośrednio z kartą pomiarową UIB. Zasada działania czujnika polega na wysyłaniu fali dźwiękowej w kierunku obiektu i pomiarze czasu powrotu fali odbitej. Należy pamiętać by przedmiot którego ruch badamy był "widziany" przez wysyłałą wiązkę.

Przeprowadzenie pomiarów

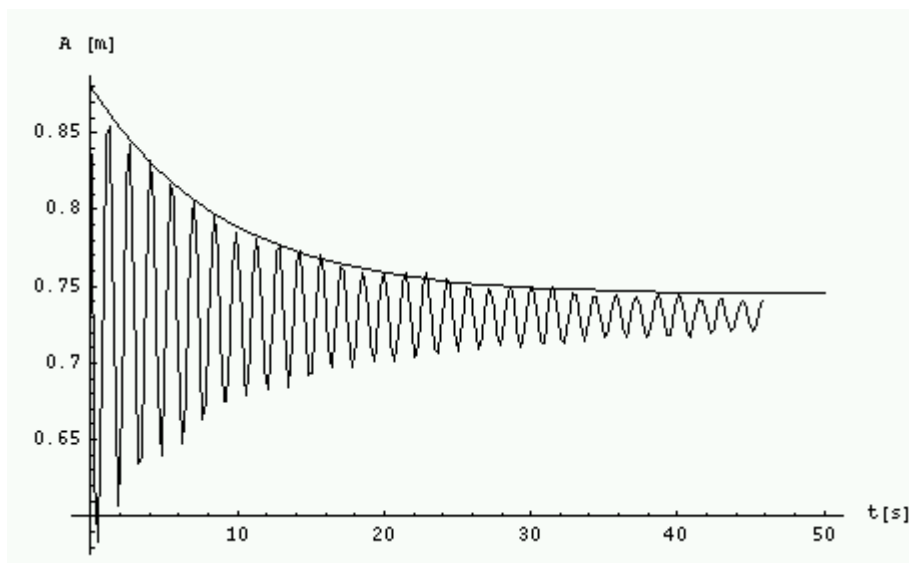
Pomiar wykonujemy przy pomocy programu IPC4. Po podłączeniu czujnika do karty pomiarowej ustawiamy w podprogramie Kinegraf czas trwania pomiaru oraz określamy zakres wyświetlania zmienności położenia i prędkości. Czujnik położenia użyty w tym doświadczeniu ma określoną minimalną odległość w której możemy umieścić przedmiot którego ruch będziemy śledzić czym trzeba pamiętać ustawiając układ pomiarowy. Po wprowadzeniu wahadła w drgania uruchamiamy pomiar klawiszem spacji. Zakres czasu trwania pomiaru powinien być dobrany tak by widoczne było wygaśnięcie drgań.

Opracowanie wyników

Ruch wahadła tłumionego w naszym przypadku opisuje zależność:

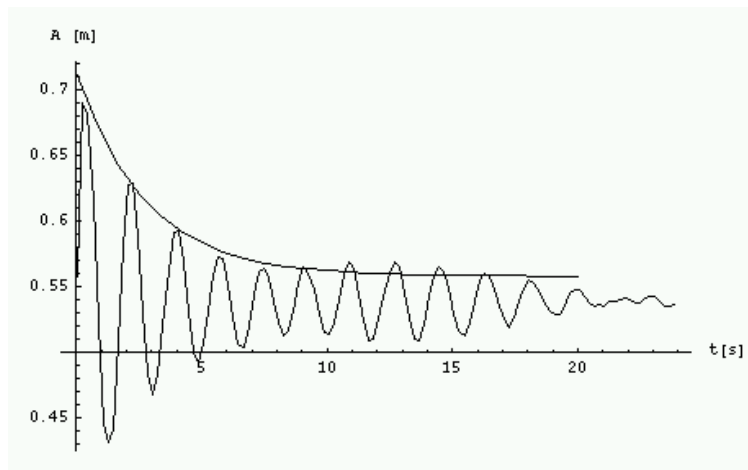
$$x(t) = Ae^{-\beta t} \cos(\omega_0 t + \varphi).$$

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie parametru β . Po wykonaniu pomiaru zależności $x(t)$ w podprogramie Kinegraf przechodzimy do podprogramu Przetwarzanie gdzie dopasowujemy obwiednię do naszego pomiaru (opcja wybór punktów bardzo ułatwia życie). Procedurę tą powtarzamy dla kilku pomiarów $x(t)$ i wyznaczamy wartość średnią β



Rys. Wynik pomiaru ruchu tłumionego wahadła sprężynowego z tarczą o powierzchni $S= 350 \text{ cm}^2$.

Wyznaczona wartość $\beta = 0.111$



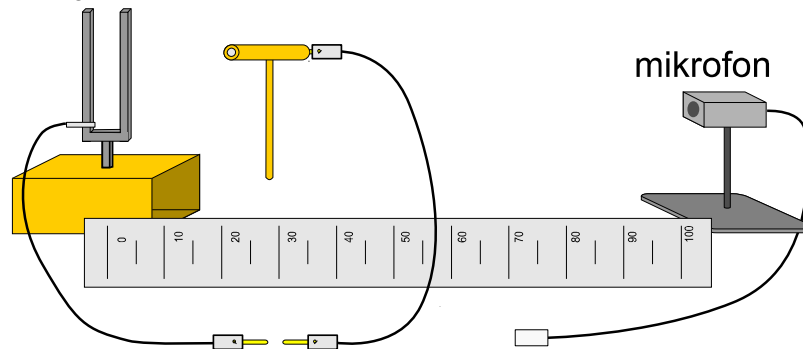
Rys. Wynik pomiaru ruchu tłumionego wahadła sprężynowego z tarczą o powierzchni $S=1200 \text{ cm}^2$. Wyznaczona wartość $\beta = 0.364$

Ćwiczenie: Wyznaczanie prędkości dźwięku

Zagadnienia

- rozchodzenie się fal akustycznych w powietrzu
- fala poprzeczna i podłużna
- ośrodek rozchodzenia się fal

Układ pomiarowy

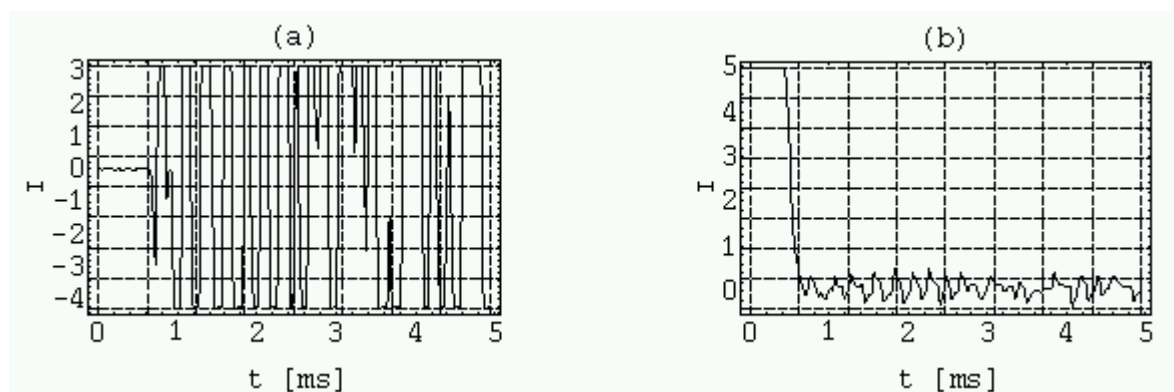


Rys. Schematyczny rysunek układu pomiarowego: M - młoteczek, x - dystans między kamertonem a mikrofonem

Układ pomiarowy przedstawiony jest na powyższym rysunku. Składa się on z mikrofonu podłączonego do konsoli karty pomiarowej UIB (Wy1), kamertonu oraz młoteczka M. Kamerton i młoteczek tworzą obwód wyzwalający pomiar i jego wyjście podłączone jest także do konsoli (Wy2). Do pomiaru odległości kamerton -- mikrofon służy linijka.

Przeprowadzenie pomiarów

Pomiar wykonujemy przy pomocy programu IPC4. Po podłączeniu wyjścia Wy1 i Wy2 do konsoli pomiarowej ustawiamy w podprogramie Multiskop parametry naszego pomiaru tj. czas pomiaru, kanał wyzwalający pomiar i poziom wyzwolenia. Pomiar wykonujemy kilkakrotnie dla różnych odległości kamerton -- mikrofon (przynajmniej dla 10 - ciu konfiguracji). Czas przelotu czoła fali określamy przy pomocy opcji "odczyt wartości".



Rys. Przykładowy wynik pomiaru prędkości dźwięku. Na rysunku a mamy sygnał z mikrofonu, na b sygnał wyzwalający

Opracowanie wyników

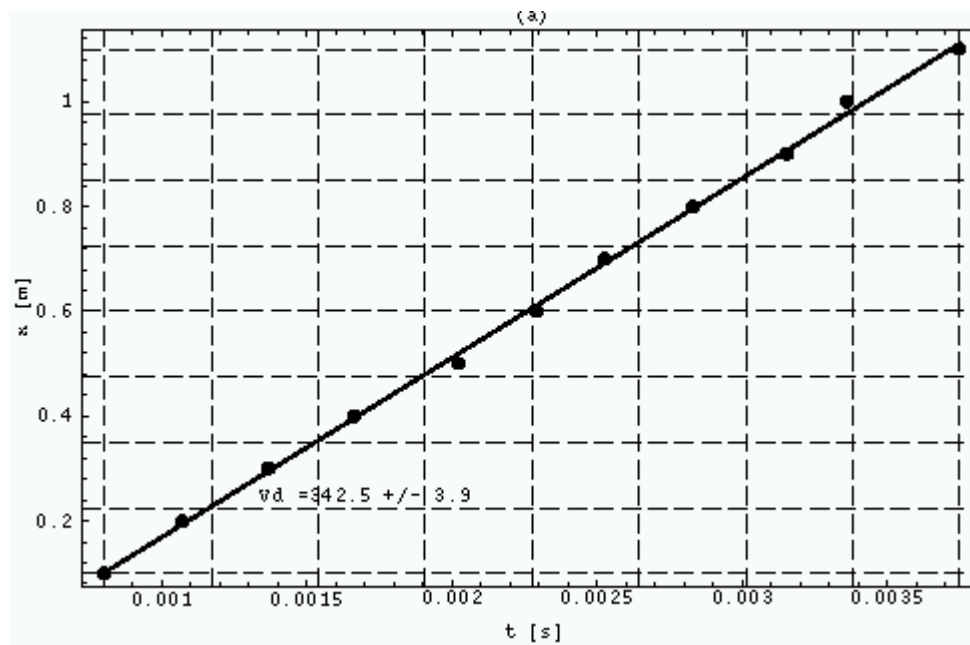
Rozchodzenie się czoła fali akustycznej jest opisane w następujący sposób:

$$x(t) = v_d t$$

gdzie

- o x - położenie czoła fali
- o v_d - prędkość dźwięku,
- o t - czas.

Korzystając z powyższego wzoru wyznaczamy prędkość dźwięku znajdując współczynnik kierunkowy nachylenia zależności $x(t)$. Opracowanie wyników możemy przeprowadzić przy pomocy programu IPC4 (w innym przypadku należy podać nazwę użytego programu).



Rys. Przykładowy wynik pomiaru prędkości ($v_d = 342.5 \pm 3.9$ [m/s])

Ćwiczenie: Badanie elementów elektronicznych. Pomiary prądu i napięcie w układzie. Prawo Ohma. Łączenie szeregowe i równoległe oporników

Cel ćwiczenia

Badanie prawa Ohma oraz własności łączenia szeregowego i równoległego oporów.

Budowa układu

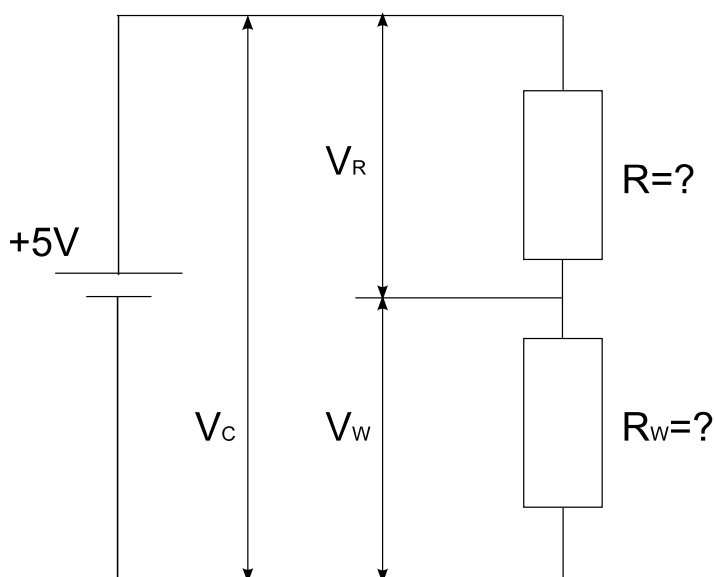
Komputer z kartą pomiarową „Coach”, konsola pomiarowa typu „Coach”, tablica montażowa, elementy montażowe, przewody.

Przebieg ćwiczenia

19. Uruchom program „Coach 5”.
20. Otwórz „nowe ćwiczenie”.
21. W oknie Wybór konsoli zaznacz odpowiednią konsolę znajdującą się w układzie pomiarowym.
22. W programie „Coach 5” wybierz odpowiedni czujnik z listy i ustaw go na wejściu pomiarowym. Następnie wykonaj poszczególne ćwiczenia zgodnie z zaleceniami.

Wyznaczanie oporu.

Korzystając z tablicy montażowej oraz klocków zbuduj obwód elektryczny zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku.



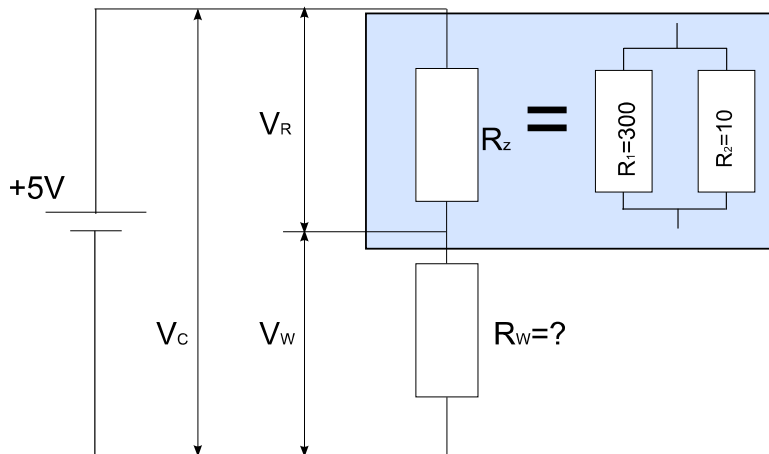
Rys. Schemat obwodu do wyznaczania oporu

Dokonaj pomiarów zgodnie z procedurą:

1. Wykonaj pomiar napięcia U_C w gałęzi $R+R_w$.
2. Wykonaj pomiar napięcia U_w w gałęzi R_w .
3. Oblicz spadek napięcia U_R jako $U_R=U_C-U_w$.
4. Obliczamy prąd płynący przez obwód $I=U_w/R_w$.
5. Obliczamy opór elementu $R: R=U_R/I_R$.

Łączenie równoległe oporów.

Dokonujemy modyfikacji naszego układu doświadczalnego zgodnie ze schematem:



Rys. Schemat przedstawiający połączenie równoległe oporników.

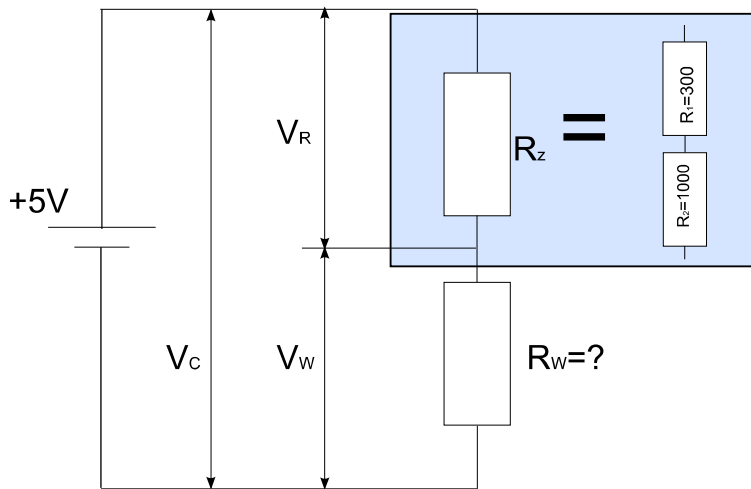
Pomiary przeprowadzamy w sposób analogiczny jak poprzednio.

Wyniki pomiarów dyskutujemy z uwzględnieniem teoretycznej zależności:

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Łączenie szeregowe oporów.

Łączymy szeregowo elementy oporowe zgodnie ze schematem:



Rys. Schemat przedstawiający połączenie szeregowe oporników.

Pomiary przeprowadzamy w sposób identyczny jak poprzednio, a otrzymane wyniki dyskutujemy z uwzględnieniem teoretycznej zależności opisującej wartość oporu zastępczego:

$$R_z = R_1 + R_2$$

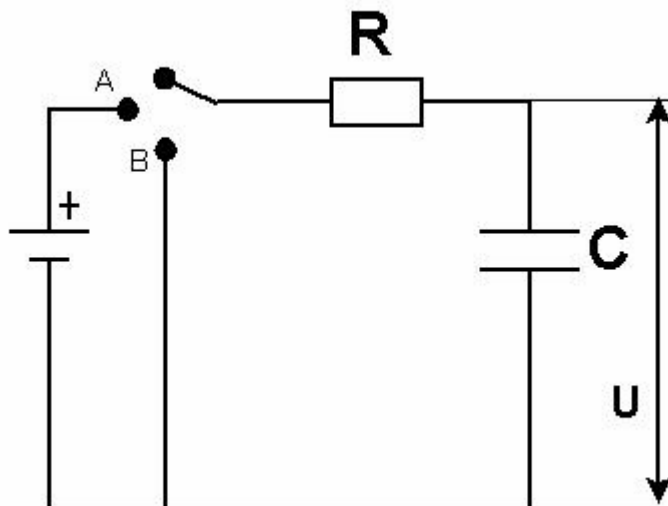
Ćwiczenie: Badanie elementów elektronicznych. Ładowanie i rozładowanie kondensatorów (układ RC). Łączenie szeregowe i równoległe kondensatorów

Cel ćwiczenia

Badanie charakterystyk ładowania i rozładowania kondensatora oraz własności łączenia szeregowego i równoległego kondensatorów.

Budowa układu

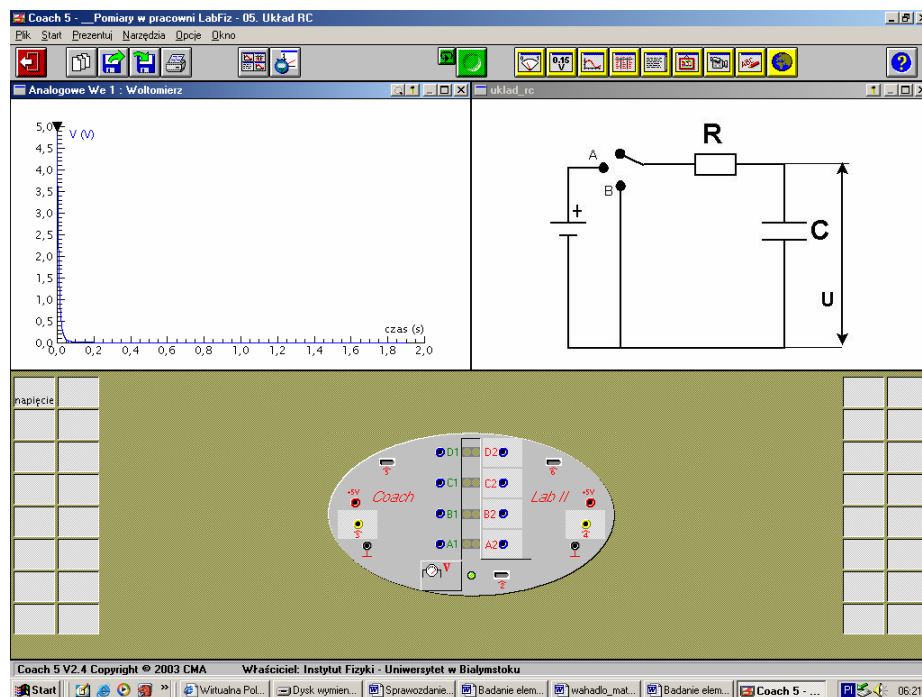
Komputer z kartą pomiarową „Coach”, konsola pomiarowa typu „Coach”, tablica montażowa, elementy montażowe (włącznik, kondensatory), przewody.



Rys. Schemat obwodu służącego do ładowania i rozładowania kondensatora.

Przebieg ćwiczenia

23. Uruchom program „Coach 5”.
24. Otwórz „nowe ćwiczenie”.
25. W oknie Wybór konsoli zaznacz odpowiednią konsolę znajdującą się w układzie pomiarowym.
26. W programie „Coach 5” wybierz odpowiedni czujnik z listy i ustaw go na wejściu pomiarowym. Poniżej przedstawione zostało przykładowe „okno” programu pomiarowego.



Rys. Zrzut ekranu przedstawiający program pomiarowy Coach 5

Następnie wykonaj poszczególne ćwiczenia zgodnie z zaleceniami.

Badanie charakterystyk ładowania i rozładowania kondensatora.

Korzystając z tablicy montażowej oraz „klocków” zbuduj obwód elektryczny zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku.

Należy wykonać pomiar ładowania i rozładowania układu RC dla różnych wartości elementów R i C. Następnie przy pomocy Tworzenie/Edycja wykresów przedstawić zależność $\ln(V(t)/V_0)$ i dopasować zależność teoretyczną. Z otrzymanych parametrów dopasowania wyznaczyć wartość stałej RC i porównać z wynikiem dla nominalnych wartości R i C.

Uwaga:

Z uwagi na dużą zmienność w czasie rejestrowanego efektu należy brać pod uwagę dostosowanie parametrów pomiaru tj. czasu i próbkowania do użytych wartości R i C.

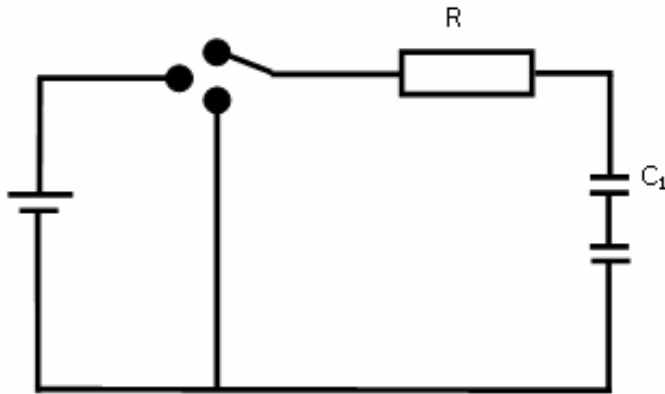
Łączenie równoległe kondensatorów.

Dokonyjemy modyfikacji naszego układu doświadczalnego zgodnie ze schematem:

Pomiary przeprowadzamy w sposób identyczny jak poprzednio, a otrzymane wyniki dyskutujemy z uwzględnieniem teoretycznej zależności opisującej wartość pojemności zastępczej: $C_1+C_2=C_z$.

● Łączenie szeregowe kondensatorów.

Układ doświadczalny zestawiamy zgodnie ze schematem:



Rys. Kondensatory połączone szeregowo.

Pomiary przeprowadzamy w sposób identyczny jak poprzednio, a otrzymane wyniki dyskutujemy z uwzględnieniem teoretycznej zależności opisującej wartość pojemności zastępczej:

$$1/C_1 + 1/C_2 = 1/C_z$$

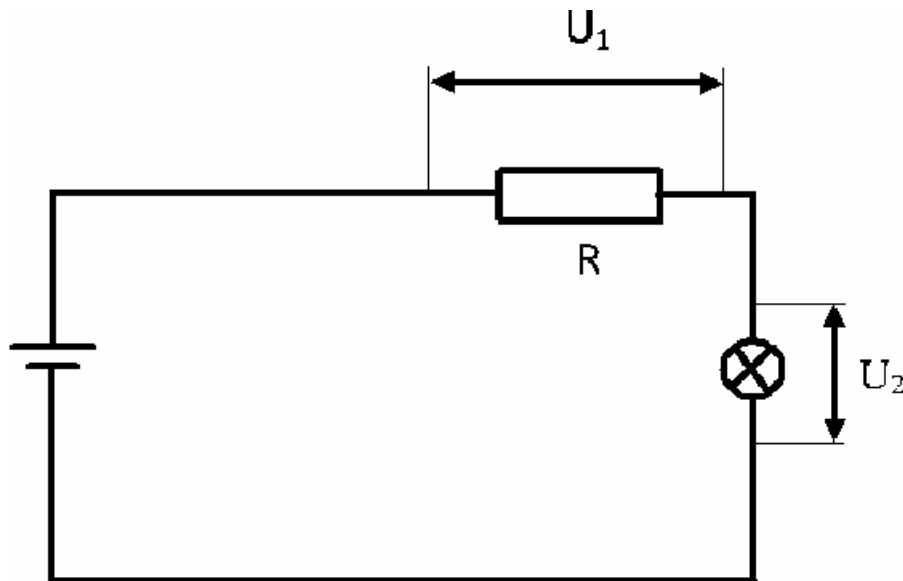
Ćwiczenie: Charakterystyka zmian oporu włókna żarówki w momencie zapalania.

Cel ćwiczenia

Pomiary oporu włókna żarówki. Badanie charakterystyki prądowo – napięciowej żarówki.

Budowa układu

Komputer z kartą pomiarową „Coach”, konsola pomiarowa typu „Coach”, tablica montażowa, elementy montażowe, przewody, żarówka o napięciu znamionowym 2,5V.



Rys. Schemat obwodu do pomiaru oporu.

Przebieg ćwiczenia

27. Uruchom program „Coach 5”.
28. Otwórz „nowe ćwiczenie”.
29. W oknie Wybór konsoli zaznacz odpowiednią konsolę znajdującą się w układzie pomiarowym.
30. W programie „Coach 5” wybierz odpowiedni czujnik z listy i ustaw go na wejściu pomiarowym. Następnie wykonaj poszczególne czynności zgodnie z zaleceniami.

Korzystając z tablicy montażowej oraz klocków zbuduj obwód elektryczny zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku.

Dokonaj pomiarów zgodnie z procedurą:

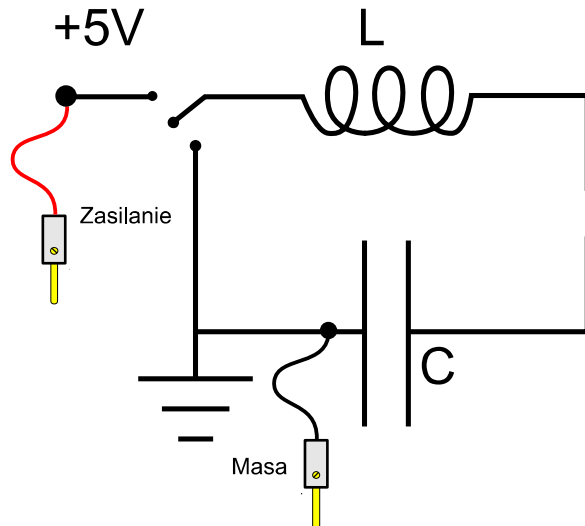
6. Wykonaj pomiar napięć U_1 (na oporze wzorcowym) oraz $U_c = U_2 + U_1$.
7. Oblicz prąd płynący przez obwód $I = U_1 / R$.
8. Oblicz spadek napięcia na żarówce U_2 jako $U_2 = U_c - U_1$.
9. Otrzymane wyniki przedstaw na wykresie $I(U)$.
10. Następnie dokonaj analizy danych przedstawionych na wykresie.

Ćwiczenie: Badanie szeregowego układu RLC

Cel ćwiczenia: Wyznaczenie indukcyjności cewek

Potrzebne elementy: cewka, kondensatory, oporniki, tablica montażowa, kable przyłączeniowe, przełącznik dwupozycyjny

Elementy należy zmontować wg. schematu:



Rys. Schemat układu do pomiaru indukcyjności cewek.

Wykonanie ćwiczenia: wyznaczenie okresów drgań prądu w układzie RLC dla różnych wartości pojemności kondensatora. Wykorzystując zależność $T^2 = 4\pi^2 LC$ należy znaleźć indukcyjność jako dopasowanie zależności $T^2(C)$

Lp	C [F]	T [s]	$T^2 [s^2]$

L =

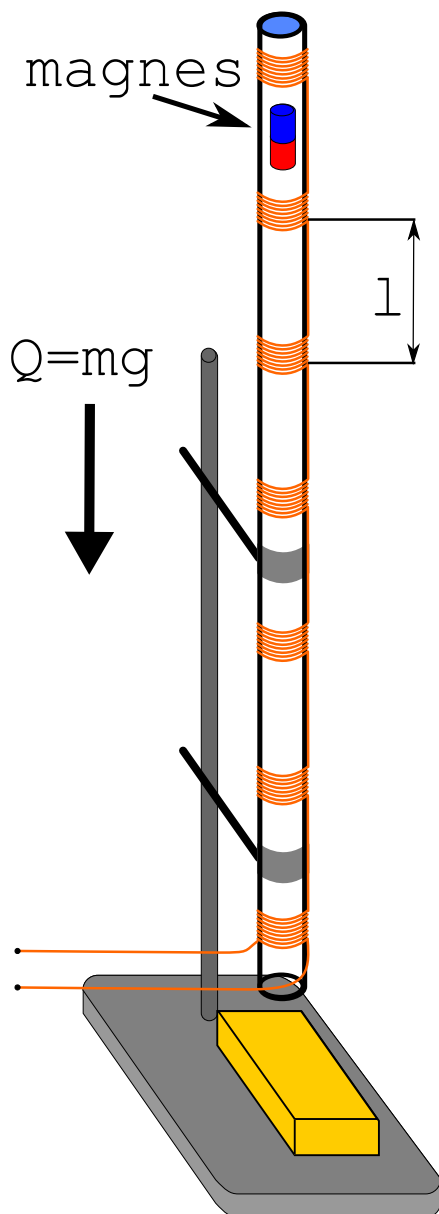
Ćwiczenie: Badanie prawa indukcji Faraday'a.

Cel ćwiczenia

Badanie prawa indukcji Faraday'a. Budowa cewek. Wyznaczanie maksymalnej wartości SEM od ilości zwojów cewki.

Budowa układu

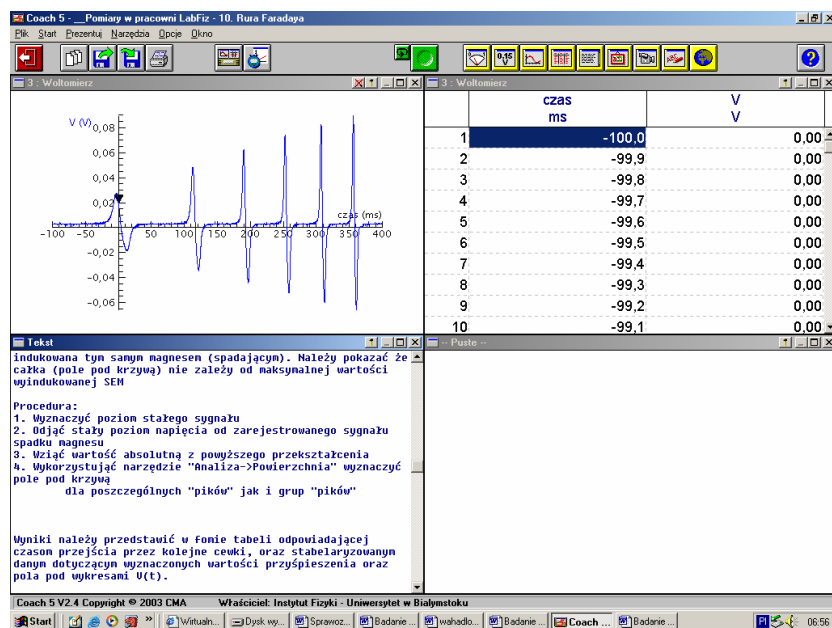
Komputer z kartą pomiarową „Coach”, konsola pomiarowa typu „Coach”, plastikowe rurki, kawałki drutu o różnej długości, przewody, magnesy, taśma klejąca.



Rys. Rura Faradaya

Przebieg ćwiczenia

31. Uruchom program „Coach 5”.
32. Otwórz „nowe ćwiczenie”.
33. W oknie Wybór konsoli zaznacz odpowiednią konsolę znajdującą się w układzie pomiarowym.
34. W programie „Coach 5” wybierz odpowiedni czujnik z listy i ustaw go na wejściu pomiarowym. Poniżej przedstawione zostało przykładowe „okno” programu pomiarowego.



Rys. Zrzut ekranu programu pomiarowego Coach 5.

35. Przygotuj kilka zwojnic o różnej ilości zwojów.
36. Przeprowadzenie pomiarów polega na zarejestrowaniu napięcia indukowanego w zwojnicy podczas spadku magnesu.
 - Dokonaj pomiarów napięć dla solenoidów o różnej ilości zwojów.
 - W trakcie pomiarów zmieniaj wysokość z jakiej spada magnes.

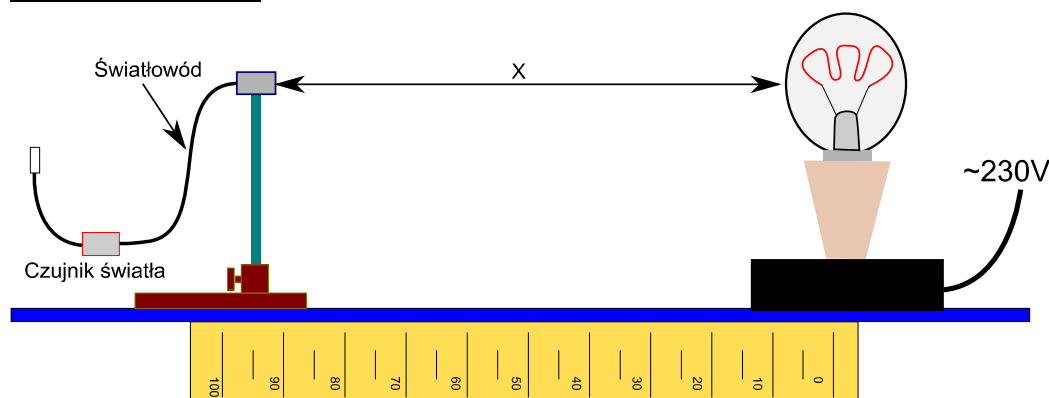
Zaobserwowane wyniki porównaj z zależnością teoretyczną:

$$E = - \Delta(NBS) / \Delta t$$

gdzie: N-liczba zwojów, B-wartość indukcji pola magnetycznego, S-pole przekroju cewki, t-czas.

Ćwiczenie: Pomiar natężenia światła w funkcji odległości

Budowa układu



Rys. Schemat układu do pomiaru natężenia światła.

Zagadnienia

Moc źródła światła

Źródło światła jest charakteryzowane przez całkowitą moc wypromieniowaną [w watach]. Wielkość tę nazywamy strumieniem promieniowania lub strumieniem świetlnym F . W radiometrii jednostką strumienia F jest wat [W]. Odpowiednikiem tej wielkości w fotometrii wizualnej tj. z uwzględnieniem obszaru widzialnego i czułości oka jest strumień świetlny F_v , którego jednostką jest lumen [lm].

Natężenie światła

Powszechnie używany termin 'natężenie światła' (jasność) odnosi się do energii wypromieniowanej w jednostce czasu przez źródło w jednostkowy kąt bryłowy. Wielkość ta nosi nazwę natężenia kąтового - I i podawana jest w watach/steradian. Fotometrycznym odpowiednikiem jest światłość kierunkowa, której jednostką jest kandela [cd].

Natężenie kierunkowe służy min. do opisywania własności kierunkowych źródeł światła. Natężenie (światłość) jest definiowane jako: $I(W) = dF/dW$.

Oświetlenie

Odbierane przez człowieka wrażenia wzrokowe w znacznej mierze opierają się na efektach świetlnych na powierzchniach oświetlanych obiektów. Oznacza to, potrzebę opisu ilości energii promienistej, która dociera do elementu oświetlanej powierzchni.

Natężenie oświetlenia - E opisuje strumień promieniowania, który dociera do jednostkowego pola oświetlanej powierzchni. Jednostką natężenia oświetlenia jest watt/m^2 .

Fotometrycznym odpowiednikiem natężenia oświetlenia jest iluminancja podawana w luksach, $\text{lux} = \text{lumen/m}^2$

Natężenie oświetlenia (E i iluminancja) powierzchni oświetlanej przez punktowe źródło światła zależy od natężenia kąowego (światłości kierunkowej), odległości źródła od powierzchni oraz orientacji powierzchni względem kierunku propagacji energii promienistej. (równ.1.):

$$E = \frac{\text{radiant flux } \Phi}{\text{area } A} = \frac{I \cdot \Omega}{A} = \frac{I \cdot A}{A \cdot r^2} = \frac{I}{r^2} \quad (1)$$

gdzie

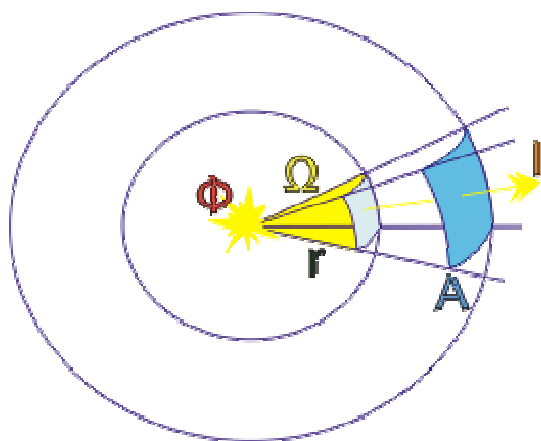
strumień świetlny w określonym kącie bryłowym dany jest przez :

$$\Phi = I \cdot \Omega \quad (2)$$

Kąt bryłowy opisany jest jako:

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

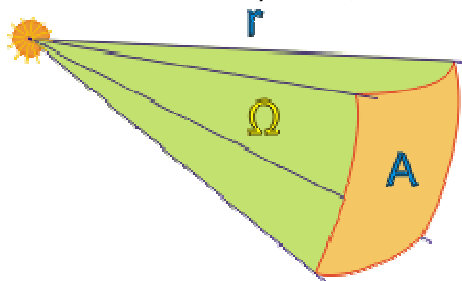
(3)



Rys. Strumień świetlny Φ i światłość kierunkowa I

Kąt bryłowy:

Kąt bryłowy Ω definiowany jest przez stożek sferyczny wycinany z kuli. Kąt bryłowy związany jest z polem powierzchni A wycinanej przez stożek z kuli o promieniu r , której środek pokrywa się z wierzchołkiem stożka i wynosi: A/r^2 . Jednostką kąta bryłowego jest steradian



[sr].

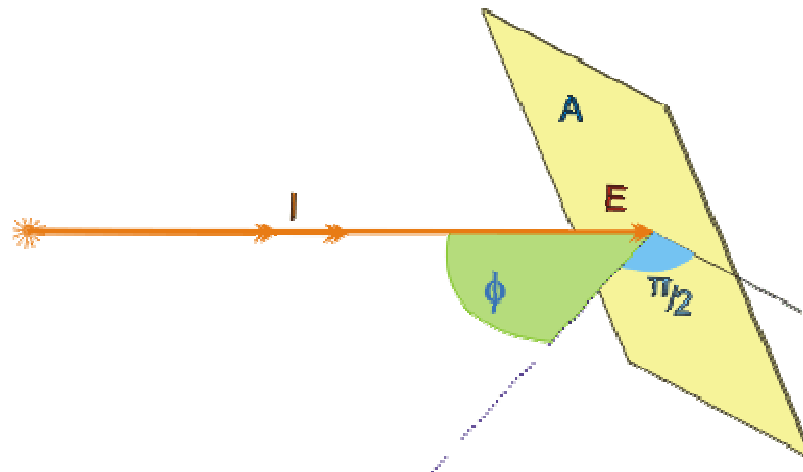
Rys. Kąt bryłowy

Jeśli energia promienista pada na powierzchnię pod kątem różnym od zera, wówczas natężenie oświetlenia powierzchni E jest modyfikowane, tak by opisywało efektywną powierzchnię - patrz

rys.3

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \phi \quad (4)$$

gdzie ϕ jest kątem zawartym pomiędzy kierunkiem prostopadłym do oświetlanej powierzchni i kierunkiem rozchodzenia się energii promienistej.



Rys. Natężenie oświetlenia E powierzchni.

Table 1. Radiometric and photometric quantities.					
Radiometry			Photometry		
Quantity	symbol	units	units	symbol	Quantity
Radiant Energy	Q	J	lm s	Q	Luminous energy
Radiant Flux	Φ	W	lm	Φ	Luminous Flux
Irradiance	E	W/m ²	lm/m ²	E	Illuminance
Radiant Intensity	I	W/sr	lm/sr	I	Luminous Intensity
Radiance	L	W/(m ² sr)	lm/(m ² sr)	L	Luminance

Tabela 1. Wielkości i jednostki radiometryczne i fotometryczne.

-Prawo 'odwrotnych kwadratów'.

Natężenie oświetlenia na powierzchni oświetlanej przez punktowe źródło światła, które promieniuje energię jednorodnie we wszystkich kierunkach, stosuje się do tzw. prawa 'odwrotnych kwadratów'. Opisuje ono spadek ilości energii promieniowania padającego na jednostkową powierzchnię wraz ze wzrostem odległości od źródła. Całkowita moc wypromieniowana przez źródło we wszystkich kierunkach (strumień świetlny) (w pełen kąt bryłowy) pozostaje stały podczas gdy powierzchnia kuli, w której energia ta jest zawarta rośnie proporcjonalnie do kwadratu jej promienia (odległości od źródła).

$$E \cong \frac{I}{r^2} \quad (5)$$

Tak więc, moc na jednostkę powierzchni maleje; porównaj Rys. 1. Wiele zjawisk, np. oddziaływania w polu elektrostatycznym i grawitacyjnym opisywane jest zależnościami o podobnym charakterze.

Układ pomiarowy

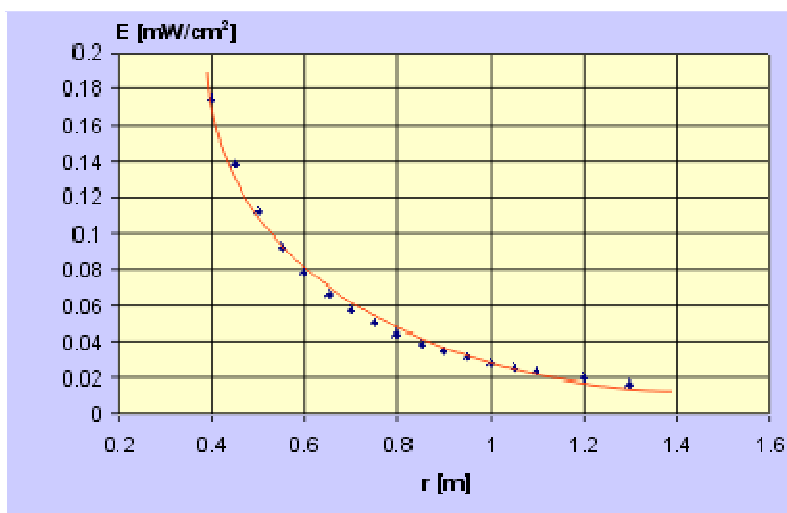
Obserwacje radiometryczne można przeprowadzić wykorzystując zestaw oparty na goniometrze, który umożliwi zmianę odległości oświetlanej powierzchni detektora światła od źródła oraz kąta obserwacji źródła. Czujnik dokonuje pomiarów natężenia światła docierającego ze źródła.

Zależność natężenia oświetlenia od odległości można badać dokonując jednoczesnych pomiarów odległości czujnika od źródła – r oraz natężenia oświetlenia E dla stałego kąta obserwacji $Q=0$ źródła.

Konfiguracja pomiarów zakłada punktowy charakter źródła światła. Przy tym założeniu prezentowane pomiary mogą być analizowane przy wykorzystaniu 'prawa odwrotnych kwadratów'.

Opracowanie wyników

Typowa zależność natężenia od odległości pokazana jest na rysunku.



Rys. Zależność natężenie od odległości od źródła światła.

Ćwiczenie: Polaryzacja światła. Weryfikacja prawa Malusa.

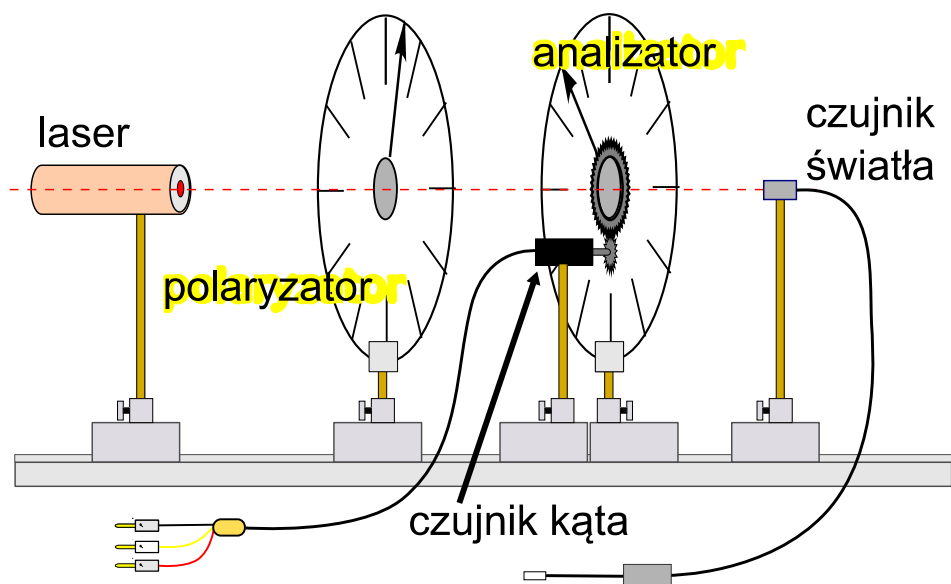
Zagadnienia

- fale elektromagnetyczne
- polaryzacja światła
- światło laserowe
- sposoby polaryzacji światła
- prawo Malusa

Układ pomiarowy



Rys. Zdjęcie układu pomiarowego



Rys. Schematyczny rysunek układu pomiarowego do sprawdzania prawa Malusa

Układ pomiarowy przedstawiony jest na powyższym rysunku. Składa on się ze źródła światła w postaci lasera, analizatora i polaryzatora umieszczonego na ławie optycznej, czujnika światła Cz1 oraz czujnika kąta Cz2 który jest sprzężony z tarczą analizatora. Zakres pracy czujnika kąta pozwala na pomiar dwóch pełnych obrotów analizatora. Oba czujniki podłączone są do konsoli pomiarowej karty UIB.

Przeprowadzenie pomiarów

Pomiar wykonujemy przy pomocy programu "prawo_malusa.vi". Po podłączeniu wyjścia Wy1 i Wy2 do konsoli pomiarowej określamy w programie kanały do których są podłączone czujnik kąta i

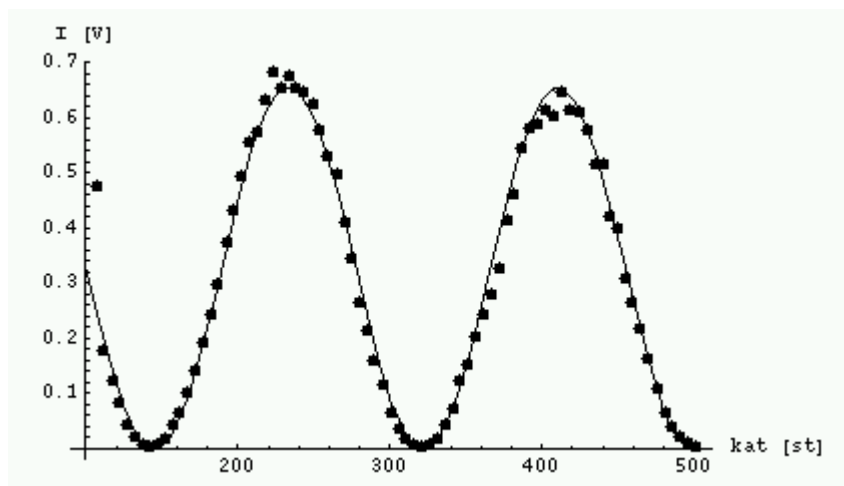
światła, określamy skok kąta wymuszający wykonanie następnego pomiaru (domyślnie 5°) oraz określamy kąt maksymalny (domyślnie 500°). Ostatnia wartość jest wartością progową i jej przekroczenie powoduje zatrzymanie programu. Po uruchomieniu programu dokonujemy pomiaru zależności $I(\alpha)$ zmieniając położenie analizatora od wartości minimalnej do maksymalnej. Podczas wykonywania pomiaru należy uważać by nie przysłaniać wiązki światła padającego na czujnik oraz by nie wprowadzać zbędnych drgań układu pomiarowego. Przy ustawianiu układu należy zwrócić uwagę na możliwość "zatkania" czujnika światła przez zbyt intensywną wiązkę światła. Otrzymane wyniki zapisujemy do pliku w celu dalszej analizy. Program pomiarowy uwzględnia kalibrację czujnika kąta i dane z tego czujnika zapisywane są jako wartości kąta. Przykładowy wynik pomiaru przedstawia powyższy zrzut ekranu.

Opracowanie wyników

Dane będziemy analizować w programie Coach przy pomocy, którego szukamy dopasowania danych eksperymentalnych zależnością:

$$I(\alpha) = I_0 \cos^2(\alpha)$$

W naszym przypadku musimy uwzględnić także wartość przesunięcia kąтового wynikające z różnicy między położeniem osi łatwej analizatora a położeniem zerowym czujnika kąta. Uwzględnić należy też poprawkę na kalibrację tego czujnika. Pamiętać musimy, że funkcje trygonometryczne w programie Coach przyjmują wartości w radianach



Rys. Wynik dopasowania danych pomiarowych

Ćwiczenie: Badanie kalorymetryczne.

Cel ćwiczenia

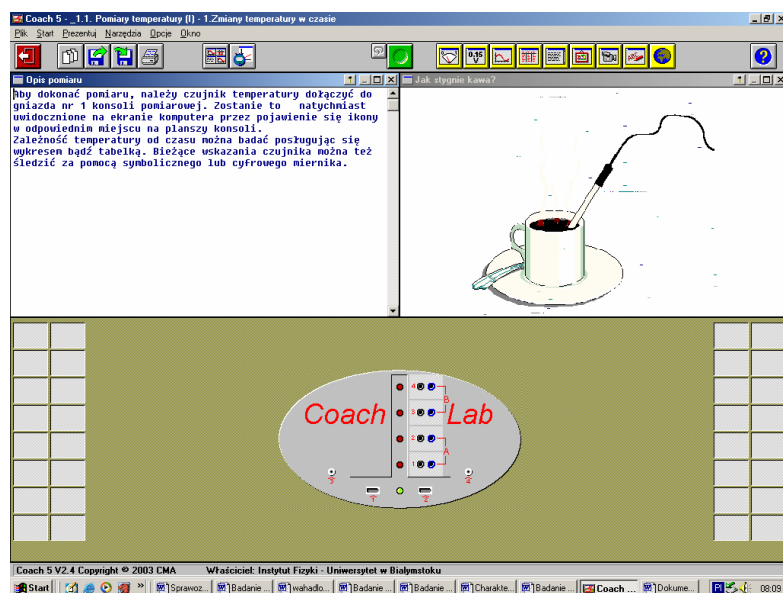
Celem ćwiczenia jest poznanie prawa stygnięcia Newtona, zasady bilansu cieplnego oraz wyznaczenia ciepła właściwego.

Budowa układu

Komputer z kartą pomiarową „Coach”, konsola pomiarowa typu „Coach”, czujnik temperatury, naczynie z wodą oraz inną cieczą.

Przebieg ćwiczenia

37. Uruchom program „Coach 5”.
38. Otwórz „nowe ćwiczenie”.
39. W oknie Wybór konsoli zaznacz odpowiednią konsolę znajdującą się w układzie pomiarowym.
40. W programie „Coach 5” wybierz odpowiedni czujnik z listy i ustaw go na wejściu pomiarowym. Poniżej przedstawione zostało przykładowe „okno” programu pomiarowego.



Rys. Zrzut ekranu programu pomiarowego Coach 5.

Obserwacja procesu stygnięcia ciał.

Aby dokonać pomiaru, należy czujnik temperatury dołączyć do gniazda nr 1 konsoli pomiarowej. Zostanie to natychmiast uwidocznione na ekranie komputera przez pojawienie się ikony w odpowiednim miejscu na planszy konsoli.

Zależność temperatury od czasu można badać posługując się wykresem bądź tabelką. Bieżące wskazania czujnika można też śledzić za pomocą symbolicznego lub cyfrowego miernika.

Porównanie stygnięcia dwóch różnych ciał.

Pomiary należy przeprowadzić dla dwóch różnych cieczy.

Aby dokonać pomiaru, należy czujniki temperatury dołączyć do gniazda nr 1 i 2 konsoli pomiarowej.

Bieżące wskazania czujników można oglądać na symbolicznych lub cyfrowych miernikach. Aby zrobić miejsce na wyświetlenie wskazań należy ukryć konsolę pomiarową na ekranie. Można też badać zależność temperatury od czasu posługując się wykresami bądź tabelką.

Dokonaj analizy otrzymanych wyników i sformułuj: prawo Newtona, zasadę bilansu cieplnego oraz wyznacz ciepło właściwe ciała.

Ćwiczenie: Sterowanie z wykorzystaniem konsoli cyfrowej we-wy

Cel ćwiczenia

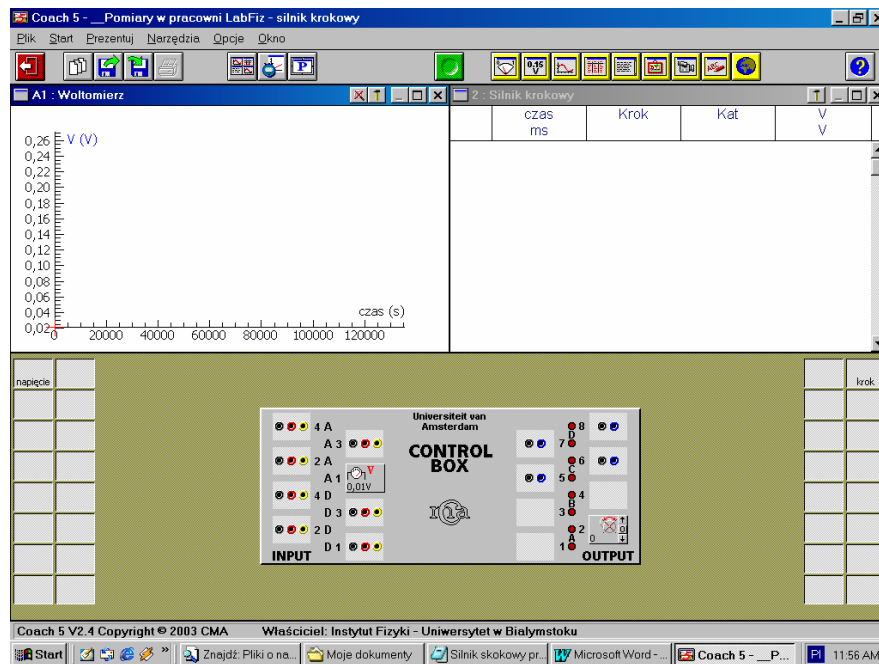
Wykorzystanie konsoli cyfrowej we-wy do sterowania pomiarem z jednoczesnym zczytywaniem danych pomiarowych.

Budowa układu

Komputer z kartą pomiarową „Coach”, konsola cyfrowa we-wy, silnik krokowy, czujnik (np. czujnik światła).

Przebieg ćwiczenia

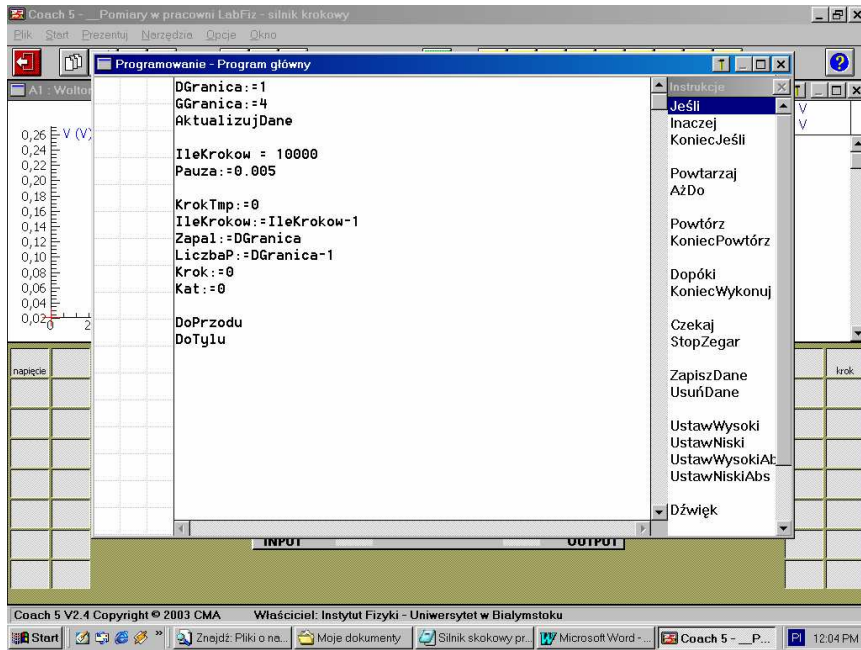
41. Uruchom program „Coach 5”.
42. Otwórz „nowe ćwiczenie”.
43. W oknie Wybór konsoli zaznacz: Konsola analogowo-cyfrowa.
44. Następnie do wyjść pomiarowych nr 1,2,3,4 konsoli podłącz silnik krokowy (zgodnie z oznaczeniami).
45. Czujnik światła podłącz do wejścia analogowego (A1) konsoli. Analogiczną czynność powtórz w programie „Coach 5” wybierając odpowiedni czujnik z listy.



Rys. Przykładowe „okno” programu pomiarowego.

46. Kolejnym krokiem jest napisanie programu sterującego silnikiem krokowym. W tym celu należy wybrać (otworzyć) okno programu i korzystając z załączonej instrukcji napisać polecenia sterujące silnikiem oraz szczytujące sygnały z detektora.

Przykładowy program przedstawiony został poniżej:



Rys. Przykładowy program.

Ćwiczenie: Badanie drgań sprężyny, wyznaczanie stałej k

Zagadnienia:

ruch harmoniczny

siła zwrotna

siła bezwładności

wahadło sprężynowe

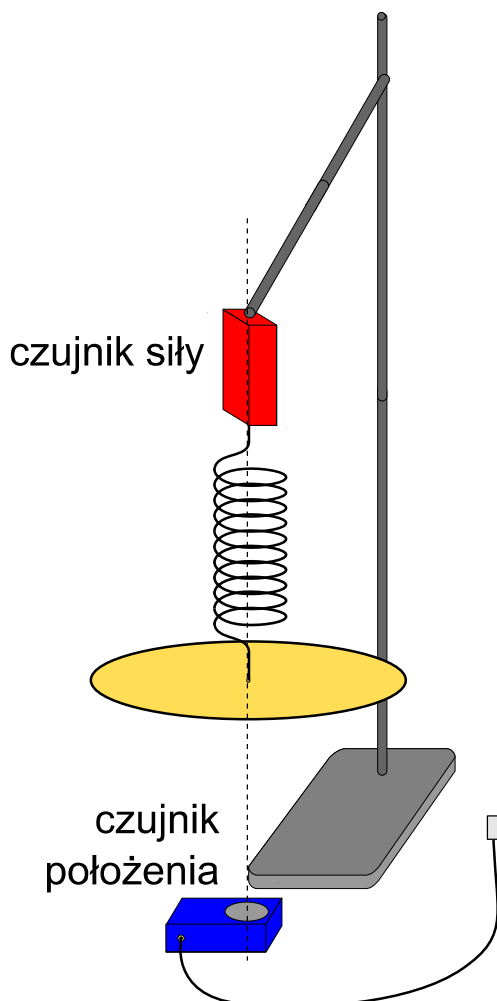
Układ pomiarowy

Układ pomiarowy wykorzystuje się konsolę pomiarową PASCO podłączoną do komputera. Do konsoli podłączone są dwa czujniki:

czujnik siły - jedno z wejść analogowych - jest on zamocowany na wysięgniku (statywie), a do końcówki pomiarowej podwieszona jest sprężyna z umieszczonym na końcu ciężarkiem - masą m

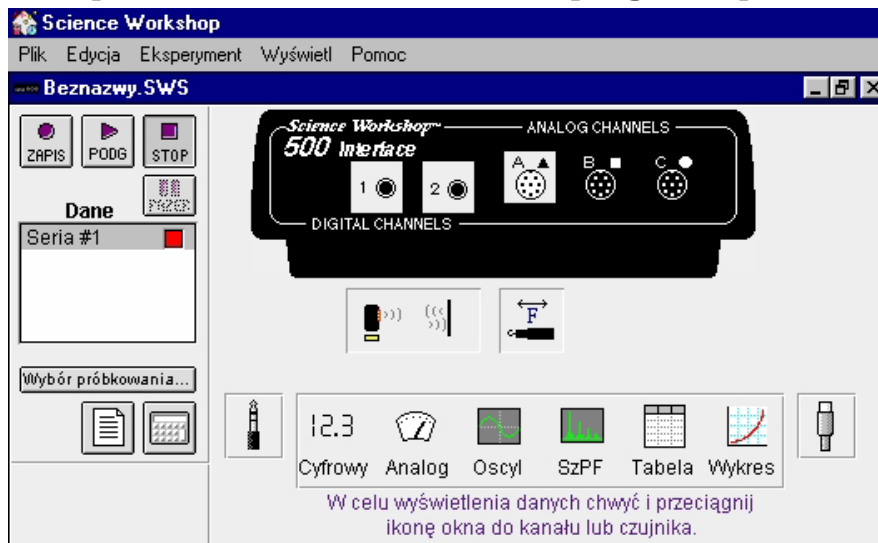
czujnik położenia - oba wejścia cyfrowe - znajduje się on pod zawieszonym na sprężynie ciężarkiem tak by możliwy był pomiar jego położenia w czasie drgań.

Do układu dołączono zestaw kilku różnych sprężyn i ciężarków o różnych masach.



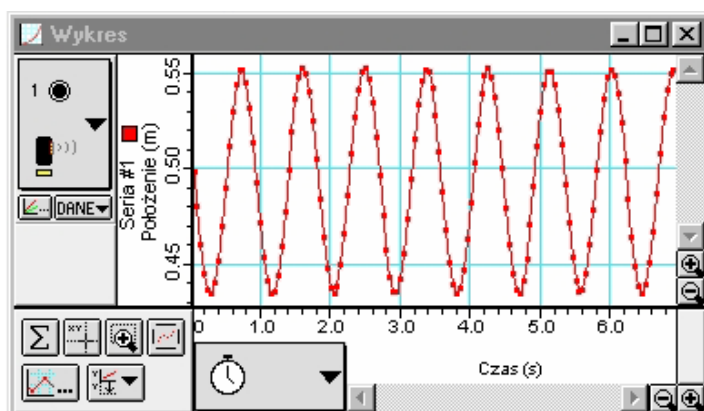
Rys. Schemat układu pomiarowego do badania drgań wahadła sprężynowego.

Przygotowanie pomiaru -ustawienie układu i programu pomiarowego



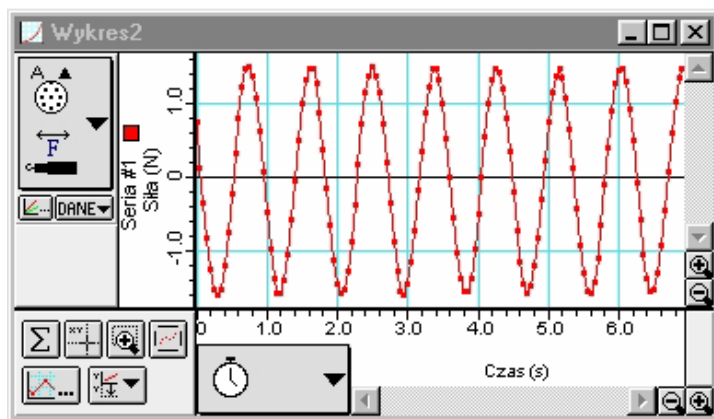
Rys. Widok konsoli programu Science Workshop. Na wejście cyfrowe 1-2 podłączony jest czujnik położenia, na wejście analogowe A podłączony jest czujnik siły.

Czujnik siły jest wyposażony w przycisk TARE umożliwiający zerowanie go, tzn ustalanie punktu zerowego przed rozpoczęciem pomiaru siły. Należy o tym pamiętać przed wykonaniem pomiarów - zerowanie w położeniu równowagi i przed pomiarami mas elementów wykorzystanych do doświadczenia. Drugi czujnik - położenia wymaga natomiast dokładnego ustawienia pod drgającym ciężarkiem. Jest to związane z szerokością emitowanej wiązki służącej do pomiaru położenia. Dobrze jest przed wykonaniem właściwego pomiaru przetestować go uruchamiając pomiar i sprawdzić poprawność wskazań. Co do ustawień samego programu Pomiarowego jakim jest "Science Workshop" (Warsztat Naukowy). Należy pamiętać o "podłączeniu" do panelu konsoli obu czujników. Wykresy mierzonych wielkości powinny przedstawiać zależności: $F(t)$, $x(t)$, $F(x)$. Z tego ostatniego możemy odczytać wartość dopasowania zależności $F = -kx$ funkcją liniową poprzez wykorzystanie opcji obliczeń/dopasowania funkcji.



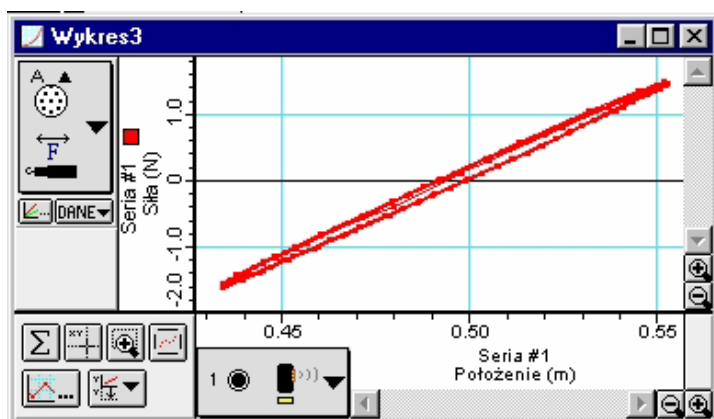
Rys. Odczyt położenia, korekta znaku x.

Wykres położenia rejestrowany w programie Science Workshop.



Rys. Wyznaczanie średniego okresu drgań

Wykres siły rejestrowany w programie Science Workshop. Na podstawie tych danych możemy wyznaczyć średni czas trwania jednego okresu poprzez określenie czasu odpowiadającego kilku okresom zmian, np.: dla tego pomiaru mamy siedem pełnych okresów zmian mierzonej siły którym odpowiada czas 6.3 sek co daje średni okres $T = 0.88$ sek



Dopasowanie zależności $F(x) = -k x$

Wykres siły w funkcji położenia rejestrowany w programie Science Workshop. Wykorzystując polecenia kryjące się pod ikoną możemy dopasować dane zależnością typu $y = ax + b$. Stała a dopasowania odpowiada współczynnikowi sprężystości k .

Opracowanie danych

Pomiar stałej k dokonujemy na dwa różne sposoby:

wprost, wykorzystując zależność siły zwrotnej F od wychylenia x i stałej k: $F = -kx$

wykorzystując wzór na okres drgań wahadła sprężynowego $T: T=2\pi \sqrt{\frac{(m+\frac{1}{2}ms)}{k}}$, gdzie: m - masa

ciężarka, ms - masa sprężyny, k - stała sprężystości.

W pierwszym przypadku wykonujemy pomiar i z wykresu F(x) wyznaczamy parametry dopasowania punktów zależnością liniową. Stałej k odpowiada współczynnik nachylenia a. Pomiar powtarzamy dla kilku różnych sprężyn i kilku różnych mas m a wyniki umieszczamy w tabeli:

m1=.....; m2=.....; m3=.....;		Postać funkcji $F = a x + b$ (dopasowanie)	stała k	błąd wyznaczenia k
Sprężyna 1 ms1= ...	m1			
	m2			
	m3			
Sprężyna 2 ms2= ...	m1			
	m2			
	m3			
Sprężyna 3 ms3= ...	m1			
	m2			
	m3			

W drugim przypadku czyli przy wyznaczaniu k ze wzoru na okres drgań wahadła sprężynowego dokonujemy pomiaru w oparciu o przebiegi czasowe zmian siły i położenia. Można to zrobić odczytując czas zmian dla kilku okresów, a potem wyznaczając okres średni. Pomiaru masy ciężarka i sprężyny dokonujemy przy wykorzystaniu czujnika siły wyznaczając siłę ciężkości dla poszczególnych elementów: $F_c = mg \Rightarrow m = \frac{F_c}{g}$. Wyniki pomiarów umieszczamy w tabeli:

m1=.....; m2=.....; m3=.....;		N -il. okresów	t - czas dla N okresów	Ts	stała k	błąd wyznaczenia k
Sprężyna 1 ms1= ...	m1					
	m2					
	m3					
Sprężyna 2 ms2= ...	m1					
	m2					
	m3					
Sprężyna 3 ms3= ...	m1					
	m2					
	m3					

Dodatki:

Pomiar mas z uwzględnieniem błędów wyznaczenia m (z programu)

Może fotka układu ??

może porównanie czujnika komputerowego z mechanicznym

Pytania:

Jaki jest błąd pomiaru wielkości F i x

Jak jest z błędami dopasowań w programie SW

Czy da się dopasować w SW funkcje Sin - do wyznaczenia okresu drgań

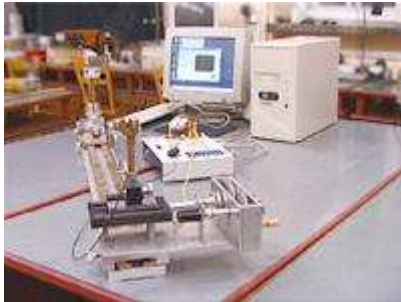
Ćwiczenie: Dyfrakcja światła na szczelinie

Zagadnienia

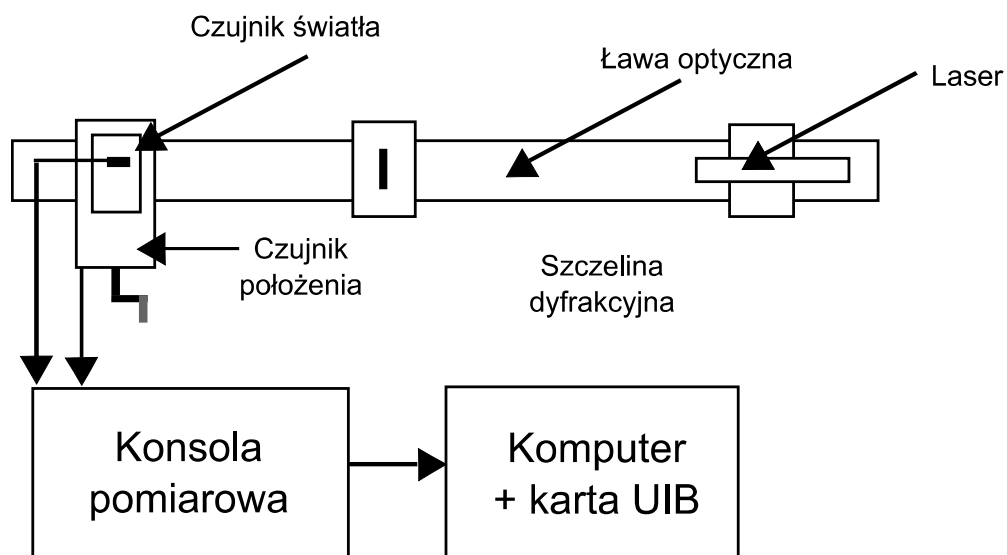
dyfrakcja światła na szczelinie, geometria problemu

światło laserowe

Układ pomiarowy

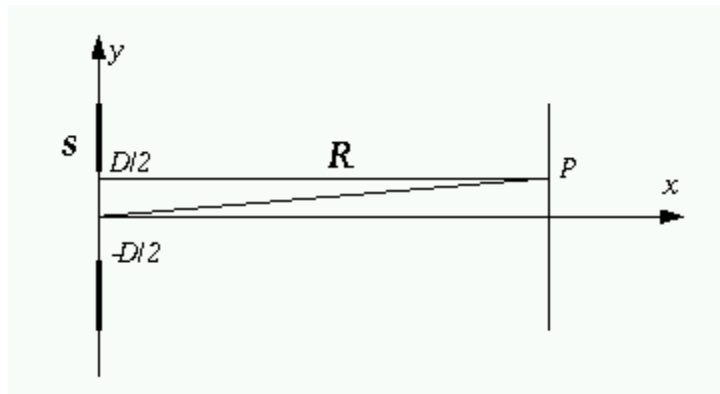


Rys. Zdjęcie układu pomiarowego.



Rys. Schemat układu pomiarowego do badania dyfrakcji światła na szczelinie.

Układ pomiarowy zbudowany jest na ławie optycznej. Źródłem światła jest laser półprzewodnikowy o długości światła $\lambda = 632 \text{ nm}$. Czujnik światła w postaci fototranzystora jest umieszczony w obudowie gdzie światło doprowadza się światłowodem zaś jego drugi koniec zamocowany jest w precyzyjnym przesuwie. Położenie czujnika w osi prostopadłej do rozchodzenia się światła mierzymy czujnikiem zintegrowanym w układzie precyzyjnego przesuwu. Szczelinę umieszczamy w odległości ok 1 m od czujnika światła (dlaczego ??). Geometria układu przedstawiona jest na poniższym rysunku.



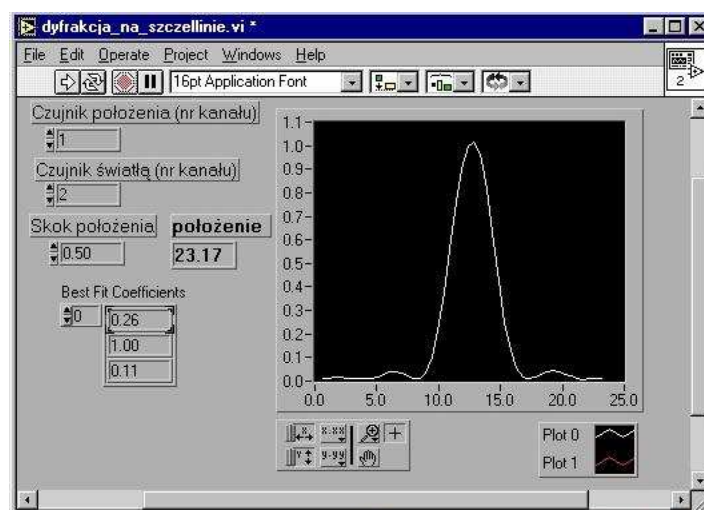
Rys. Geometria układu: s- szczelina dyfrakcyjna, P -płaszczyzna obrazu, R - odległość między szczeliną a płaszczyzną obrazu, D - szerokość szczeliny.

Przeprowadzenie pomiarów

Pomiary przeprowadzamy przy pomocy programu "dyfrakcja_na_szczelinie.vi". Program ten uwzględnia kalibrację czujnika położenia. Przed rozpoczęciem pomiaru ustawiamy parametry pomiaru:

- numery kanałów do których wpięte są czujniki
- skok przesuwu na który ma reagować czujnik (moment wykonania następnego pomiaru - domyślnie 0.5 mm)
- ustawiamy położenie czujnika, lasera i szczeliny tak by zerowe maksimum wypadło w okolicy połowy zakresu przesuwu

Następnie ustawiamy przesuw w skrajnym zerowym położeniu oraz uruchamiamy program. Położenie czujnika zmieniamy kręcąc korbką przesuwu. Należy uważać by nie przekraczać skrajnych dopuszczalnych położenia by uniknąć zniszczenia czujnika kąta (wyczuwalny opór !!!!). W czasie wykonywania pomiaru powinno unikać się wprowadzania drgań stołu ze względu na małą stabilność elementów na ławie optycznej. Program przerywa pracę automatycznie w momencie przejścia czujnika w drugie skrajne położenie. Po zakończonym pomiarze zapisujemy dane na dysk w celu analizy.



Rys. Zrzut ekranu programu do pomiaru dyfrakcji światła. Widać wynik przeprowadzonego pomiaru.

Opracowanie wyników

Analizę otrzymanego wyniku przeprowadzamy pod kątem wyznaczenia rozmiaru szczeliny na której ugięło się światło. W tym celu musimy dopasować dane eksperymentalne do teoretycznej zależności opisującej rozkład natężenia światła w przypadku ugięcia na pojedynczej szczelinie:

$$I(\theta) = I(0) \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad \text{gdzie} \quad \beta = \frac{kb}{2} \sin \theta$$

gdzie

k - wektor falowy

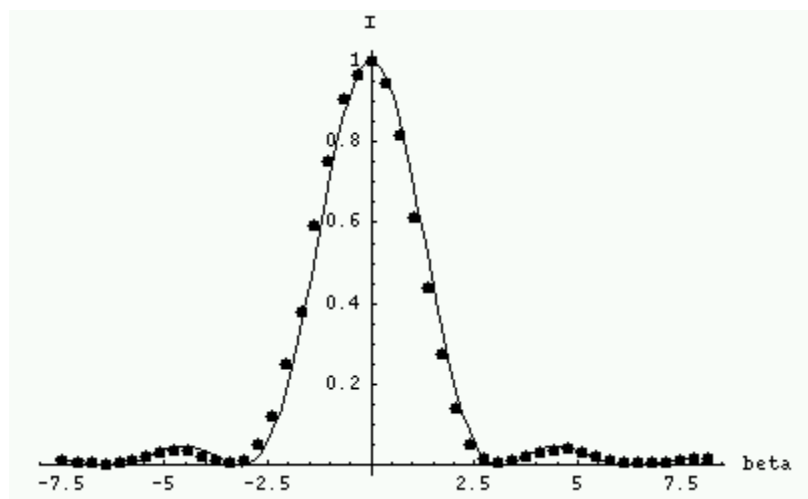
b - szerokość szczeliny

θ - kąt ugięcia

dla małych kątów możemy powyższe wyrażenie zapisać w postaci (patrz geometria układu):

$$\beta(y) = \frac{kb}{2} \frac{y}{\sqrt{y^2 + R^2}}$$

Ułatwieniem na drodze dopasowania jest przeskalowanie danych pomiarowych. Otrzymane z pomiaru natężenie należy unormować do jedynki, a wartości na osi y przeskalować tak by dla otrzymanego maksimum odpowiadało $y = 0$, a wartości przesunięcia zamienić na odpowiednie wartości kąta ugięcia. Poniższy wykres przedstawia punkty otrzymane na drodze pomiaru oraz wykres zależności do nich dopasowanej (rozmiar szczeliny $b = 0.13$ mm)



Rys. Wynik dopasowania danych pomiarowych zależnością teoretyczną. Wynik dla szczeliny 0.13 mm skalowany w parametrze Beta.

Podstawy programu w języku Mathematica. (nie całość !!!) Wygodne jest używanie polecenia Table do przekształcania danych. Pomoc do dowolnego polecenia to np: ??Plot.

```
lista1 = ReadList["dane-szczelina_01.dat", {Number, Number}]; (*odczyt danych z dysku*)  
ListPlot[lista1, PlotStyle -> PointSize[0.02], AxesLabel -> {"x [mm]", "I [V]"}]; (*rysowanie wykresu*)  
Plot[funkcja[parametr],{zakres zmian parameteru}]  
(* dodatkowe definicje*)  
lamb = 632 10^-9; (*Długość światła laserowego He - Ne*)  
k = 2 Pi/lamb; (*Wektor falowy*)  
<< Statistics`NonlinearFit` (*ściągamy pakiet do nieliniowego dopasowywania*)  
NonlinearFit[dane, postać_funkcji, x, {lista_parametrów}]
```

Sprawozdanie powinno zawierać:

- krótki opis wykorzystanego w pomiarze zjawiska fizycznego, układu pomiarowego i sposobu wykonania pomiaru
- zestawienie wyników pomiaru $I(x)$ w postaci wykresu

$$I(\theta) = I(0) \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2$$

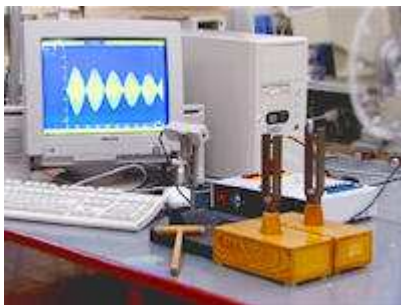
- wyniki dopasowania punktów pomiarowych zależnością wykres i postać dopasowanej funkcji oraz otrzymaną szerokość szczeliny dyfrakcyjnej
- wnioski z doświadczenia

Ćwiczenie: Interferencja fal w czasie – dudnienia

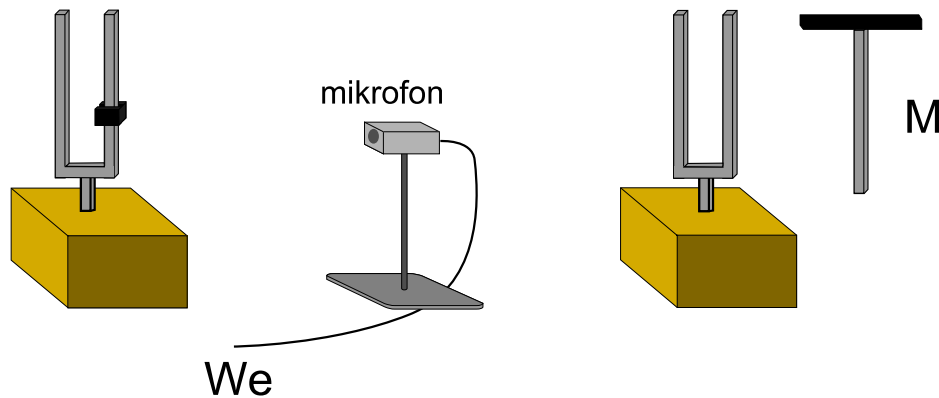
Zagadnienia

- rozchodzenie się fal akustycznych
- superpozycja fal
- analiza harmoniczna fal
- Układ pomiarowy

Układ pomiarowy przedstawiony jest na rysunku poniżej. Składa się on z mikrofonu Mi podłączonego do konsoli karty pomiarowej UIB (Wy1), dwóch kamertonów oraz młoteczka M. Do widełek jednego z kamertonów przymocowany jest kawałek metalu powodujący zmianę częstotliwości emitowanego dźwięku.



Rys. Zdjęcie układu pomiarowego.



Rys. Rysunek schematyczny układu do pomiaru dudnień

Przeprowadzenie pomiarów

Pomiar wykonujemy przy pomocy programu IPC4. Po podłączeniu wyjścia Wy do konsoli pomiarowej ustawiamy w podprogramie Multiskop czas pomiaru (jaki powinien być to czas ??). Następnie uderzamy w oba kamertony (powinny być słyszane wyraźne dudnienia - amplituda dźwięku z obu kamertonów powinna być zbliżona) i wywołujemy pomiar naciskając spację. Odczytane dane analizujemy przy pomocy podprogramu Analiza Sygnałów. Korzystając z analizy Fouriera wyznaczamy główne częstotliwości składowe naszego sygnału. Pomiar wykonujemy kilkukrotnie a otrzymane wyniki uśredniamy.

Wynik pomiaru dudnień (a) i analiza częstotliwościowa z wykorzystaniem transformaty Fouriera (b)

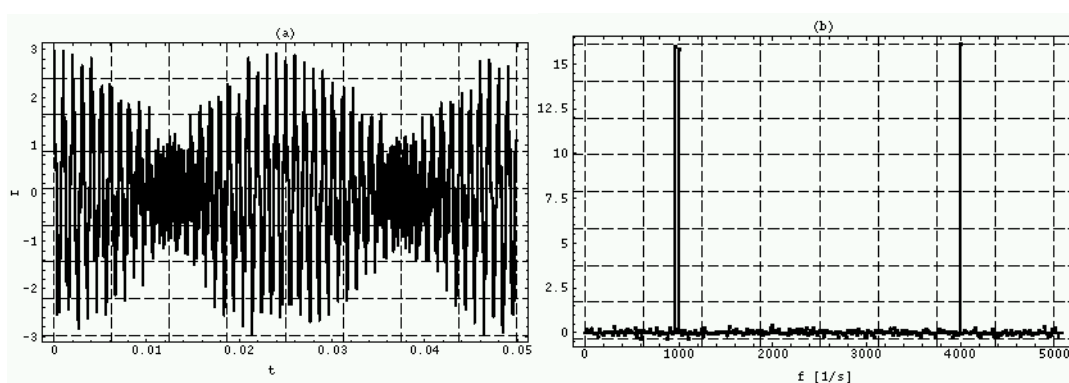
Opracowanie wyników

Fala wypadkowa w przypadku dudnień opisana jest zależnością:

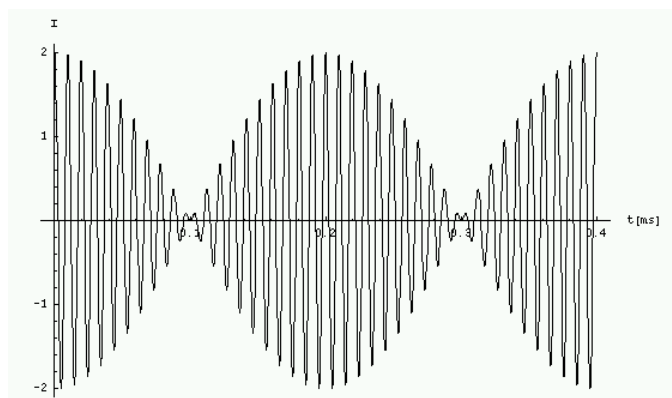
$$y = y_1 + y_2 = A_1 \cos(\omega_1 t) + A_2 \cos(\omega_2 t).$$

Naszym zadaniem poza pomiarem sygnału dudnień i wyznaczeniem częstotliwości składowych jest symulacja przebiegu amplitudy na podstawie zmierzonych częstotliwości Ω_1, Ω_2 . Dokonujemy tego w dowolnym opanowanym przez użytkownika oprogramowaniu. Korzystając z programu Mathematica konieczna jest znajomość następującej komendy:

```
Plot[postac_punkcji(x),{x,zakres_dolny,zakres_gorny}]
```



Wynik symulacji dudnień w programie Mathematica



Sprawozdanie powinno zawierać:

Krótki opis wykorzystanego w pomiarze zjawiska fizycznego, układu pomiarowego i sposobu wykonania pomiaru;

Zestawienie wyników pomiarowych: wykres sygnału dudnień zmierzonego i wygenerowanego - dla tego samego przedziału czasu T , wartości częstotliwości składowych dla przynajmniej 10-ciu pomiarów;

Wyniki pomiaru częstotliwości składowych dźwięku

wnioski z doświadczenia.

Ćwiczenie: Pomiar parametrów ruchu ciał przy pomocy kamery TV - ruch piłeczki na równi pochyłej

Zagadnienia

- równia pochyła
- moment bezwładności
- ruch postępowo - obrotowy ciała sztywnego

Układ pomiarowy

Układ pomiarowy składa się z równi pochyłej, piłeczki oraz komputera z kartą umożliwiającą zapisywanie obrazu z kamery TV do niej podłączonej. Jako wzorzec odległości może posłużyć sama równia bądź dowolnie skonstruowana skala (np. drewniana linijka). Do obróbki zarejestrowanego obrazu używa się oprogramowania: PixelView, AviEdit, MsPaint.

Przeprowadzenie pomiarów

Wykonanie pomiaru polega na ustawieniu równi tak by w całości była obejmowana obiektywem kamery oraz by nie występowały zniekształcenia geometryczne obrazu (odpowiednia wartość ogniskowej obiektywu). Obok, a najlepiej w tej samej płaszczyźnie co równia powinien być ustawiony wzorzec odległości (o ile nie korzystamy z równi). Do podglądu obrazu używamy oprogramowania PixelView. Przy jego pomocy dokonujemy także rejestracji ruchu a otrzymana w ten sposób sekwencja posłuży nam następnie do analizy ruchu. Należy zwrócić uwagę na ustawienia program PixelView:

ilość klatek zrzucanych w ciągu sekundy (domyślnie 15) - jak ten parametr wpływa na pomiar ?

nie powinna być ustawiona opcja kompresji obrazu - powoduje opóźnienia w działaniu komputera a tym samym wpływa na otrzymany wynik

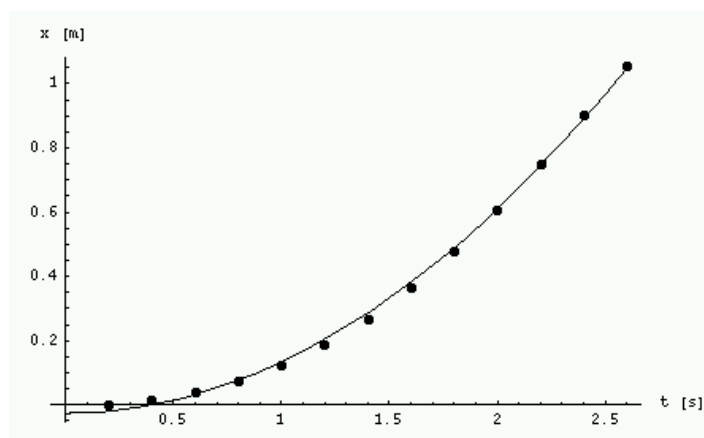
Pomiary należy powtórzyć dla dwóch położen kątowych równi.



Rys. Kolejne fazy ruchu piłeczki na równi rejestrowane kamerą TV podłączoną do komputera.

Opracowanie wyników

Opracowanie danych z pomiaru można rozdzielić na dwie części. Pierwszą z nich wymaga obróbki sekwencji wideo zapisanej na dysk. W tym celu służy program AviEdit umożliwiający zapisanie na dysk kolejnych klatek filmu jako oddzielnych plików w formacie BMP, oraz odczytania czasu związanego z daną klatką od razu. Następnie przy pomocy programu MsPaint dokonujemy odczytu położenia piłeczki na obrazie. Dokonujemy tego odczytując położenie w pikselach wskaźnika myszy. Pamiętać musimy o tym aby dla każdego zdjęcia wskazywać na ten sam element piłeczki (np środek). W podobny sposób odczytujemy położenie wzorca na ekranie co pozwoli nam przeskalać wartości w pikselach na odległość w metrach. Określenie położenia piłeczki należy wykonać przynajmniej dla dziesięciu różnych obrazków.



Rys. Wykres punktów pomiarowych i dopasowana do nich zależność ($\alpha = 70$).

Druga część analizy ruchu polega na dopasowaniu danych doświadczalnych zależnościom

$$x(t) = x_0 + a \frac{t^2}{2}$$

$$v(t) = v_0 + a t$$

porównaniu otrzymanych wartości przyspieszenia i prędkości z teoretycznymi wartościami tych parametrów wynikających z teorii ruchu postępowo - obrotowego ciała sztywnego.

Podstawowe polecenia programu w Mathematic –e

```
list= ReadList["sciezka_do_pliku\"nazwa_pliku",{Number,Number}] (*odczyt danych z pliku*)
```

```
pic1 = ListPlot[list] (* rysowanie wykresu*)
```

```
<<Statistics\NonlinearFit` (*ściągamy pakiet do dopasowania funkcji nieliniowych*)
```

```
NonlinearFit[lista,postac_funkcji(x),x,
```

```
{parametry_dopasowania_po_przecinkach}] (*znajdujemy dopasowanie*)
```

```
pic2 = Plot[postac_funkcji,{x,zakres_dolny,zakres_gorny}] (*rysujemy dopasowanie*)
```

Show[pic1,pic2] (* dane pomiarowe i dopasowanie razem *)

Przydatne może być użycie polecenia Table i ?? nazwa_polecenia <- wywołanie pomocy na temat danego polecenia

Sprawozdanie powinno zawierać:

- krótki opis wykorzystanego w pomiarze zjawiska fizycznego, układu pomiarowego i sposobu wykonania pomiaru
- opis sposobu skalowania danych z obrazu na rozmiary rzeczywiste
- zestawienie wyników pomiarowych pomiaru $x(t)$ w postaci wykresu
- wyniki dopasowania punktów pomiarowych zależnościami: $x(t) = x_0 + a \frac{t^2}{2}$; $v(t) = v_0 + a t$,
- wykres i postać dopasowanej funkcji
- wnioski z doświadczenia

Ćwiczenie: Pomiar prędkości dźwięku z wykorzystaniem multimedialnego Komputera PC

Falę stojącą możemy potraktować jako wynik interferencji dwóch fal biegnących z przeciwnymi zwrotami ($F_1(x,t)$ i $F_2(x,t)$). Możemy to wykazać poprzez zsumowanie fali $F(x,t)$, danej wzorem

$$(1) F_1(x,t) = A \sin\left(2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right)$$

i fali $F(x,t)$, danej wzorem

$$(2) F_2(x,t) = A \sin\left(2\pi\left(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T}\right)\right).$$

Wykorzystamy przy tym związek

$$\sin(\alpha) + \sin(\beta) = 2 \sin\left[\frac{\alpha + \beta}{2}\right] \cos\left[\frac{\alpha - \beta}{2}\right]$$

Dodając wzór 1 do wzoru 2 dostajemy:

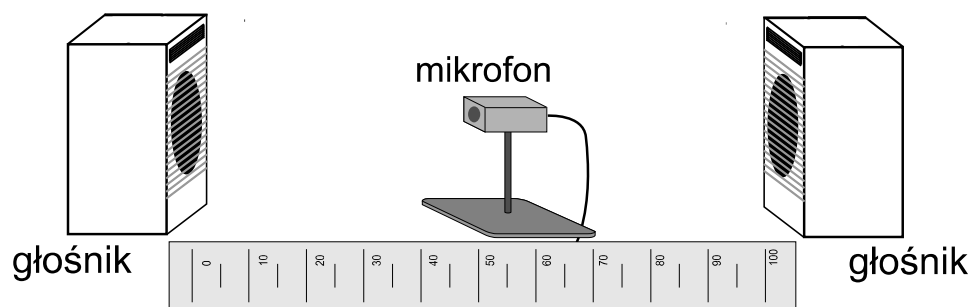
$$(3) F(x,t) = A \sin\left(2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right) + A \sin\left(2\pi\left(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T}\right)\right) = \\ = 2A \sin\left(2\pi\frac{x}{\lambda}\right) \cos\left(2\pi\frac{t}{T}\right).$$

Wielkości λ i T , występujące we wzorze 3 są tymi samymi wielkościami, które występują we wzorach 1 i 2. A więc związek pomiędzy λ i v dla fal biegnących i fal stojących musi być taki sam.

Nasz pomiar opiera się na zbadaniu długości stojącej fali dźwiękowej o ustalonej częstotliwości, dzięki czemu ze wzoru

$$(4) v = f \cdot \lambda$$

możemy w bardzo prosty sposób wyliczyć prędkość rozchodzenia się fali dźwiękowej w powietrzu. Do pomiaru wykorzystujemy komputer wraz z mikrofonem, zestawem głośników oraz typową kartą dźwiękową.



Rys. Schemat układu do pomiaru prędkości dźwięku.

Za pomocą programu Cool Edit Pro możemy przy użyciu mikrofonu odczytać wartość chwilowego natężenia dźwięku. Przy pomocy programu FX generujemy falę o znanej częstotliwości. Najmniejsze natężenie dźwięku występuje w węźle fali stojącej. Przesuwając mikrofon między dwoma naprzeciw siebie ustawionymi źródłami fali akustycznej (głośnikami) o częstotliwości f odnajdujemy odległość

między dwoma kolejnymi węzłami. Odległość ta jest połówką długości fali. Podstawiając wartość λ i f do wzoru 4 otrzymujemy wartość prędkości dźwięku.

Przykładowe pomiary :

$$f = 1500 \text{ Hz} - \lambda = 21 \text{ cm} \quad ? \quad v \quad ? \quad 315 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f = 2000 \text{ Hz} - \lambda = 16,5 \text{ cm} \quad ? \quad v \quad ? \quad 330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f = 1000 \text{ Hz} - \lambda = 32 \text{ cm} \quad ? \quad v \quad ? \quad 320 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{sr}} = 321,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ćwiczenie: Wyznaczanie czasu połowicznego zaniku promieniotwórczej substancji.

Cel:

Wyznaczenie czasu połowicznego zaniku izotopu U-238/Pa-234m

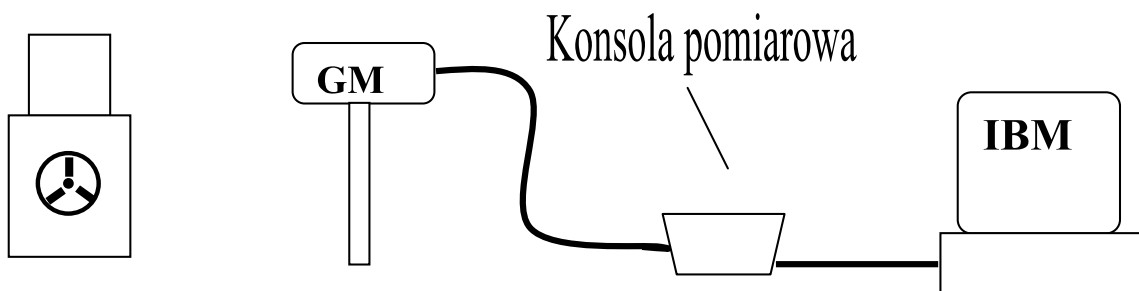
Metoda pomiarowa.

Przemiana β izotopu protaktynu Pa-234m umożliwia pomiar licznikiem GM promieniowania β i na tej podstawie czas połowicznego zaniku.

Oprzężenie.

- kapsuła z preparatem promieniotwórczym U-238/Pa-234m,
- licznik GM,
- interfejs COACH,
- mikrokomputer typu IBM.

Schemat układu doświadczalnego umożliwiającego pomiar czasu połowicznego zaniku promieniotwórczej substancji przedstawiony jest na rys. 1. Składa się on z kapsuły hermetycznie zamkniętej w której znajduje się substancja promieniotwórcza, oraz układu detekcji promieni beta. Promienie beta są zliczane licznikiem GM, którego sygnał podawany jest poprzez interfejs COACH do komputera typu IBM.



Rys. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania czasu połowicznego zaniku.

Przygotowanie układu i komputera do pracy.

- Uruchom program **COACH** (LABFIZ –Programy)
- W menu <PROGRAMY> naprowadź kursor na <DEMONSTRACJA> a następnie naciśnij klawisz ENTER,
- Naprowadź kursor na <PROGRAMY> i uruchom program <DEMONSTRACJA>,

-Następnie w okienku <NASTAWIENIA POMIARU> ustaw np.:

Okres 10s

Czas pomiaru 9s

Tryb Liczba impulsów

-Wciśnij klawisz ESC, w okienku <POMIAR>, naprowadź kursor na <START> oraz zatwierdź to wciśnięciem klawisza ENTER.

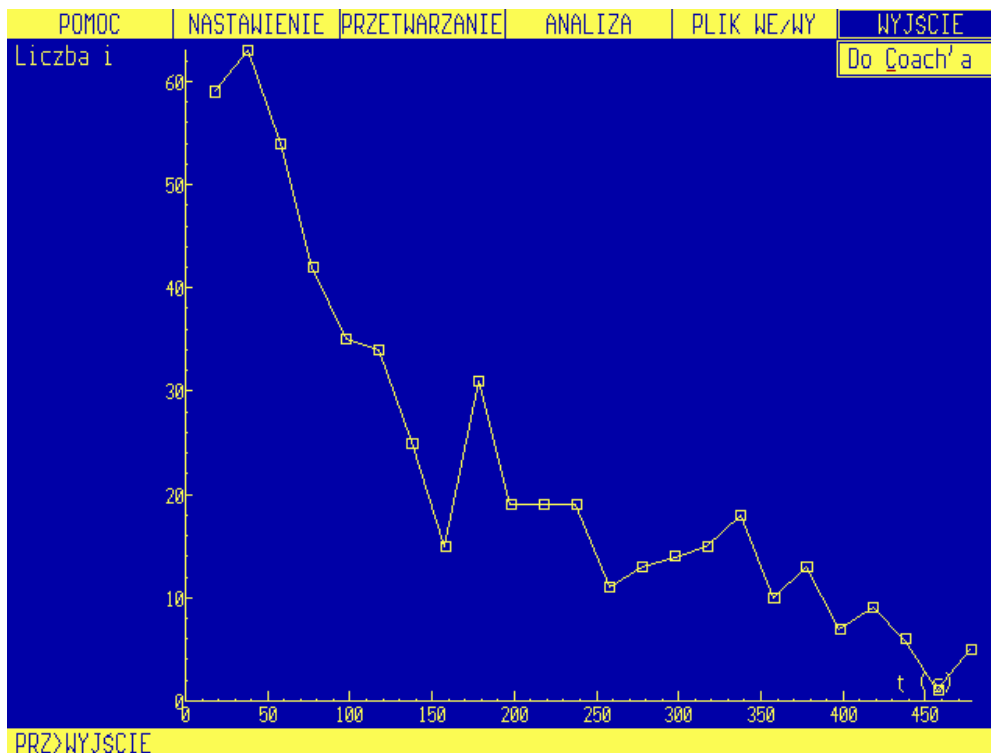
-W celu rozpoczęcia pomiaru należy wcisnąć klawisz SPACJA,

-Przerwanie pomiaru następuje po wciśnięciu klawisza ESC.

Proponowana procedura pomiarowa.

- Potrząśnij kapsułą z preparatem radioaktywnym, zgodnie z instrukcją fabryczną,
- Po przygotowaniu komputera do pracy wciśnij klawisz SPACJA rozpoczynając zliczanie impulsów,
- Po wykonaniu pomiarowych przerwij pomiar klawiszem ESC.

Przykładową zależność ilości zliczonych cząstek beta w funkcji czasu przedstawiono na rysunku 2. Dopasowanie do przedstawionego wykresu funkcji typu eksponens pozwoliło wyliczyć czas połowicznego zaniku badanej substancji promieniotwórczej: 90 ± 20 sek.



Rys. Przykładowa zależność ilości zliczonych cząstek beta w funkcji czasu badanego izotopu.

Ćwiczenie: Pomiar przyspieszenia ziemskiego metodą rury Faraday'a

Cel:

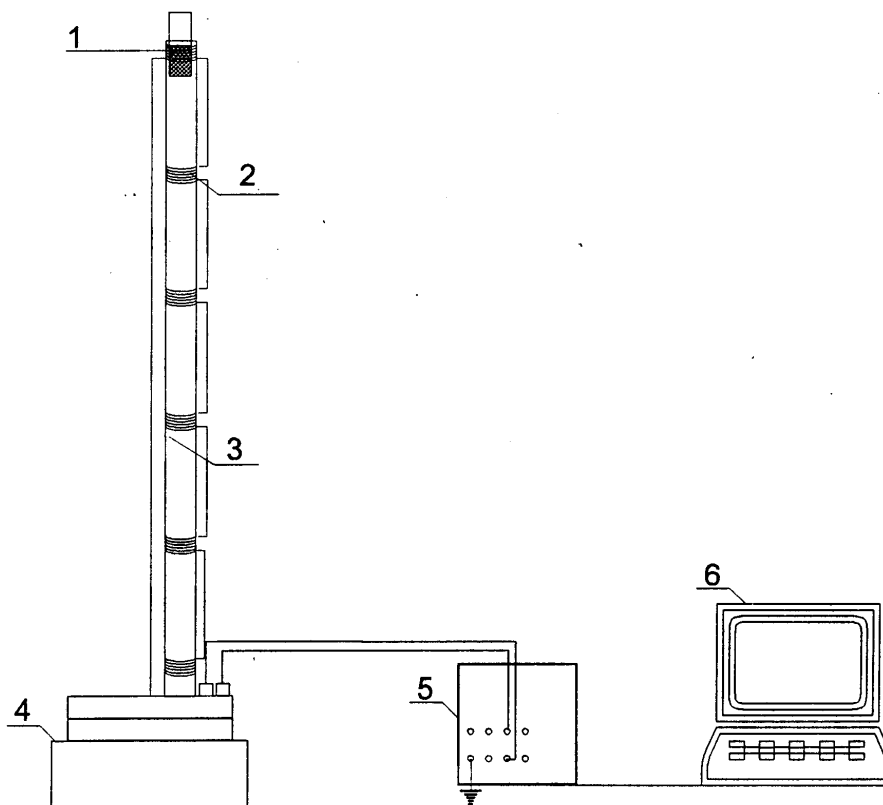
Celem ćwiczenia jest wyznaczenie stałej przyspieszenia ziemskiego.

Metoda pomiarowa:

Swobodny spadek magnesu trwałego przez kolejne cewki powoduje indukowanie się w nich siły elektromotorycznej.

Oprzężenie:

- Interfejs Coach,
- Konsola pomiarowa,
- Rura Faraday'a,
- Magnes trwały.



Rys. Zestaw do wyznaczania przyspieszenia ziemskiego za pomocą rury Faraday'a.

Objaśnienia do rysunku: 1- magnes stały, 2- cewka indukcyjna (razem 6), 3- rura z metapleksu, 4- podstawa układu, 5- konsola pomiarowa, 6- komputer.

Zestaw doświadczalny składa się z pionowo ustawionej rury o długości $L=1,20\text{m}$ wykonanej z metapleksu. W odległości $0,08\text{m}$ od górnego jej końca znajduje się pierwsza cewka pomiarowa. Następne cewki (6 sztuk) nawinięte są co $0,21\text{m}$. Każda z cewek ma długość 1cm , średnicę wewnętrzną $1,4\text{cm}$, zewnętrzną $1,8\text{cm}$ i składa się z równej ilości 20 zwojów drutu miedzianego o przekroju $0,4\text{mm}$. Cewki połączone są szeregowo i zwarte przez kondensator o pojemności 22nF . Stały magnes o długości 3cm i średnicy $0,8\text{cm}$ może spadać swobodnie wewnątrz rury z metapleksu z nawiniętymi cewkami. Ruch magnesu względem cewek powoduje, że w obwodzie indukuje się napięcie, które rejestrowane jest na jednym z kanałów analogowych konsoli pomiarowej. W tym przypadku jest to kanał trzeci lub czwarty.

Przygotowanie układu i komputera do pracy.

1. Połącz zaciski wyjściowe układu cewek z mikrokomputerem zawierającym interfejs (program COACH) poprzez konsolę pomiarową (kanał 3 lub 4),

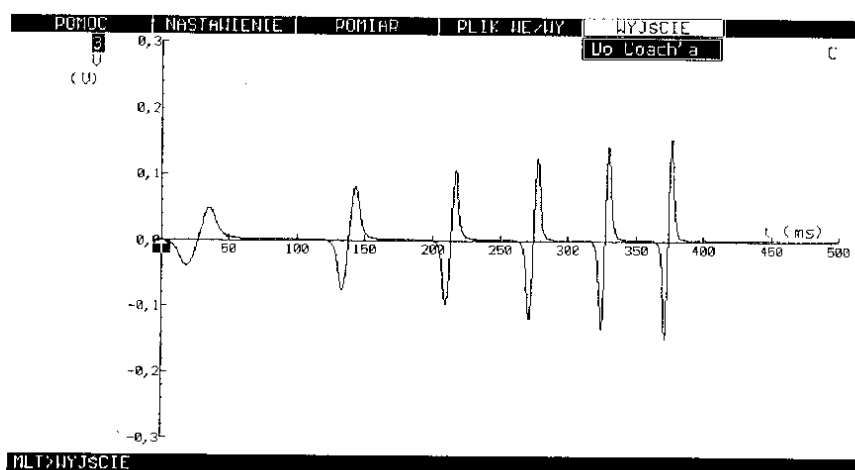
Wprowadź program COACH i naciśnij klawisz <Enter>, na ekranie komputera, w postaci okna, pojawi się menu programu głównego. W menu głównym wybierz podprogram Multiskop i przystąp do zaplanowania pomiaru poprzez opcję <Nastawienie pomiaru>. Opcja ta znajduje się w menu programu Multiskop w kolumnie <Nastawienie>.

2. Naprowadź kursor na okienko <POMIAR> menu głównego podprogramu Multiskop.

Proponowana procedura wykonania pomiarów

1. Ustaw magnes pionowo w górnym końcu rurki tak aby był równo oddalony od ścianek i połowa jego długości znajdowała się we wnętrzu rurki.

2. Upuść magnes, wyzwalenie pomiaru nastąpi automatyczne i zacznie się gdy napięcie w układzie przekroczy wartość $0,00\text{ [V]}$.



Rys. Wykres przedstawiający zarejestrowane wartości napięć z sześciu cewek pomiarowych podczas przelotu magnesu z wykorzystaniem programu IP-Coach.

Z powyższego wykresu, na którym zarejestrowano wynik generowania siły elektromotorycznej w cewkach w czasie swobodnego spadku magnesu, wynika, że: a) - czas pojawienia się kolejnych maksimum maleje, co przy stałych odległościach między kolejnymi cewkami wskazuje, że prędkość ruchu magnesu rośnie, b) – wzrastająca prędkość świadczy o tym, że magnes porusza się ruchem przyspieszonym.

Znając odległość między cewkami $d = 0.21\text{m}$. oraz zmierzone czasy t przelotu magnesu przez cewki można obliczyć średnie prędkości i przyspieszenia dla każdego odcinka między cewkami.

Teoria.

W zamkniętym obwodzie elektrycznym w postaci cewki o ilości zwojów N znajdującym się w zmiennym polu magnetycznym powstaje siła elektromotoryczna indukcji E w postaci:

$$E = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}, \quad (1)$$

Po wstawieniu konkretnej wartości strumienia magnetycznego w cewce, wartość siły elektromotorycznej E ma postać:

$$E = -N \cdot v \cdot \int dB_z/dz \cdot (2\pi r) dr \quad (2)$$

gdzie v oznacza prędkość magnesu, r promień cewki, z oznacza kierunek prostopadły do powierzchni cewki a B_z jest składową indukcji magnetycznej prostopadłą do powierzchni cewki.

Widać, że całka w równaniu (2) jest stała dla każdego położenia magnesu. Stąd wnioskujemy, że indukowane napięcie jest wprost proporcjonalne zarówno do prędkości magnesu oraz liczby zwojów cewki.

Prędkości chwilowe biegunów magnesu w cewkach oblicza się z zależności prędkości od przyspieszenia i czasu ruchu dla spadku swobodnego

$$z = g \cdot t^2 / 2$$

i

$$v = g \cdot t$$

(3)

Ćwiczenie: Badanie własności promieniowania rentgenowskiego.

Cel:

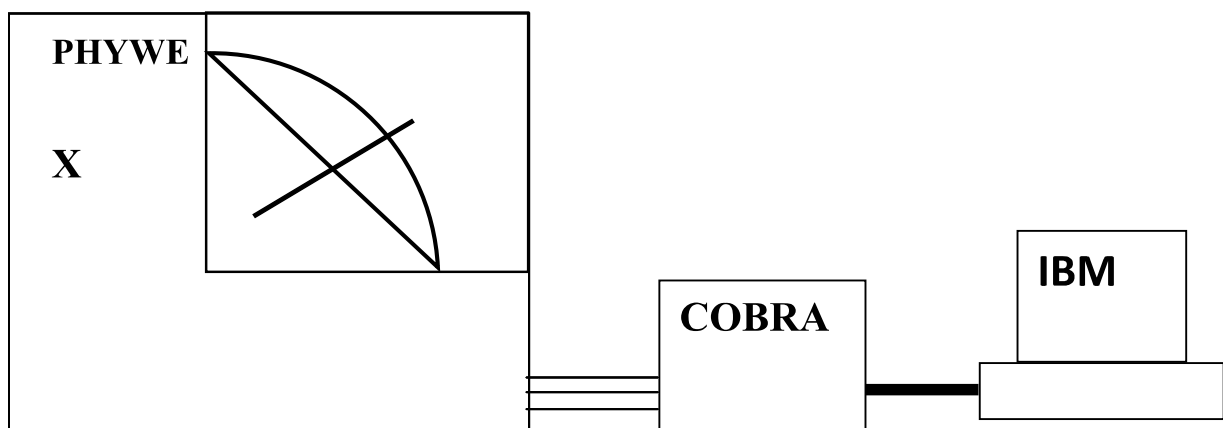
Badanie rentgenowskiego promieniowania hamowania i charakterystycznego miedzianej anody w zależności od napięcia przyspieszającego anody oraz kąta Θ (kąt pomiędzy kierunkiem promieni X, a płaszczyzną kryształu) rozpraszania na kryształach KBr i LiF.

Metoda pomiarowa:

Emitowane z miedzianej anody promienie X (hamowania i charakterystyczne) ulegają dyfrakcji Bragga na kryształach. Konstruktywne interferencje pojawiają się przy określonych kątach padania promieni X względem płaszczyzn krystalicznych kryształu. Odpowiadające maksimum kąty Bragga mogą posłużyć do obliczenia długości fali oraz poziomom energii promieniowania.

Oprzyrządowanie:

- aparat rentgenowski firmy Phywe,
 - kryształy rozpraszające KBr i LiF,
 - detektor promieni X (licznik GM),
 - interfejs Cobra,
 - komputer typu IBM.
- Układ eksperymentalny przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1 Schemat układu eksperymentalny do badania promieniowania rentgenowskiego.

Układ eksperymentalny składa się z trzech zasadniczych urządzeń: -aparatu rentgenowskiego firmy Phywe, interferesu Cobra oraz komputera typu IBM. W aparacie rentgenowskim promienie X emitowane z miedzianej anody padają na kryształ np. KBr pod określonym kątem Θ , ulegając po rozproszeniu konstruktywnej dyfrakcji. Pojawia się to, gdy różnica dróg partialnych fal sąsiednich płaszczyzn sieciowych równa się całkowitej wielokrotności długości fali (opisane tzw. równaniem Bragga). Dzięki możliwości obrotu ramienia z zamocowanym kryształem rozpraszającym i detektorem można uzyskać charakterystykę intensywności rozproszonego promieniowania X w funkcji kąta Θ . Na rysunku 2 przedstawiono zależność intensywności od kąta Θ przy rozpraszaniu na monokryształ LiF i napięciu anodowym $U=25$ kV. Przedstawiona na rys. 2 zależność składa się z części promieniowania odpowiadająca tzw. promieniowaniu charakterystycznemu oraz kilku pikom tzw. promieniowania charakterystycznego anody miedzianej.

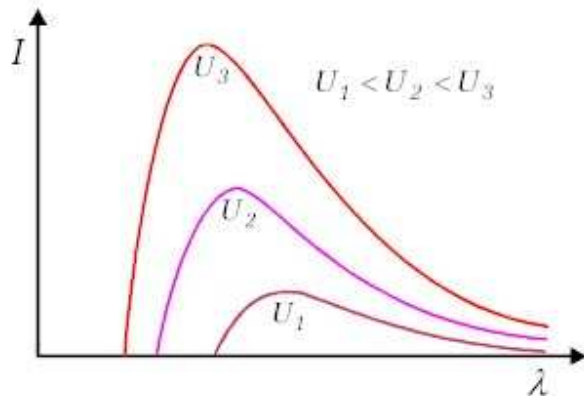
Przygotowanie układu i komputera do pracy:

Przy otwartej szybie aparatu rentgenowskiego należy: założyć szczelinę w horyzontalnej pozycji przed detektorem GM, 2 milimetrowy kolimator kołowy na wyjściu wiązki promieni X oraz badany kryształ np. LiF do uchwytu.

Proponowana procedura pomiarowa:

- Włącz aparat rentgenowski do sieci oraz uruchom program w komputerze,
- Wyzeruj położenie ramienia obrotu odpowiednim przyciskiem na aparacie,
- W opcji **<set>** **<representation>** określ zakresy min i max współrzędnych X i Y,
- Wybierz z opcji **<measure>** **<calibrate>** i zatwierdź **<ok>** przed kolejnym pomiarem,
- Wybierz z opcji **<measure>** **<parameters>** warunki eksperymentu np.: **<crystal>** rodzaj kryształu **<LiF...>**, jednostki na osi x **<counter tube angle>**. Wprowadź **<name of measurement>** oraz żądane napięcie przyspieszające lampy promieni X **<tube voltage...>** np. 25.0. Zatwierdź wszystko **<ok>**,
- Obróć kryształ w aparacie o kąt ok. 5° (używając przycisku z lewej strony spośród czterech przycisków na obudowie aparatu),
- Wybierz prędkość ruchu ramienia np. v_1 ,
- Zamknij szybę osłaniającą aparatu rentgenowskiego i ustaw wielkość napięcia na 25kV używając przycisku „+”,
- Wybierz opcje **<measure>****<start>** zatwierdzając przez **<ok>** -komputer jest gotowy do pomiaru. Uruchom pomiar wciskając „auto” aparatu rentgenowskiego,
- Gdy ramię detektora osiągnie pozycję prostopadłą, wyłącz napięcie aparatu oraz wciśnij klawisz **<ESC>** komputera w celu przerwania pomiaru,
- Pomiar możesz zapisać na twardym dysku komputera poprzez wejście do opcji **<file>** i wybór **<save>**,

-Pomiar można powtórzyć przy innych napięciach przyspieszających np. 20, 15 i 10 kV.



Rys. Widmo emisyjne promieniowania rentgenowskiego lampy z anodą miedzianą przy napięciach przyspieszających

Wyniki pomiarów.

1. Na tle ciągłego widma promieniowania hamowania wyróżniają się dwie charakterystyczne linie wynoszące w jednostkach energii 8.86 keV i 8.00 keV. Różnią się one tylko nieznacznie (mniej niż 1%) od danych literaturowych. Diagram zawiera również niewielki pik dla 4.4 keV, który odpowiada drugiemu rzędowi dyfrakcji linii emisyjnej K (rys. 2).

2. Trzy wyraźne maksima widoczne we wszystkich pomiarach nie zmieniają swego położenia energetycznego, pomimo zmian napięcia przyspieszającego lampy rentgenowskiej, dowodząc, że struktura widma nie jest efektem tego napięcia. Napięcie przyspieszające lampy ma jedynie wpływ na natężenie promieniowania.

Charakterystyka promieni rentgenowskich

Promieniowanie rentgenowskie jest falą elektromagnetyczną o długości w zakresie $0.1 < \lambda < 100 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$). Tzw. **promieniowanie hamowania** powstaje podczas hamowania szybkich elektronów przez tarczę metalową (anodę). W procesie tym energia kinetyczna elektronów (zwykle uzyskana dzięki przyspieszeniu elektronów w silnym polu elektrycznym ulega częściowej lub całkowitej zamianie na promieniowanie elektromagnetyczne. W zależności od rodzaju zderzenia, elektrony tracą różne ilości energii, dlatego energia powstających kwantów promieniowania $E = hc/\lambda$ oraz odpowiadające im długości fali λ obejmują szeroki zakres wartości, tworząc widmo ciągłe, nazywane **promieniowaniem białym, ciągłym lub hamowania**.

Jeżeli energia elektronów jest dostatecznie duża, by wybić elektrony z wewnętrznych powłok atomów materiału anody to towarzyszy temu emisja promieniowania rentgenowskiego o dyskretnym rozkładzie

energii. Spowodowane jest to przechodzeniem elektronów z wyższych poziomów energetycznych na poziomy energetyczne, z których zostały wybite elektrony. Przejściom takim towarzyszy emisja kwantu promieniowania o energii ΔE równej różnicy energii poziomów, pomiędzy którymi nastąpiło przejście. Promieniowanie to nazywa się **promieniowaniem charakterystycznym**.

Analiza promieniowania rentgenowskiego.

Analiza promieniowania rentgenowskiego możliwa jest przy użyciu kryształu. Kiedy promieniowanie rentgenowskie pada pod określonym kątem Θ względem pewnej rodziny płaszczyzn sieciowych (rys. 3), to w wiązkę odbitej pod tym samym kątem Θ , na skutek wzmocnienia interferencyjnego, pozostaną tylko fale o dyskretnych długościach. Decyduje o tym różnica dróg falowych partialnych fal odbitych od sąsiednich płaszczyzn krystalograficznych. Tylko te λ_n będą rejestrowane dla których spełniony jest *warunek Bragga*, tj. gdy różnica dróg falowych pomiędzy sąsiednimi promieniami równa się całkowitej wielokrotności długości fali:

$$2d\sin\theta = n\lambda_n \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

gdzie:

d – odległość pomiędzy sąsiednimi płaszczyznami krystalograficznymi,

n – rząd ugięcia.

Zmieniając kąt padania wiązki promieni X na kryształ, można wybierać z widma padającego promieniowania fale o różnych długościach. Zatem można obserwować pełne widmo promieniowania oraz określać jego charakterystyczne elementy. Jeśli założymy, że d jest znane, to możemy wyznaczyć z równania (1) charakterystyczne długości fal, a następnie energie z zależności:

$$E_n = h\nu = hc/\lambda \quad (2)$$

Gdzie:

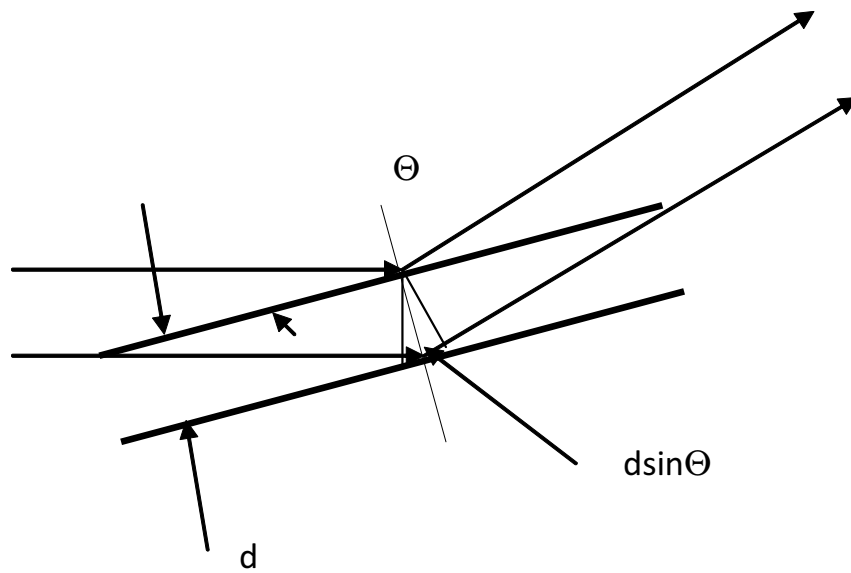
h – stała Plancka,

c – prędkość światła,

ν - częstość promieniowania.

Łącząc równania (1) i (2) otrzymujemy:

$$E_n = nhc / 2d \sin\theta \quad (3)$$



Rys.3 Rozpraszanie Bragga na płaszczyznach sieci krystalograficznej, gdzie d oznacza odległość między płaszczyznami kryształu, θ - kąt pomiędzy płaszczyzną kryształu a kierunkiem padania promieni X.

Ćwiczenie: Badanie rozpraszania Rutherforda.

Cel:

Celem ćwiczenia jest obserwacja rozpraszania cząstek α na cienkiej folii z Au lub Al, wyznaczenie zależności ilości cząstek α od kąta rozproszenia Θ , liczby masowej Z - sprawdzenie wzoru oraz modelu atomu Rutherforda.

Metoda pomiarowa:

Emitowane w komorze próżniowej cząstki α rozpraszane są na cienkiej folii Au lub Al. Zależność ilości rozproszonych cząstek $dN(\Theta)$ mierzona jest detektorem cząstek α w zakresie kątów $\pm 150^\circ$.

Oprzętowanie:

komora próżniowa Rutherforda,

folie aluminiowe z Au lub Al,

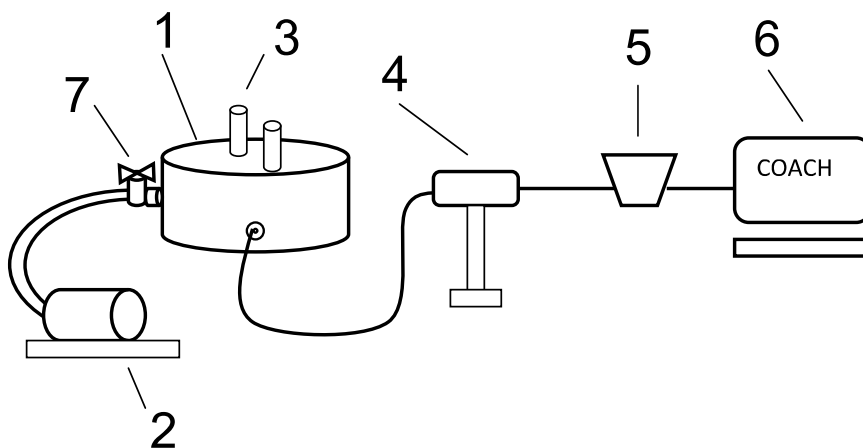
pompa próżniowa,

preparat Am-241,

wzmacniacz,

interfejs COACH.

Schemat blokowy układu doświadczalnego przedstawiony jest na rys. 1

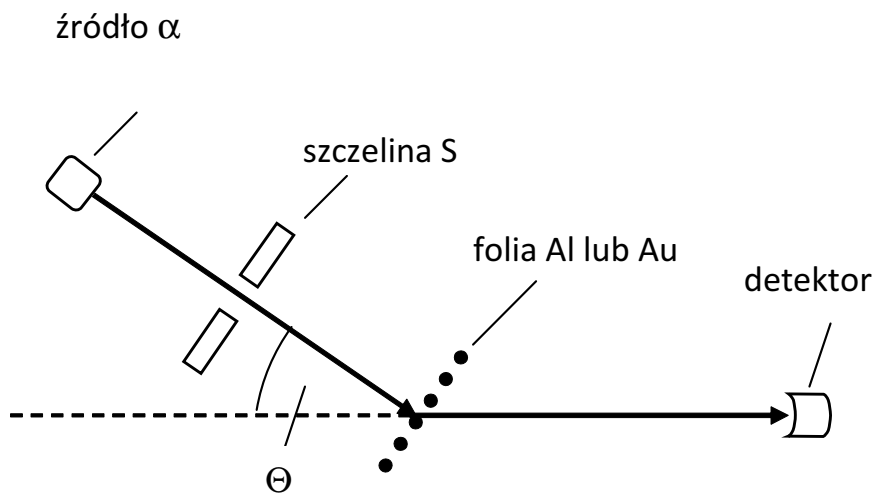


Rys. 1 Schemat blokowy układu doświadczalnego do badania rozpraszania cząstek alfa. Oznaczenia na rysunku, 1 –komora próżniowa, 2 –pompa próżniowa, 3 –pokrętło obracająca źródło i folię, 4 –wzmacniacz, 5 –konsola pomiarowa, 6 –komputer z interfejsem Coach, 7 –zawór odcinający pompę.

Układ eksperymentalny składa się z komory próżniowej w kształcie cylindra (1) z której powietrze zostało wypompowywane za pomocą pompy próżniowej (2). We wnętrzu komory znajduje się źródło cząstek alfa, którym jest preparat Am-241. Źródło cząstek α zamocowane jest na ramieniu osadzonym w szklanej pokrywie komory w odległości ok. 5 cm od folii z Al lub Au na której promienie α padając prostopadłe do powierzchni folii ulegają rozproszeniu. Cząstki alfa kolimowane są wąską szczeliną S (rys.2) umieszczoną przed folią. Źródło α oraz folia rozpraszająca mogą być obracane (na tle skali na szkle pokrywy) z zewnątrz komory za pomocą pokrętła (3) z osią obrotu w miejscu zamocowania folii. Zakres obrotu o kąt Θ wynosi około $\pm 150^\circ$. Rozproszone na folii cząstki alfa rejestrowane są detektorem promieni alfa typu fotodioda BPY12, który zamocowany jest na stałe w korpusie komory. Sygnał z detektora rejestrującego cząstki alfa, podawany jest na wzmacniacz (4) i dalej w postaci impulsów na wejście konsoli pomiarowej (5) i interfejs COACH do komputera.

Opracowany został wariant umożliwiający przetworzenie kąta teta na postać cyfrową. W tym celu na pokrętle (3) zamocowany może być obrotowy potencjometr, którego obrót (wraz z pokrętle) powoduje zmianę napięcia potencjometru proporcjonalną do kąta obrotu Θ . Napięcie z potencjometru może być podawane również do komputera.

Schemat przedstawiający zjawisko rozpraszania cząstek alfa pokazuje rys. 2.



Rys. 2 Schemat przedstawiający zjawisko rozpraszania Rutherford'a.

Przygotowanie układu i komputera do pracy.

Przy otwartym zaworze przy komorze należy odpompować pompą próżniową powietrze z komory do ciśnienia mniejszego niż ok. 0.5 hPa. Następnie zamknąć zawór i wyłączyć pompę.

- Uruchom program COACH (LABFIZ –Programy)

W menu <PROGRAMY> naprowadź kursor na <DEMONSTRACJA> a następnie naciśnij klawisz ENTER,

Naprowadź kursor na <PROGRAMY> i uruchom program <DEMONSTRACJA>,

Następnie w okienku <NASTAWIENIA POMIARU> ustaw np.:

Okres 10s

Czas pomiaru 9s

Tryb Liczba impulsów

Wciśnij klawisz ESC, w okienku <POMIAR>, naprowadź kursor na <START> oraz zatwierdź to wciśnięciem klawisza ENTER.

- W celu rozpoczęcia pomiaru należy wcisnąć klawisz SPACJA, Przerwanie pomiaru następuje po wciśnięciu klawisza ESC.

Proponowana procedura pomiarowa.

Ustaw za pomocą pokrętła (3) położenie źródła i folii rozpraszającej na kąt zero stopni,

Po przygotowaniu komputera do pracy wciśnij klawisz SPACJA rozpoczynając zliczanie impulsów,

Po wykonaniu np. 5 cykli pomiarowych przerwij pomiar klawiszem ESC,

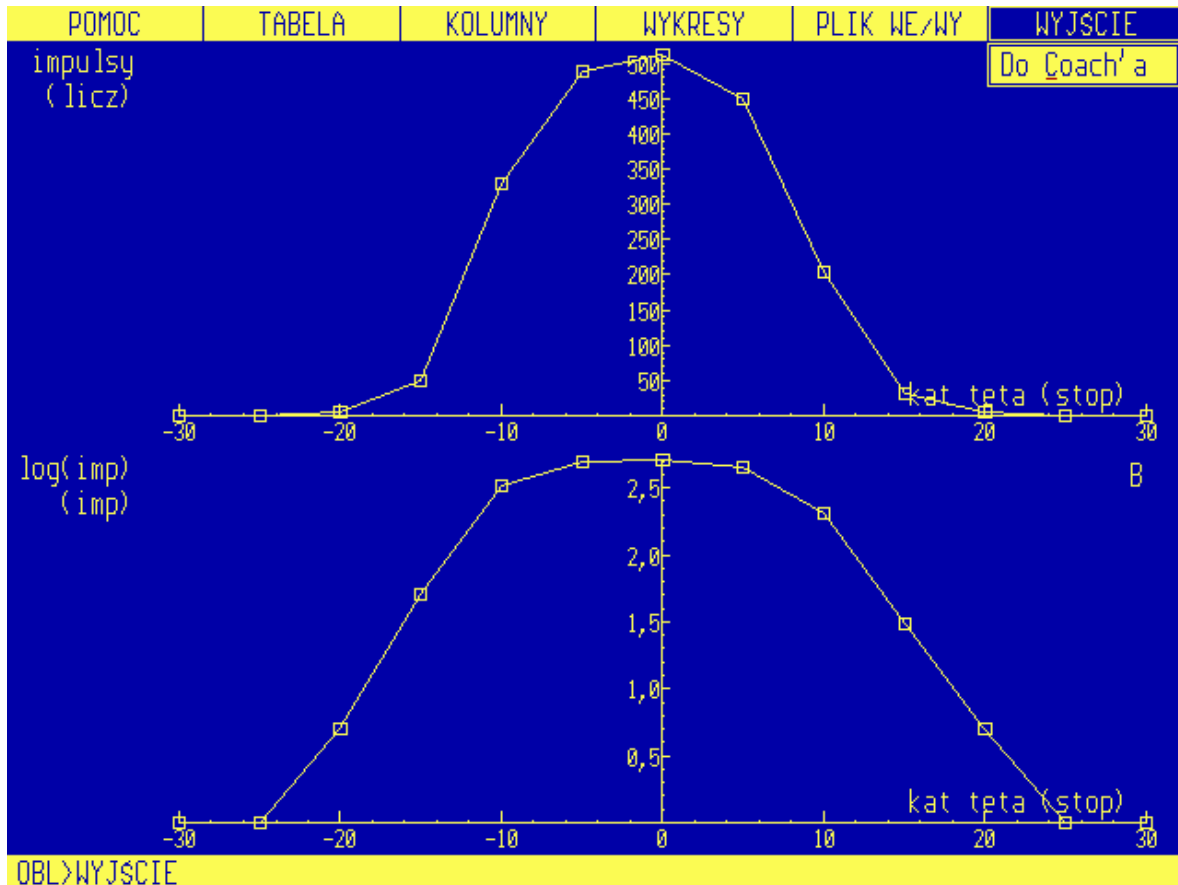
Z powyżej uzyskanych pomiarów można wyliczyć np. średnią, wykorzystując odpowiednie możliwości programu COACH <OBLICZENIA>,

Zmieniając kąt rozpraszania Θ poprzez obrót pokrętła na komorze otrzymuje się zależność ilości rozproszonych cząstek alfa od tego kąta. Przy wymianie folii rozpraszającej z Au na Al należy zawór próżniowy otworzyć, likwidując próżnię i następnie odstąpić pokrywę komory i wymienić folię. Następnie powtórzyć procedurę uzyskania próżni jak poprzednio.

Na rysunku 3 podano przykładową zmierzoną zależność impulsów odpowiadających ilości rozproszonych cząstek alfa na folii z Au od kąta Θ . Wykres rys. 3 można otrzymać

korzystając z programu <OBLICZENIA> wpisując do <NOWA TABELA>, w kolumnie k1 kąty ustawienia Θ od -30° do $+30^\circ$, a w kolumnie k2 odpowiednie średnie ilości zliczonych impulsów . W celu sporządzenia wykresu <N> w funkcji kąta Θ należy wykonać operacje:

W opcji <NASTAWIENIA> przyporządkować odpowiednim osiom współrzędnych kolumny tabeli, wyświetlenie zaś wykresu <DEMONSTRACJA>.



Rys 3. Przykładowy wykres zależności rozproszonych cząstek alfa na folii Au od kąta rozproszenia Θ (dolny wykres sporządzono w skali logarytmicznej).

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarowych (rys. 3) można sprawdzić, że ilość cząstek alfa rejestrowanych przez detektor zmienia się proporcjonalnie do $1/\sin^4(\Theta/2)$. (Tabela 1.)

Tabela 1.

Kąt Θ (°)	Ilość zliczeń na jedn. czasu	Kąt Θ (°)	Ilość zliczeń na jedn. czasu	1/ $\sin^4(\Theta/2)$ (z tablic)	$N_{\Theta}/\sin^4(\Theta/2)$ z pomiaru	
					dla $-\Theta$	dla $+\Theta$
- 5	489	+5	450	276300	0.0018	0.0016
- 10	329	+10	205	17330	0.019	0.012
- 15	50	+15	31	3445	0.015	0.009
- 20	5	+20	5	1100	0.0046	0.0046
- 25	1	+25	1	223	0.0045	0.0045

Dodatek- Teoria

Założenia teorii Rutherford'a rozpraszania cząstek α są następujące:

Masa atomu skoncentrowana jest w jądrze, które traktujemy jako punkt w porównaniu do wielkości całego atomu.

Jądro posiadające ładunek dodatni wytwarza kulombowskie pole malejącym z odległością jak $1/r^2$

Cząstki α odchylane w takim polu poruszają się po torze w kształcie hiperboli.

Wyrażenie $\Delta n(\Theta)=dN(\Theta)/N$ określające stosunek strumienia cząstek α odchylonych o kąty zawarte w przedziale od Θ do $\Theta+d\Theta$ opisane kątem bryłowym $d\Omega$, do całkowitego strumienia tych cząstek w wiązce ma postać:

$$\Delta n(\Theta)= N d [(Z e^2)/(4\pi\epsilon_0 m_{\alpha} v^2)]^2 [d\Omega]/(\sin^4(\Theta/2)) \quad (1)$$

gdzie N –liczba atomów w jednostce objętości,

d –grubość folii,

Z –liczba atomowa,

e –ładunek elementarny elektronu $=1.6021 \cdot 10^{-19}$ As,

v –prędkość początkowa cząstek alfa,

m_α -masa cząstki alfa,

ϵ_0 –stała dielektryczna $= 8.8524 \cdot 10^{-12}$ As/Vm.

Doświadczenie przeprowadzone przez Rutherforda wyglądało w następujący sposób.

Wydzielona za pomocą szczeliny wąska wiązka cząstek alfa, emitowanych przez promieniotwórczą substancję, padała na cienką folię metalową. Przy przechodzeniu przez folię tor cząstek alfa odchyłał się od początkowego kierunku o różne kąty Θ . Rozproszone cząstki alfa uderzały w ekran powodując scyntylacje obserwowane przez mikroskop. Mikroskop i ekran można było obracać wokół osi przechodzącej przez środek folii i ustawiać pod dowolnym kątem Θ . Całe urządzenie umieszczone było w komorze próżniowej. Okazało się, że pewna liczba cząstek alfa rozpraszana jest pod bardzo dużym kątem (prawie 180°). Po przeanalizowaniu wyników Rutherford w 1911 r. zaproponował jądrowy model atomu. Według Rutherforda atom ma postać układu ładunków, w którego środku znajduje się ciężkie dodatnie jądro o ładunku Ze , i wymiarach nie przekraczających 10^{-14} m, a wokół jądra w całej objętości zajmowanej przez atom rozmieszczone są elektrony. Prawie cała masa atomu skupiona jest w jądrze.

Ćwiczenie: Badanie współczynnika tarcia statycznego i dynamicznego obiektu na równi pochyłej.

Przyrządy pomiarowe (układ Pasco):

- równia pochyła o zmiennym kącie nachylenia
- sonda położenia (ultradźwiękowa)
- wózek o różnej masie M ($=0.49\pm 0.05$ kg), $2M$ i $3M$
- program komputerowy Science Workshop

Pomiar tarcia dynamicznego.

W eksperymencie badano przyspieszenie wózka o różnych masach ($M, 2M, 3M$) za pomocą sondy położenia dla dowolnych kątów nachylenia równi. W przypadku pomiaru tarcia poślizgowego unieruchamiano jedno i dwa kółka wózka. Schemat eksperymentu obrazują rysunki (1,2).

Program komputerowy umożliwiał wykonanie pomiarów zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu.

Do opisu przyspieszeń w obu przypadkach skorzystano z równań ruchu:

$M \cdot a_1 = M \cdot g \cdot \sin \alpha + F_o$ (wjeżdżanie) oraz $M \cdot a_2 = M \cdot g \cdot \sin \alpha - F_o$ (zjeżdżanie), gdzie:

a_1, a_2 – przyspieszenia, g – przyspieszenie ziemskie, α – kat nachylenia równi, F_o siła oporu.

Z eksperymentu możemy wyznaczyć przyspieszenia a_1 i a_2 co pozwala na określenie F_o ze wzoru:

$$F_o = M \cdot (a_1 - a_2) / 2.$$

przy założeniu

$$F_o = \mu \cdot M \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (\text{gdzie } \mu - \text{współczynnik tarcia})$$

wyznaczamy

$$\mu = (a_1 - a_2) / (2 \cdot g \cdot \cos \alpha).$$

Przeprowadzono kilka serii pomiarowych dla obu przypadków tarcia. Otrzymano następujące wyniki:

	A_1 (m/s ²)	a_2 (m/s ²)	F_o (N)	μ
M	0.74	0.65	0.022	0.0047
2M	0.75	0.66	0.043	0.0047
3M	0.76	0.67	0.067	0.0047

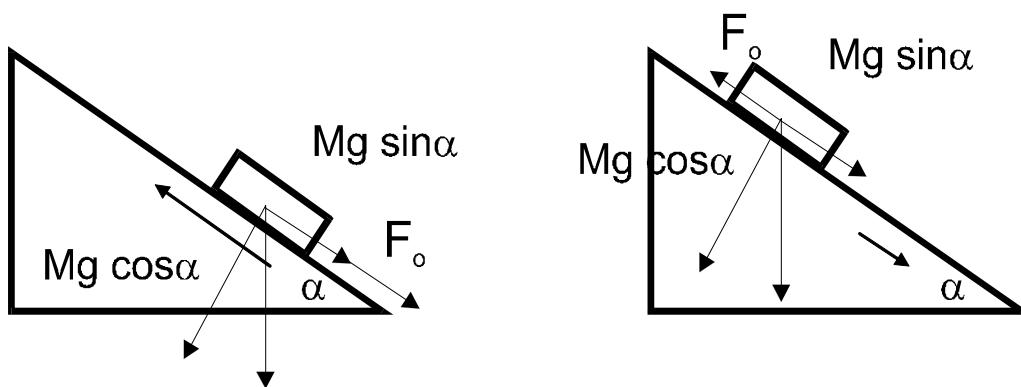
Tabela1 (tarcie toczne, $\alpha=10^\circ$)

	$a_1(m/s^2)$	$a_2(m/s^2)$	$F_o(N)$	μ
M	3.27	0.42	0.71	0.15
2M	3.25	0.37	1.38	0.15
3M	3.21	0.32	2.07	0.15

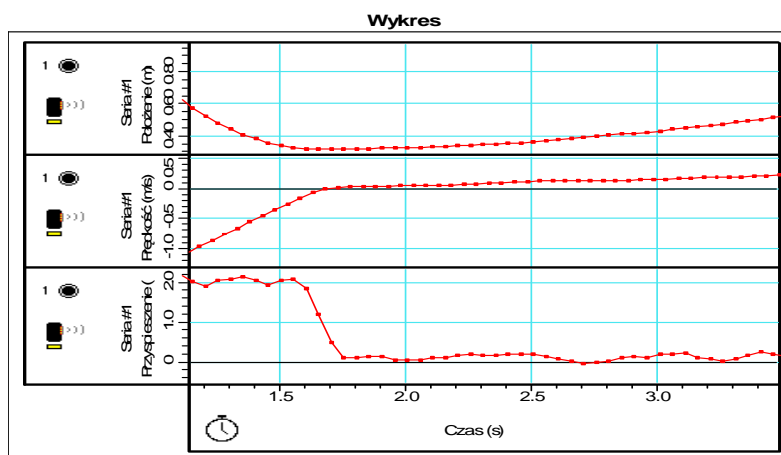
Tabela 2 (tarcie poślizgowe, $\alpha=16^\circ$)

Poniżej znajduje się przykładowy zestaw wykresów obrazujący położenie, prędkość i przyspieszenie wózka na równi pochyłej. Na podstawie wykresu ($a(t)$, gdzie t – czas ruchu), można wywnioskować, że wartość opóźnienia jest większa w pierwszej fazie ruchu, na skutek działania siły tarcia oraz składowej siły ciężkości. W drugiej fazie ruchu następuje spadek przyspieszenia z analogicznych powodów.

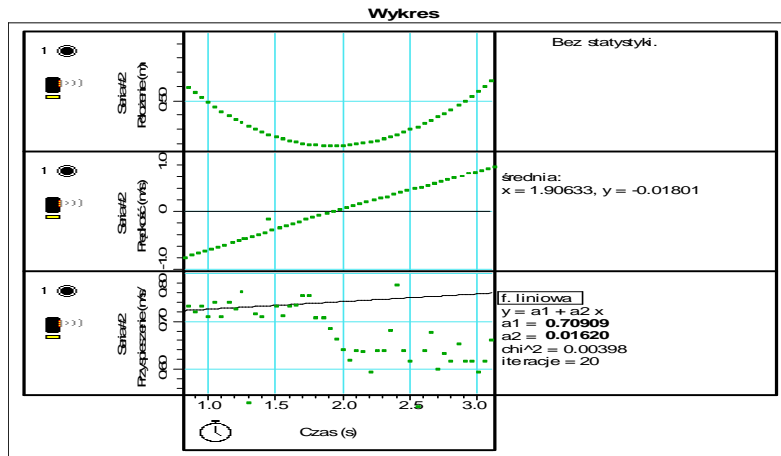
Różnice te są jednak nieznaczne, czego można się spodziewać biorąc pod uwagę stopień precyzji doświadczenia. Na podstawie otrzymanych wyników pomiarowych można uznać, że współczynnik tarcia jest stały i w ujęciu klasycznym nie zależy od prędkości.



Rys. 1, 2. pierwsza faza ruchu; druga faza ruchu oraz tarcie statyczne



Rys. Wykres - tarcie poślizgowe



Rys. Wykres - tarcie toczne (zależność położenia, prędkości i przyspieszenia od czas w ruch wózka po równi pochyłej).

Pomiar tarcia statycznego.

Zbadano również tarcie statyczne dla klocka drewnianego o masie ($M=0.11\pm 0.05$ kg) na którym dodatkowo naklejona była powierzchnia z materiału. W tym przypadku skorzystano ze wzoru $F_t = M \cdot g \cdot \sin \alpha$, gdzie F_t – siła tarcia statycznego. Zwiększano kąt nachylenia równi aż do momentu zaobserwowania ruchu klocka. Wyliczono siłę dla obu powierzchni trących.

Wyniki wpisano do poniższej tabeli:

powierzchnia	kąt α nachylenia równi	F_t (N)
z drewna	10°	5.87
z materiału	11°	10.79

Tabela 3 (tarcie statyczne)

Schemat doświadczenia dobrze obrazuje rysunek 2. Zgodnie z przewidywaniami siła tarcia statycznego jest dużo większa niż siły tarcia tocznego i poślizgowego (tabele 1 i 2).

Ćwiczenie: Badanie zależności siły wzajemnego oddziaływania od czasu trwania zderzenia.

Cel:

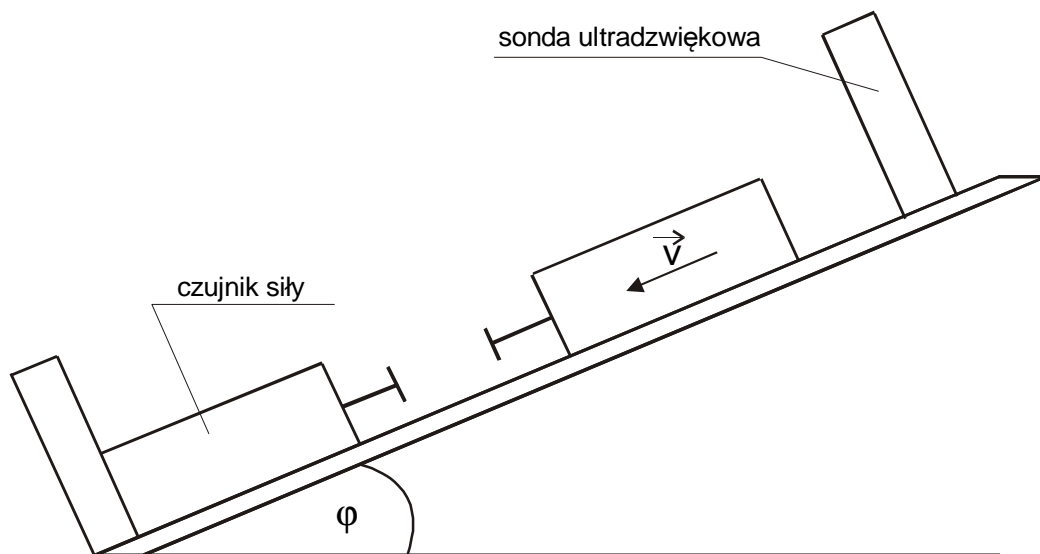
Celem ćwiczenia jest wyznaczenie zmiany pędu Δp^* wózka w zderzeniu sprężystym i odpowiadający tej zmianie całkowity popęd siły.

Oprzęządowanie układu:

- Tor dla wózków.
- Wózek ze zderzakiem o masie $m_1 = 0,51$ kg.
- Sonda ultradźwiękowa do pomiaru położenia.
- Czujnik siły.
- Interfejs *Science Workshop 500*.
- Komputer PC połączony z interfejsem.

Przygotowanie układu do eksperymentu.

Zestaw układ doświadczalny zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1.



Rys.1. Układ do badania zależności $F(t)$ w zderzeniu sprężystym.

Ustaw tor w pozycji poziomej ($\varphi = 0$) i wypoziomuj go posługując się pokrętką poziomującą.

Połącz czujnik siły i sondę z konsolą pomiarową w celu otrzymania wykresów zależności $F(t)$, $V(t)$, $X(t)$ i $a(t)$.

Przygotowanie komputera do pomiarów.

-Włącz komputer i konsolę pomiarową.

-Uruchom program *Science Workshop* klikając na ikonkę 2-krotnie.

-Podłącz wyjście cyfrowe sondy do pomiaru położenia z wejściem cyfrowym konsoli wyświetlonej na ekranie. Z wyświetlonej listy czujników wybierz *SENSOR RUCHU*→OK. -Następnie kliknij na ikonkę *WYKRES* oraz *POŁOŻENIE, PRĘDKOŚĆ*→*WYŚWIETL*. W rezultacie otrzymasz wykresy $X(t)$, $V(t)$ i $a(t)$ dla poruszającego się wózka.

-Następnie podłącz wyjście analogowe sensora siły z wejściem analogowym **A** znajdującym się na konsoli pomiarowej oraz kliknij na ikonkę *WYKRES*. Na ekranie pojawi się wykres zależności $F(t)$.

Pomiar.

-Pchnij wózek i doprowadź do zderzenia wózka z czujnikiem siły. Z wykresu $F(t)$ odczytaj:

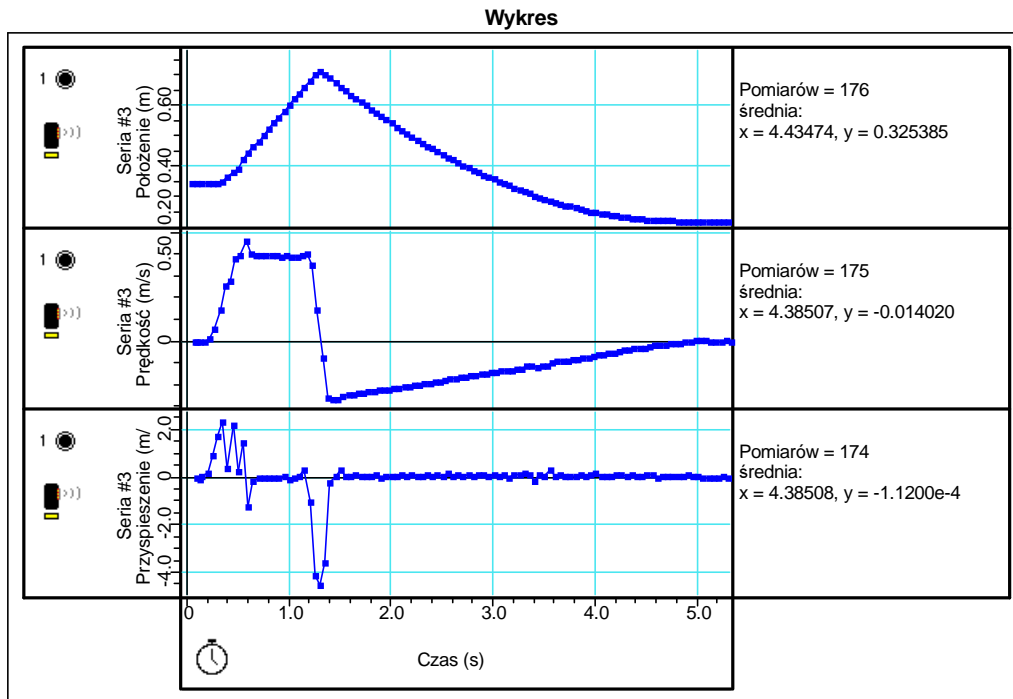
* czas trwania zderzenia,

* maksymalną wartość $F(t)$.

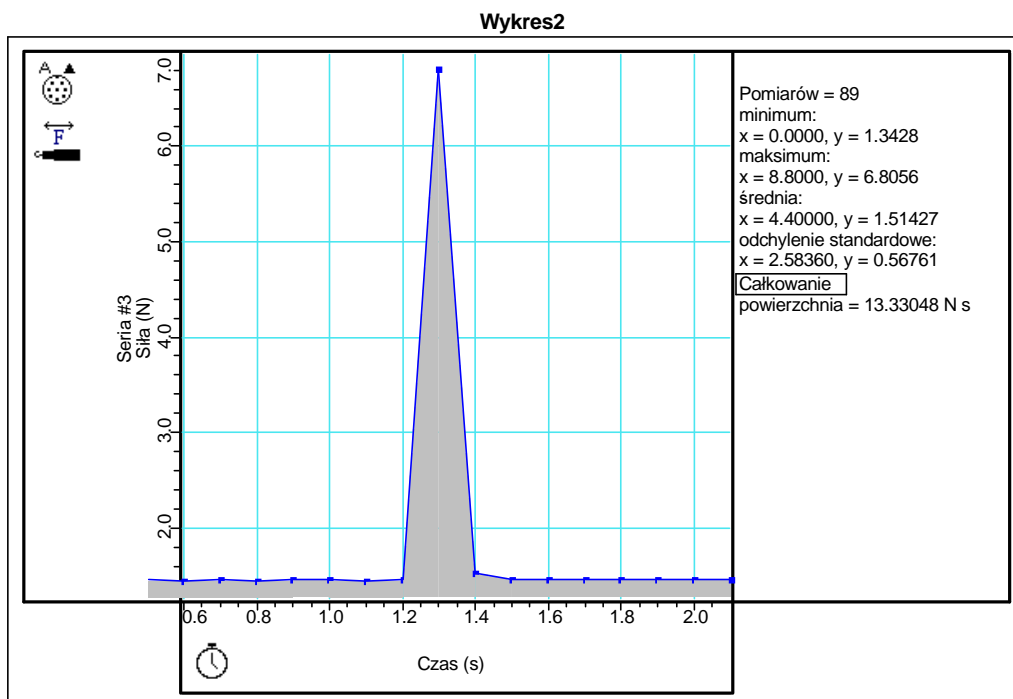
-Na podstawie otrzymanego wykresu $F(t)$ policz zmianę pędu w czasie zderzenia: Δp . -Dokonaj tego licząc pole pod interesującą nas krzywą.

-Na podstawie pomiarów wartości prędkości przed i po zderzeniu wózka oblicz wartość pędu $\Delta p^* = p_k - p_p$ jaką w wyniku zderzenia przekazał wózek.

Przykład: Na rysunku 2 i 3 przedstawione zostały zmierzone zależności $X(t)$, $V(t)$ i $F(t)$.



Rys.2. Dane pomiarowe zmierzone za pomocą sondy ultradźwiękowej.



Rys.3. Wykres zależności $F(t)$.

* Z obliczenia pola pod krzywą na wykresie $F(t)$ otrzymano wartość:

$$\Delta p = 0,66 \text{ N}\cdot\text{s}$$

* Na podstawie wykresu $V(t)$ dla poruszającego się wózka można odczytać prędkość jaką posiadał wózek przed i po zderzeniu z czujnikiem siły:

$$v_p = 0,69 \text{ m/s}$$

$$v_k = 0,40 \text{ m/s}$$

Stąd po podstawieniu otrzymujemy wartość:

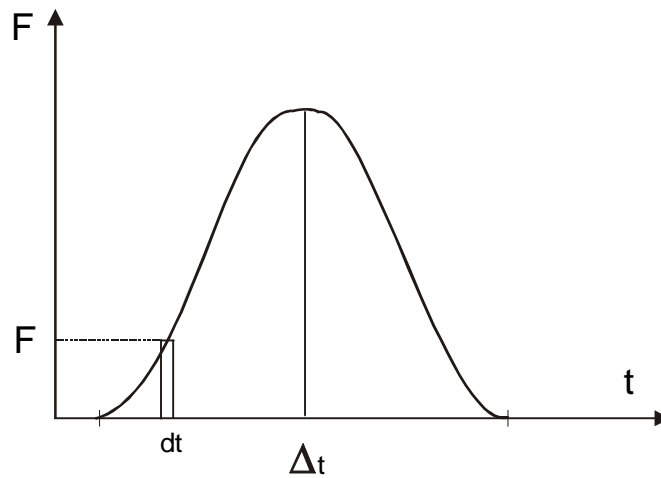
$$\Delta p^* = 0,55 \text{ N}\cdot\text{s}$$

☐ Samodzielnie dokonaj pomiarów zmieniając masę wózka.

DODATEK:

Zarówno w zderzeniach sprężystych jak i w niesprężystych występują siły zależne chwili trwania zderzenia. Siły te nazywamy impulsowymi bądź zderzeniowymi, a ich natura może być różna - zależy od rodzaju dotychczas znanych czterech rodzajów fundamentalnych oddziaływań (grawitacyjnego, elektromagnetycznego, silnego i słabego). Istotą tych sił jest to, że występują one w skończonym przedziale czasu przyjmującym różne wartości w zależności od rodzaju zderzenia. I tak na przykład zderzenie komety ze Słońcem może trwać setki lat, zderzenie kul bilardowych odbywa się w przedziale czasu rzędu 10^{-3} s, zaś zderzenie protonu z jądrem atomu pierwiastka trwa w czasie rzędu 10^{-22} s. Przebieg zależności $F(t)$ w zderzeniach sprężystych zazwyczaj

przypomina krzywą dzwonową podaną na rys.4.



Rys.4. Zależność $F(t)$ w sprężystym zderzeniu ciał.

Zauważmy, że w różniczkowym przedziale czasu zmiana pędu $dp = Fdt$,

zatem całkowitą zmianę pędu $\Delta p = \int Fdt$ odzwierciedla pole powierzchni

figury podanej na powyższym rysunku.

Ćwiczenie: Badanie zależności siły wzajemnego oddziaływania od czasu trwania zderzenia.

Cel:

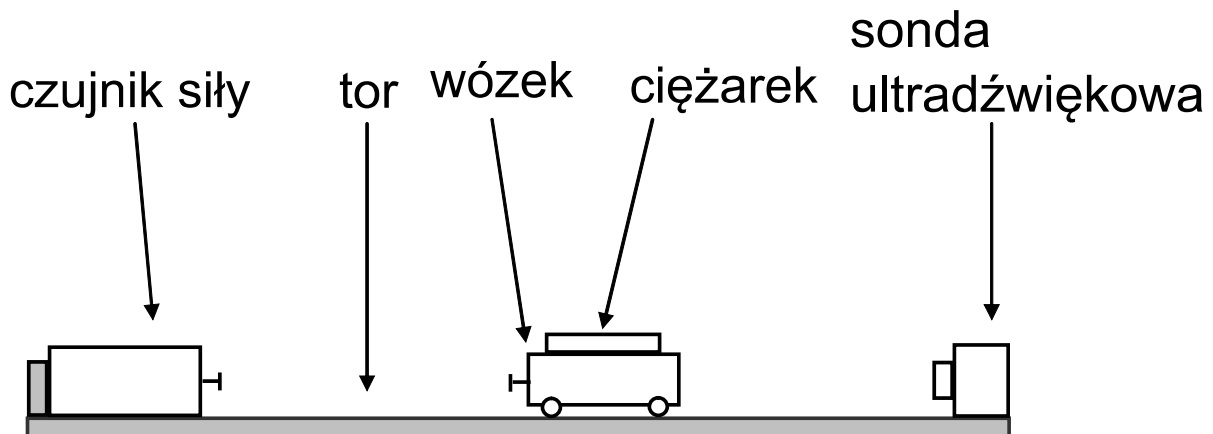
Celem ćwiczenia jest wyznaczenie zmiany pędu Δp^* wózka w zderzeniu sprężystym i odpowiadający tej zmianie całkowity popęd siły.

Oprzężowanie układu:

- Tor dla wózków.
- Wózek ze zderzakiem o masie $m_1 = 0,51$ kg.
- Ciężarek o masie $m = 0,50$ kg.
- Sonda ultradźwiękowa do pomiaru położenia.
- Czujnik siły.
- Interfejs *Science Workshop 500*.
- Komputer PC połączony z interfejsem.

Przygotowanie układu do eksperymentu.

Zestaw układ doświadczalny zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1.



Rys.1. Układ do badania zależności $F(t)$ w zderzeniu sprężystym.

- Ustaw tor w pozycji poziomej ($\varphi = 0$) i wypoziomuj go posługując się pokrętką poziomującą.
- Połącz czujnik siły i sondę z konsolą pomiarową w celu otrzymania wykresów zależności $F(t)$, $V(t)$, $X(t)$ i $a(t)$.

Przygotowanie komputera do pomiarów.

- Włącz komputer i konsolę pomiarową.

-Uruchom program *Science Workshop* klikając na ikonkę 2-krotnie.

-Podłącz wyjście cyfrowe sondy do pomiaru położenia z wejściem cyfrowym konsoli wyświetlonej na ekranie. Z wyświetlonej listy czujników wybierz *SENSOR RUCHU*→OK.

-Następnie kliknij na ikonkę *WYKRES* oraz *POŁOŻENIE, PRĘDKOŚĆ*→*WYŚWIETL*. W rezultacie otrzymasz wykresy $X(t)$, $V(t)$ i $a(t)$ dla poruszającego się wózka.

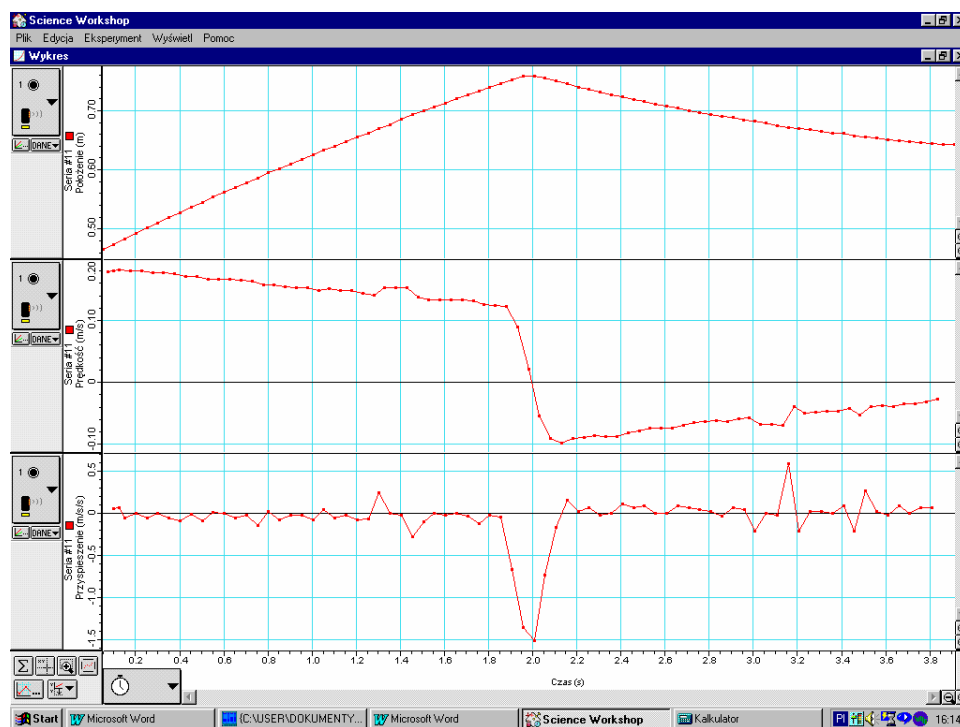
-Następnie podłącz wyjście analogowe sensora siły z wejściem analogowym **A** znajdującym się na konsoli pomiarowej oraz kliknij na ikonkę *WYKRES*. Na ekranie pojawi się wykres zależności $F(t)$.

Pomiar.

-Pchnij wózek i doprowadź do zderzenia wózka z czujnikiem siły. Z wykresu $F(t)$ wyznacz iloczyn $F\Delta t$. Dokonaj tego licząc pole pod interesującą nas krzywą (skorzystaj z opcji *Całkowanie* w menu *Statystyka*).

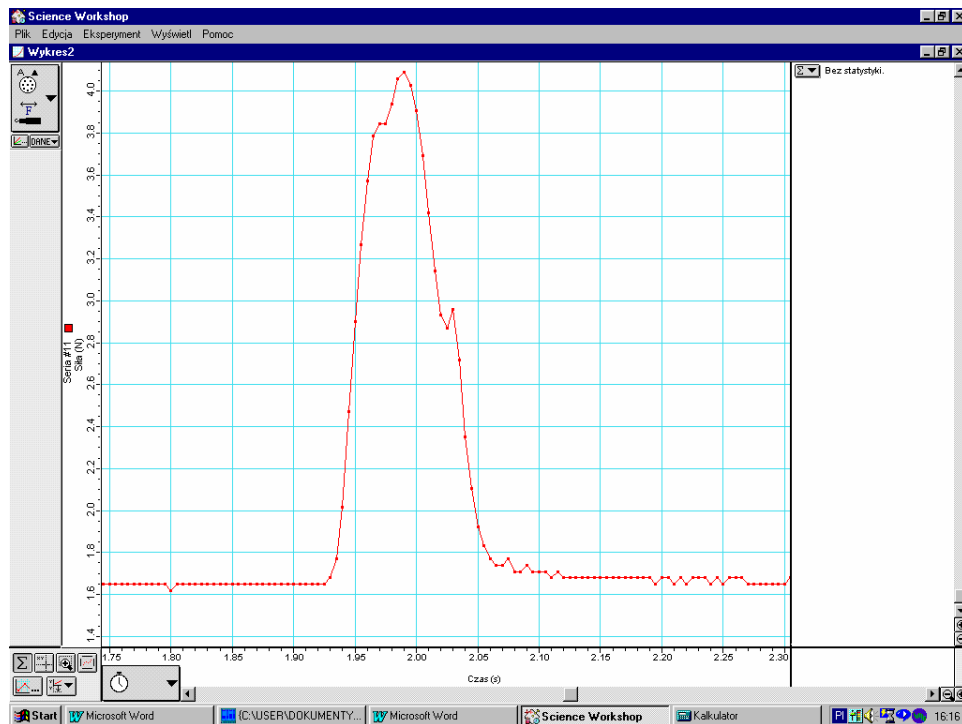
-Na podstawie pomiarów wartości prędkości przed i po zderzeniu wózka oblicz wartość pędu $\Delta p^* = p_k - p_p$ jaką w wyniku zderzenia przekazał wózek.

Przykład:



Na rysunku 2 i 3 przedstawione zostały zmierzone zależności $X(t)$, $V(t)$ i $F(t)$.

Rys.2. Dane pomiarowe zmierzone za pomocą sondy ultradźwiękowej.



Rys.3. Wykres zależności $F(t)$.

*Z obliczenia pola pod krzywą na wykresie $F(t)$ otrzymano wartość:

$$\Delta p = 0,27 \text{ N}\cdot\text{s}$$

*Na podstawie wykresu $V(t)$ dla poruszającego się wózka można odczytać prędkość jaką posiadał wózek przed i po zderzeniu z czujnikiem siły:

$$v_p = (0,124 \pm 0,002) \text{ m/s}$$

$$v_k = (0,092 \pm 0,004) \text{ m/s}$$

Stąd po podstawieniu otrzymujemy wartość:

$$\Delta p^* = (0,22 \pm 0,01) \text{ N}\cdot\text{s}$$

☐ Samodzielnie dokonaj pomiarów zmieniając masę wózka.

Ćwiczenie: Badanie natężenia promieniowania γ i sprawdzenie zasady odwrotności kwadratów.

Cele eksperymentu:

Celem ćwiczenia jest zbadanie zależności mierzonego natężenia promieniowania γ od odległości pomiędzy źródłem radioaktywnym a detektorem.

Oprzyrządowanie układu.

-Konsola pomiarowa Coach.

-Licznik G-M.

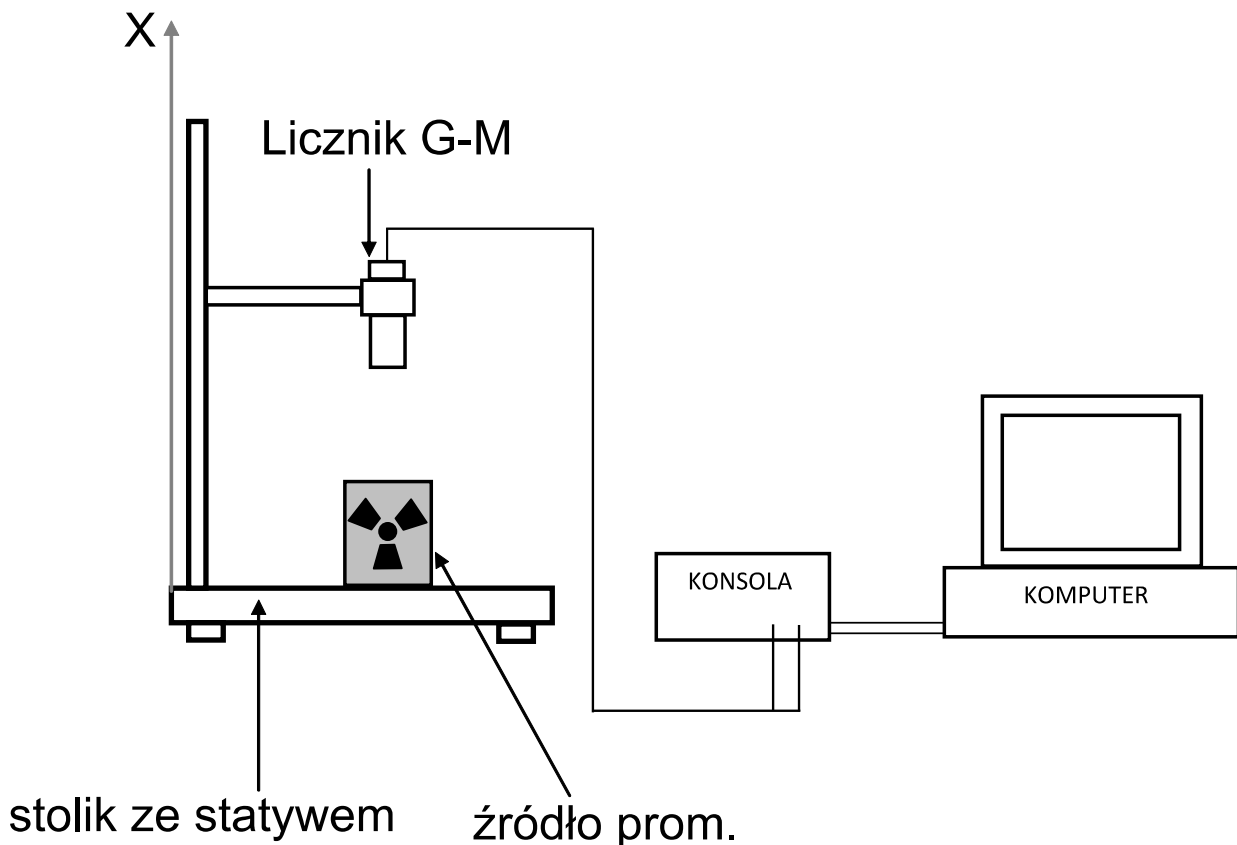
-Źródło promieniowania np. Co-60.

-Komputer.

-Płytki absorpcyjne.

Przygotowanie układu do pracy.

-Zestaw układ eksperymentalny zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku1.



Rys.1. Schemat układu eksperymentalnego.

Przygotowanie komputera do pomiaru.

-Połącz licznik G-M z konsolą pomiarową (kabel czerwony z zasilaczem konsoli o napięciu +5V, przewody czarny i żółty z wejściem licznika TMR konsoli pomiarowej zgodnie z kolorystyką gniazdek).

-Włącz komputer.

-Uruchom program „Zależność n od d promieniowania”.

-W programie ustaw parametry pomiaru: czas pomiaru, ilość pomiarów i krok pomiaru.

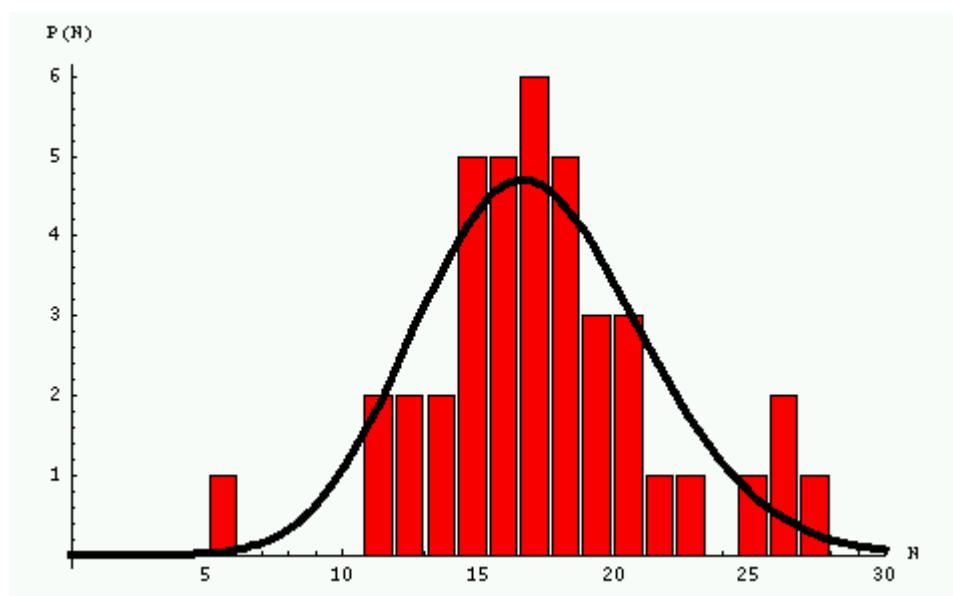
Pomiary.

•Pomiar tła promieniowania naturalnego.

-Oddal źródło promieniowania od detektora na znaczną odległość.

-Dokonaj serii pomiarów promieniowania tła.

Oblicz wartość średnią pomiaru wykorzystując w tym celu program „Rozkład Poissona”(przykładowy rozkład przedstawiony jest na rys.2).



Rys.2. Na rysunku przedstawiony został rozkład zliczeń natężenia promieniowania γ .

Dokonano serii 40 pomiarów, o czasie trwania pojedynczego pomiaru 10s. Wartość

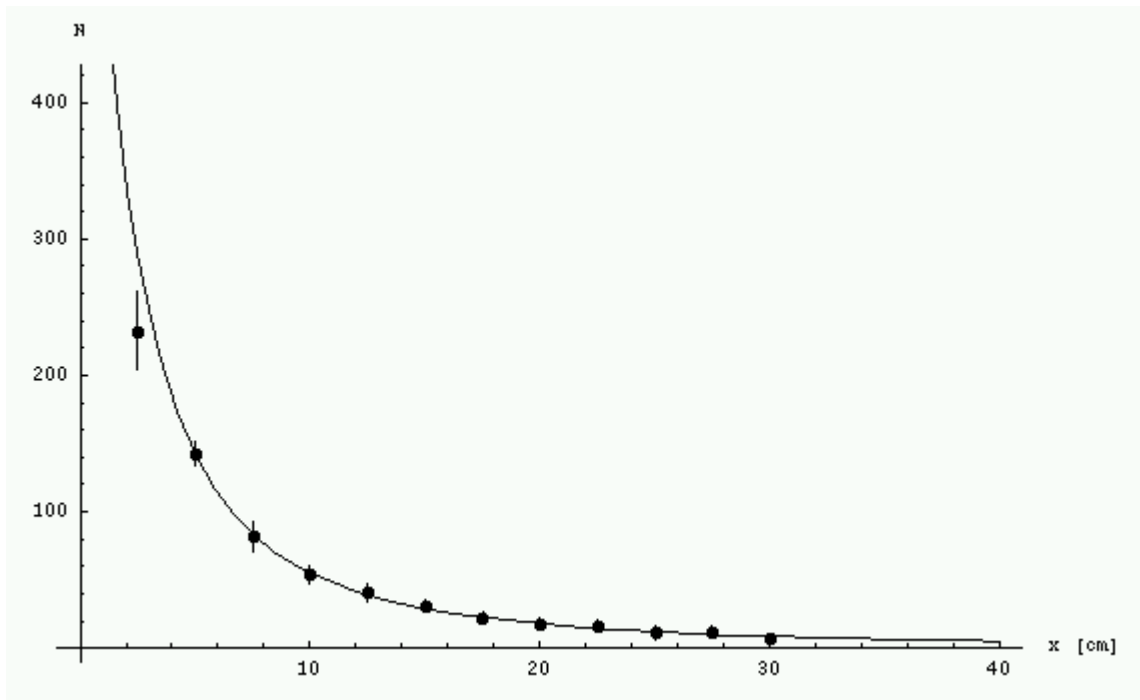
minimalna zmierzonych impulsów wynosiła 5, a maksymalna 28. Zakres został podzielony na 20 odcinków w celu utworzenia histogramu. Otrzymany histogram został dopasowany krzywą Poissona.

• Badanie zależności $N(x)$.

-Umieść detektor w odległości x od źródła i zmierz liczbę impulsów (analogicznie jak w poprzednim ćwiczeniu).

-Wykonaj pomiary zwiększając odległość detektora do $2x, 3x, 4x, \dots$

-Następnie zapisz dane pomiarowe do pliku i użyj programu „rozkład Poissona”. Program automatycznie wyznaczy zależność $N(x)$. Przykładowe wyniki zostały przedstawione na rys. 3.



Rys.3. Zmierzona zależność $N(x)$.

Przy szczegółowych analitycznych rozwiązaniach dotyczących krzywej dojdiesz do wniosku:

$$N(x) = a / (x - x_0)^2$$

Ćwiczenie: Wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego z analizy rzutu poziomego rejestrowanego kamerą.

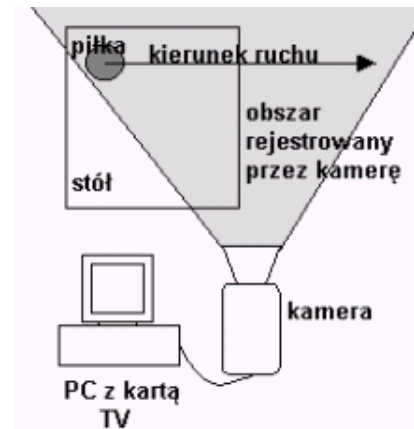
Teoria.

Rzut poziomy to ruch ciała wyrzuconego z określonej wysokości h w kierunku poziomym z jednostajną prędkością v_0 . W kolejnych sekundach ruchu ciało znajdzie się w punktach, które leżą na krzywej o współrzędnych określonych równaniami: $x=v_0*t$ i $y=(g*t^2)/2$. Wyznaczając t z pierwszego równania i podstawiając do drugiego, otrzymamy równanie toru ruchu rzutu poziomego:

$y=(g*x^2)/(2*v_0^2)$. Zasięg l rzutu poziomego, czyli odległość poziomą od punktu wyrzutu do punktu zetknięcia się ciała wyrzuconego z Ziemią, wyznacza się podstawiając do powyższego równania l zamiast x i odpowiadającą odległości pionowej tych punktów, czyli wysokość rzutu $y=h$. Mamy wtedy $l=[2*v_0^2*h]/g^{1/2}$, więc $g=(2*v_0^2*h)/l^2$

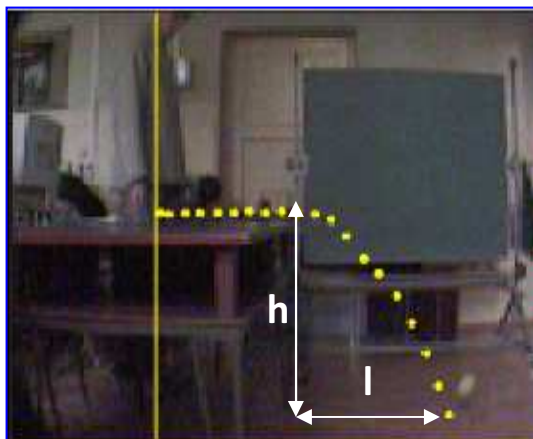
Układ pomiarowy.

Rejestracji ruchu dokonaliśmy przy pomocy kamery, podłączonej do komputera z kartą TV, wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie. Badanym obiektem jest piłeczka tenisowa, która toczy się z jednostajną prędkością po stole. Kamerę ustawiliśmy na wysokości ok. jednego metra tak, by uniknąć zniekształceń powodowanych optyką.



Rys. Schemat układu pomiarowego

Wykonanie pomiaru.

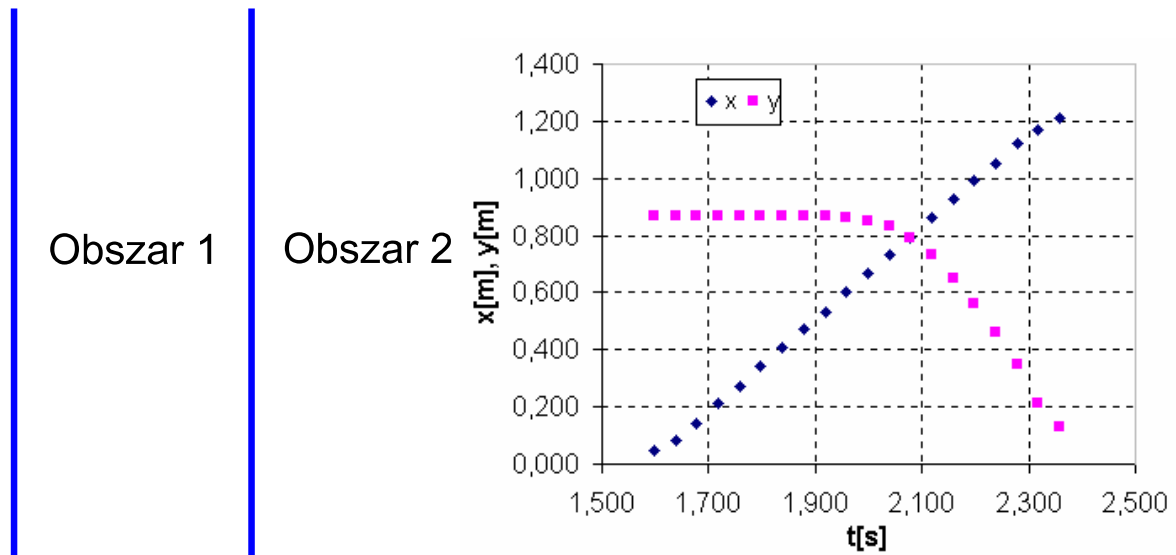


Rys. Układ pomiarowy.

Wszystkie pomiary uzyskaliśmy, pracując nad nagraniem w programie Vidshell 2000. Po wyskalowaniu filmu i naniesieniu osi współrzędnych dokonaliśmy poklatkowej analizy. Program posiada funkcję zatrzymywania nagrania klatka po klatce, czyli co 1/25 sekundy. Obserwując zmiany położenia piłeczki nanosiliśmy na zdjęcia punkty. Vidshell podawał ich współrzędne, używając wcześniej wprowadzonych przez nas jednostek. Pomiary gromadziły się w tabelce obok.

IV Analiza danych

Otrzymane wyniki przenieśliśmy do arkusza kalkulacyjnego. Odrzuciliśmy z obliczeń współrzędne pierwszego i ostatniego punktu. Wykonaliśmy wykres położenia na osi pionowej i poziomej w czasie.



Rys 3: Wykres zależności położenia w czasie.

Obszar 1. – ruch piłeczki po stole;

Obszar 2. – spadek piłki ze stołu.

Na wykresie widać, że prędkość na osi poziomej jest jednostajna. Do tego ruchu możemy więc zastosować wzór $v=s/t$ dla obliczenia V_0 . Z programu Vidshell otrzymaliśmy następujące wyniki:

$$s=1,13 \text{ m};$$

$$t=0,72 \text{ s};$$

$$l=0,62 \text{ m};$$

$$h=0,75 \text{ m};$$

$$\text{a więc: } g=(2*h*Vo^2)/l^2=(2*h*s^2)/l^2*t^2=9,61169 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta g=g*(2*\Delta s/s+\Delta h/h+2*\Delta l/l^3+2*\Delta t/t^3)=0,649$$

$$g=(9,61\pm 0,65)\text{m/s}^2$$

Błędy pomiarowe:

Nasz obraz ma 320x240 pikseli. Z obliczeń wynika, iż 1 piksel odpowiada w rzeczywistości 6 mm . Obraz skalowaliśmy „ręcznie”, podobnie nanosiliśmy na nagranie punkty, mierzyliśmy wysokość i zasięg. Niewielkie drganie ręki mogło spowodować rozbieżność wyników o kilka pikseli. Należy również wziąć pod uwagę, iż obraz był skalowany w nieco innej płaszczyźnie (brzeg stolika) niż poruszała się piłeczka i otrzymane przez nas pomiary są nieco mniejsze niż w rzeczywistości. Przyjmując 2 piksele za ewentualny błąd pomiarowy, otrzymany przez nas wynik mieści się w granicach niepewności pomiarowych wyliczonych metodą różniczki zupełnej.

Ćwiczenie: Pomiary z wykorzystaniem czujnika światła

Czujnik światła

W układzie pomiarowym poza konsolą pomiarową COACHLAB II i oprogramowaniem używamy czujnika pozwalającego na pomiar zmian natężenia światła I . Stosunkowo najprostsze jest badanie zależności czasowych $I(t)$. Sensor tego typu można też zastosować w pomiarach przestrzennego rozkładu natężenia światła, do analizy takich efektów jak: interferencja czy dyfrakcja. Poza posiadaniem odpowiednich źródeł światła (laser), samych szczelin należy układ pomiarowy zaopatrzyć się w odpowiedni mechanizm umożliwiający dokładny pomiar położenia czujnika światła oraz rodzaj kolimatora pozwalającego na większą selektywność przestrzenną (folia aluminiowa z dziurką). Dodatkowo położenie to powinno być przetwarzane na postać cyfrową zapisywaną przez komputer (stosuje się często do tego celu odpowiednie potencjometry).

Niżej przedstawione są możliwie proste układy które wykorzystują wyżej wspomniany czujnik do badanie zmienności $I(t)$ codziennych źródeł światła.



Rys. Czujnik światła CMA 0513. Budowa czujnika oparta jest o diodę Optrex p.n. OP555C mającą charakterystykę liniową. Pozwala na pomiar natężenia światła w zakresie $0.1 - 10 \text{ W/m}^2$, z dokładnością do 20 %. Zakres spektralny tego czujnika to 300-1100nm

Ogólnie czujniki światła mogą być wykonane z wykorzystaniem elementów oporowych lub półprzewodnikowych. Można je scharakteryzować następującymi parametrami:

Zakres mierzonego natężenia światła.

Parametr ten określa minimalne i maksymalne natężenie światła które powoduje zmianę parametrów elementu światłoczułego w ustalonym zakresie napięć. Przyjmuje się tutaj zazwyczaj zakres liniowej części charakterystyki $U(I)$.

Czas reakcji.

Jest to czas w którym właściwości elementu światłoczułego zmieniają się zgodnie z opisującą je charakterystyką. Elementy półprzewodnikowe umożliwiają pomiar zmian w czasie rzędu mikrosekund co przekracza czas przetwarzania sygnału wykorzystywanych w szkole interfejsów

Zakres spektralny.

Zakres częstotliwości światła na które reagują elementy światłoczułe. Zazwyczaj przekracza on zakres fal widzialnych zarówno w zakresie ultrafioletu jak i podczerwieni. Odpowiedź czujnika jest jednak

uzależniona od częstotliwości padającego światła, to znaczy że charakterystyka spektralna $I(f)$ nie jest płaska/liniowa.

Mając do dyspozycji fotoopornik, czy diodę LED można pokusić się o stworzenie własnego czujnika światła. Zbadanie jego charakterystyki i próby wykorzystania w pomiarach elementów własnej konstrukcji pozwolą bardziej przybliżyć zasadę działania tego typu czujników.

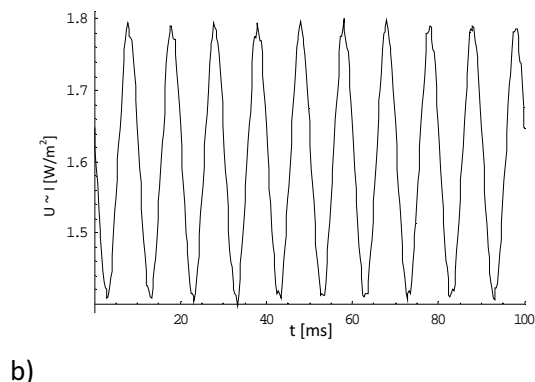
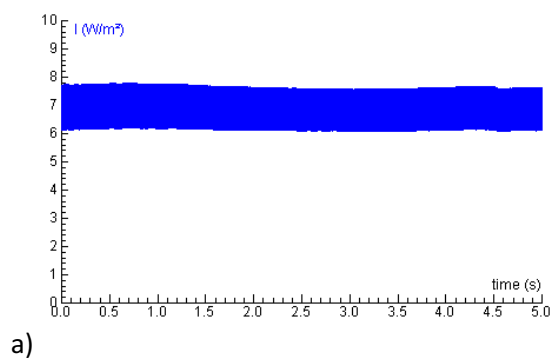
Badanie źródeł światła zasilanych prądem zmiennym

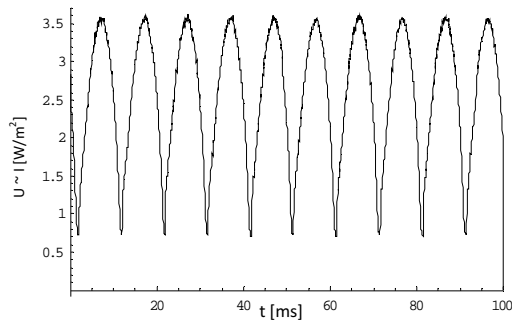
Celem pomiarów jest zapoznanie się z naturą źródeł światła spotykanych na co dzień, zasilanych zmiennym napięciem sieciowym. Ważnym elementem jest też poznanie różnicy między mocą średnią tego typu odbiorników którą wytwórcy charakteryzują swoje produkty, a mocą w rzeczywisty sposób emitowaną przez wyżej wspomniane źródła.

Badanymi obiektami w które należy się zaopatrzyć są żarówka oraz świetlówka. Można wykorzystać zastane oświetlenie pomieszczenia lub lampki nocne z żarówkami lub żarówkami energooszczędnymi. Ostatnia kombinacja pozwala też porównać natężenie światła od źródeł o podobnej mocy lecz wykonanych w różnych technologiach co w wymiarze edukacji proekologicznej niesie dodatkowe walory poznawcze.

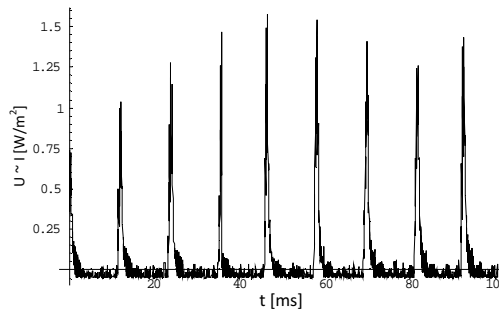
Źródło światła umieszczamy w takiej odległości od czujnika by jego natężenie nie powodowało przesterowania, czyli mieściło się w dopuszczalnych granicach zakresu mierzonego natężenia. Jeżeli pomiary mają umożliwić porównanie światłości różnych elementów świecących staramy się też o to by element światłoczuły znajdował się w tej samej odległości od badanych źródeł.

Dla każdego ze źródeł wskazane jest wykonanie badania w różnych skalach czasowych np. : (i) kilku sekund; (ii) 100 ms, oczekując widocznych zmian $I(t)$ związanych z częstotliwością (i) zmian napięcia w sieci (żarówka, świetlówka); (ii) odświeżania monitora komputerowego.





c)



d)

Rys. Wynik pomiaru natężenia światła a) żarówki w czasie 5 s, b) żarówki w czasie 0.1 s, c) świetlówki, d) ekranu monitora komputerowego

Na rysunku 2 przedstawione są wyniki pomiarów $I(t)$ wykonane dla :

a) żarówki w czasie 5 s, widoczne są oscylacje (stąd pogrubienie) natężenia światła dające średnią wartość 6.9 W/m^2 ; oko obserwatora uśrednia docierające do niego światło;

b) żarówki w czasie 0.1 s, I oscyluje wokół wartości średniej $I_s \approx 1.6 \text{ V}$ (pomiar niekalibrowanym czujnikiem), $I(t)$ można przybliżyć w tym przypadku funkcją $I_s + \Delta \sin^2(\omega t)$

c) świetlówki, inna jest tu czasowa zależność natężenia światła $I(t)$ w porównaniu z $I(t)$ rejestrowanym dla żarówki rys.2b. Związane jest to z inną fizyką świecenia obu źródeł światła [??].

d) ekranu monitora komputerowego. Pomiar przeprowadzony był przez bezpośrednie przyłożenie czujnika światła do powierzchni kineskopu na którym wyświetlane było białe tło. Pomiar ten pozwala na określenie częstotliwości odświeżania ($f_M = 85 \text{ Hz}$) monitora. f_M jest jednym z ważniejszych parametrów charakteryzujących jego pracę. Różne wartości f_M można uzyskać programowo poprzez zmianę ustawienia monitora : Ekran/Właściwości/Ustawienia/Zaawansowane/Monitor/Częstotliwość

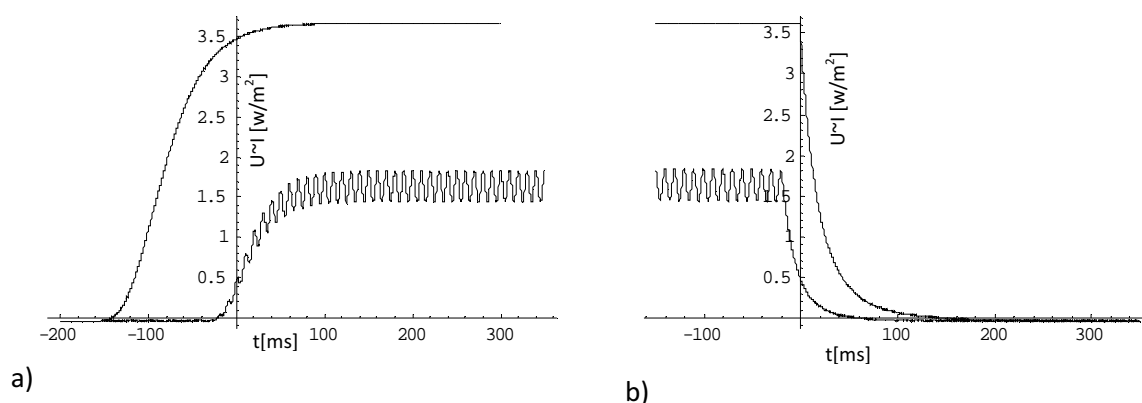
Dynamika świecenia

Celem doświadczenia jest porównanie charakteru zmian natężenia światła przy włączaniu/wyłączaniu źródeł żarowych i półprzewodnikowych, zbadanie dynamiki zmian $I(t)$ - określenie czasu potrzebnego na osiągnięcie stanu emisji maksymalnego natężenia światła, wyznaczenie czasu połowicznego zaniku świecenia

Jako badane źródła światła w tym doświadczeniu posłużą nam : (i) żarówką zasilaną prądem stałym (żarówka z latarki) i przemiennym jako źródła żarowe, oraz (ii) diodą LED –źródło półprzewodnikowe-elektroluminescencyjne. Aby zabezpieczyć diodę przed przepaleniem można połączyć ją szeregowo z opornikiem 100Ω . Ze względu na małe natężenia światła od żarówki na prąd stały i diody LED czujnik światła należy umieścić dostatecznie blisko, aby mierzony efekt był zadowalający. Układ dobrze też wyposażać w przełącznik którym będziemy sterować pracą źródeł.

Chcąc uchwycić moment włączania się i wyłączenia światła którego czas wynosi około 200 ms musimy skorzystać z opcji pozwalającej na automatyczne wyzwolenie pomiaru. W tym celu wstępnie ustalamy natężenie mierzonego światła, a następnie konfigurujemy kanał na którym zajdzie zdarzenie wyzwalaające, poziom napięcia którego przekroczenie ma uruchomić pomiar oraz kierunek jego zmian. Dbając by mierzone natężenie światła nie przekraczało zakresu pracy detektora uruchamiamy pomiar.

W wyniku pomiaru otrzymujemy krzywą na której widzimy wzrost (spadek) natężenia światła powodowany nagrzewaniem się (stygnięciem włókna). Korzystając z możliwości odczytu wartości (narzędzie SCAN dla wykresu w Coach 5) poszczególnych punktów pomiarowych określamy czas jaki potrzebny jest do ustabilizowania się świecenia żarówki.



Rys. Wynik pomiaru natężenia światła przy a) włączaniu b) wyłączeniu żarówek. Gładka linia przedstawia zmiany natężenia światła żarówki zasilanej prądem stałym, linia falowana – zmiennym.

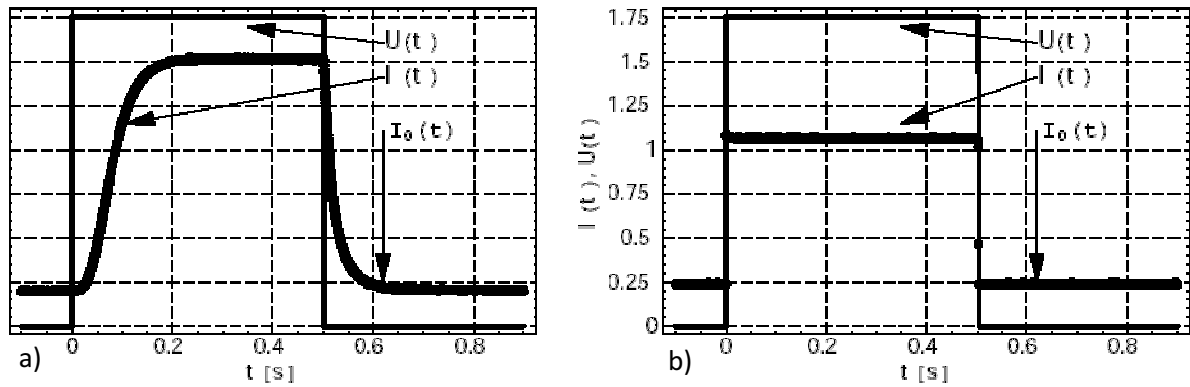
Zmiany natężenia $I(t)$ można opisać funkcjami przy :

(i) wyłączeniu żarówki $I(t) = I_0 \text{Exp}[-(t-t_1)/T_1]$, gdzie I , I_0 to odpowiednio natężenie światła i początkowe natężenie światła, t czas, a T_1 - czas połowicznego zaniku świecenia;

(ii) włączeniu żarówki $I(t) = I_0(1 - \text{Exp}[-(t-t_2)/T_2])$.

Dzięki funkcji Analyse/Function-Fit, programu Coach 5 możemy wyznaczyć parametry charakteryzujące powyższe funkcje. Po uprzednim wyborze danych za pomocą operacji: Process/Select/Remove data, włączamy dopasowanie funkcji i wybieramy jej postać, a następnie naciskamy przycisk auto-fit. Z otrzymanych parametrów możemy określić czas połowicznego zaniku

świecenia, poziom światła przy pracy ciągłej i natężenie tła (poziom światła rejestrowany przez czujnik z otoczenia). Wyznaczone czasy T_1 i T_2 są rzędu ??? ms.



Rys. Porównanie zmian natężenia światła przy włączaniu i wyłączaniu a) żarówki, b) diody świecącej. Widoczny jest brak mierzalnego opóźnienia na elemencie półprzewodnikowym.

W przypadku włączania i wyłączania diod LED czujnik światła nie rejestruje mierzalnych opóźnień związanych z przyłożonym napięciem. Wynikiem jest „natychmiastowe” zapalenie (gaśnięcie) diody.

Odnosiniki:

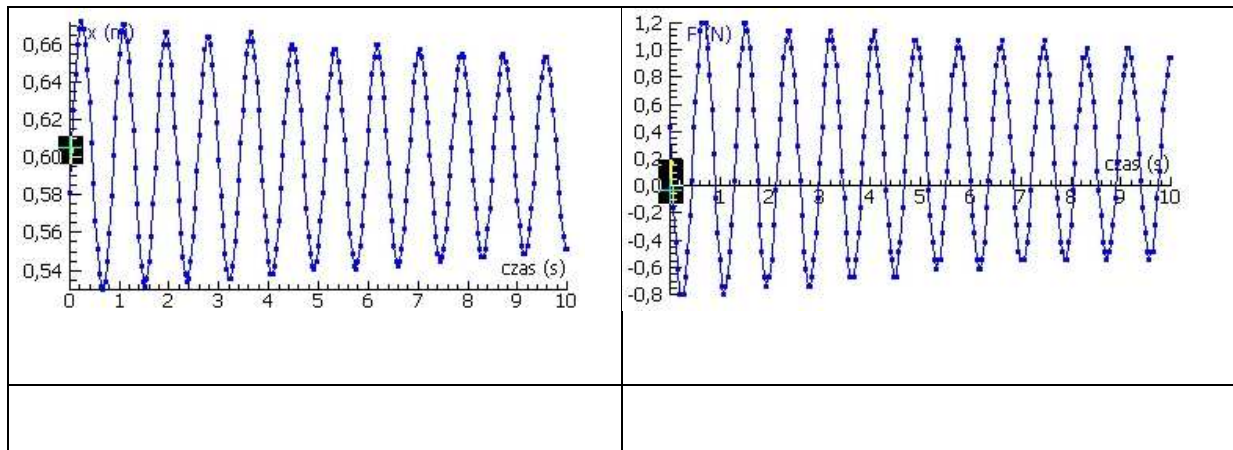
<http://www.lighting.pl/vademecu/swietlowki.htm> - opis działania świetlówek

<http://ifnt.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/konkurs/f3/zarowka.doc> - wynik konkursu „Komputerowo wspomagany eksperyment szkolny w przedmiotach przyrodniczych”

Ćwiczenie: Pomiar z wykorzystaniem obu czujników: położenia i siły

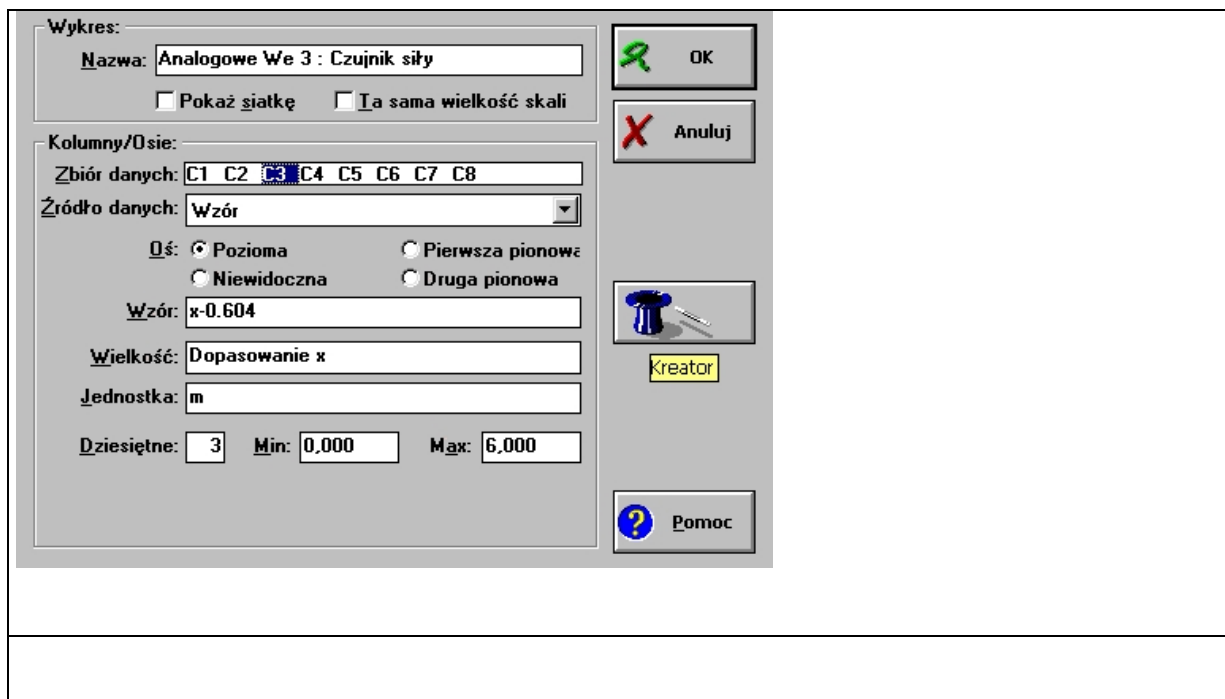
Konfigurujemy konsole: podłączamy czujnik położenia i siły, a następnie konfigurujemy oprogramowanie. Gdy mamy wcześniejszą kalibrację czujnika siły wczytujemy ją jako wcześniej nagrane dane pomiarowe: Plik->Wyniki->Otwórz. Dodajemy czujnik położenia z dysku: "Ultradźwiękowy miernik ruchu". Wyniki uzyskiwane z tego miernika są mocno zniekształcone co poprawia się gdy zmniejszamy częstotliwość próbkowania do 25 sampli.

Wykonujemy pomiar:



Rys. Wykresy x (m) od t (s) i F (N) od t (s).

przypadku położenia nie wchodzi w grę możliwość przesunięcia z wykorzystaniem kalibracji. Aby to przesunąć należy wykonać reedycję danych – przesunąć wynik o stałą wartość. Należy pamiętać że poprzednich danych nie powinno się wyłączać a jedynie sprawiać by były niewidoczne –system wylicz kolejne kolumny na podstawie poprzednich !!



Rys. Zrzut ekranu programu pomiarowego Coach 5.

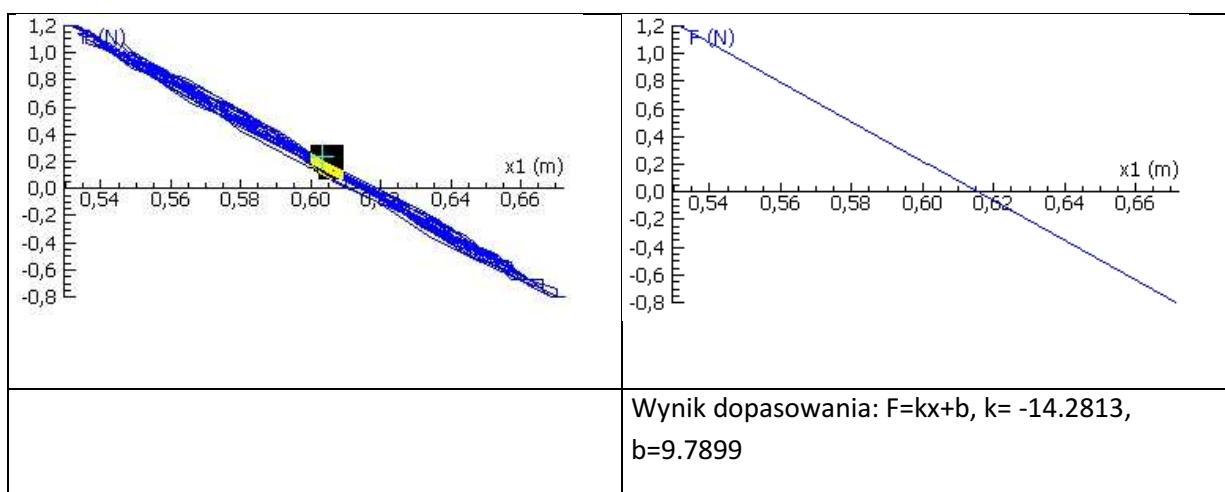
Możemy powyższe dane przedstawić w postaci wykresu siły w funkcji położenia $F(x)$, co w prosty sposób umożliwi nam określenie stałej k ze wzoru $F=-kx$.

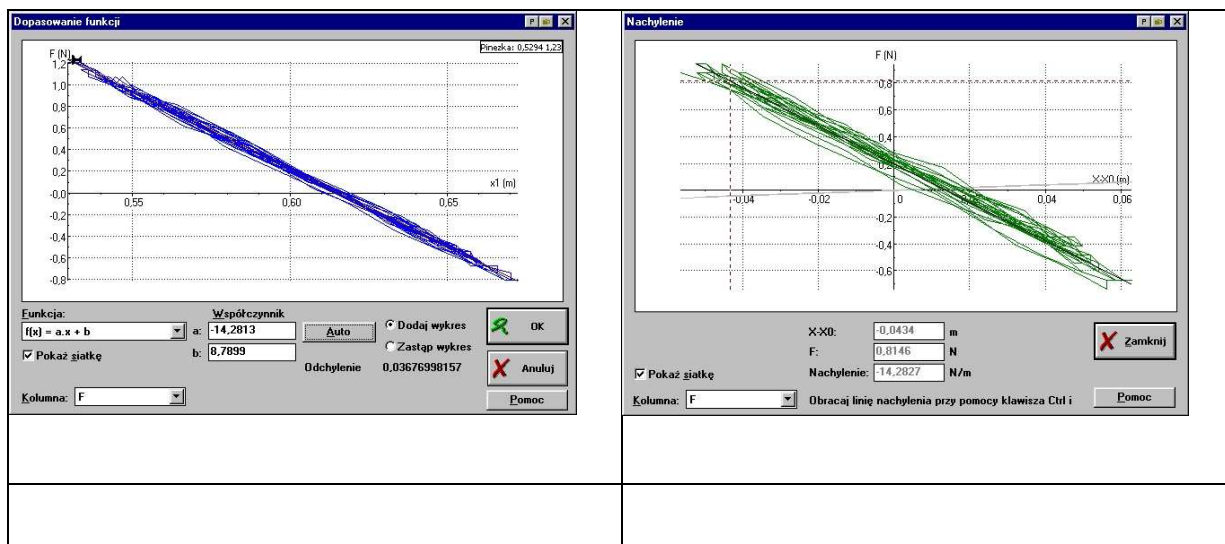
Po odczycie z wykresu mamy przykładowe dane:

$$F_1 = -0.6735; x_1 = 0.056$$

$$F_2 = 0.8793; x_2 = -0.055$$

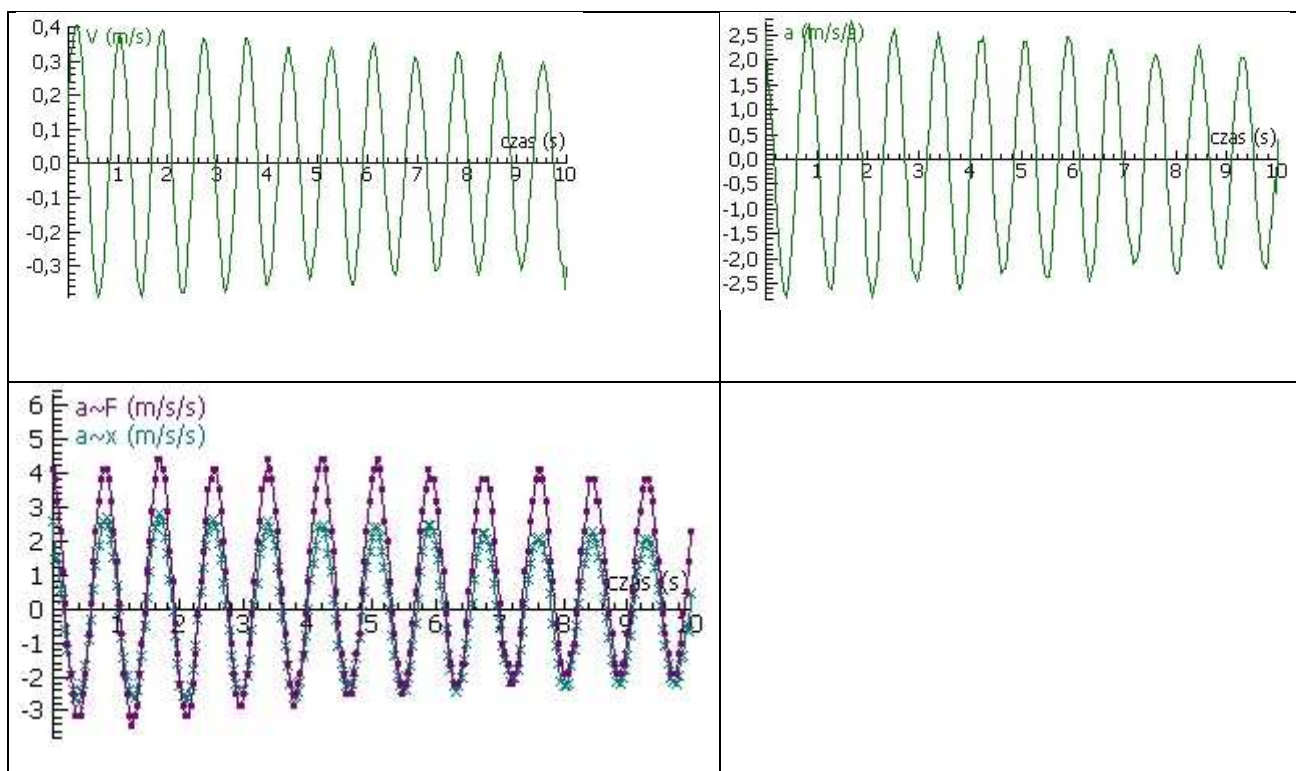
$$\text{Stąd } k = -(F_1 - F_2) / (x_1 - x_2) = 1.5528 / 0.111 = 13.99$$





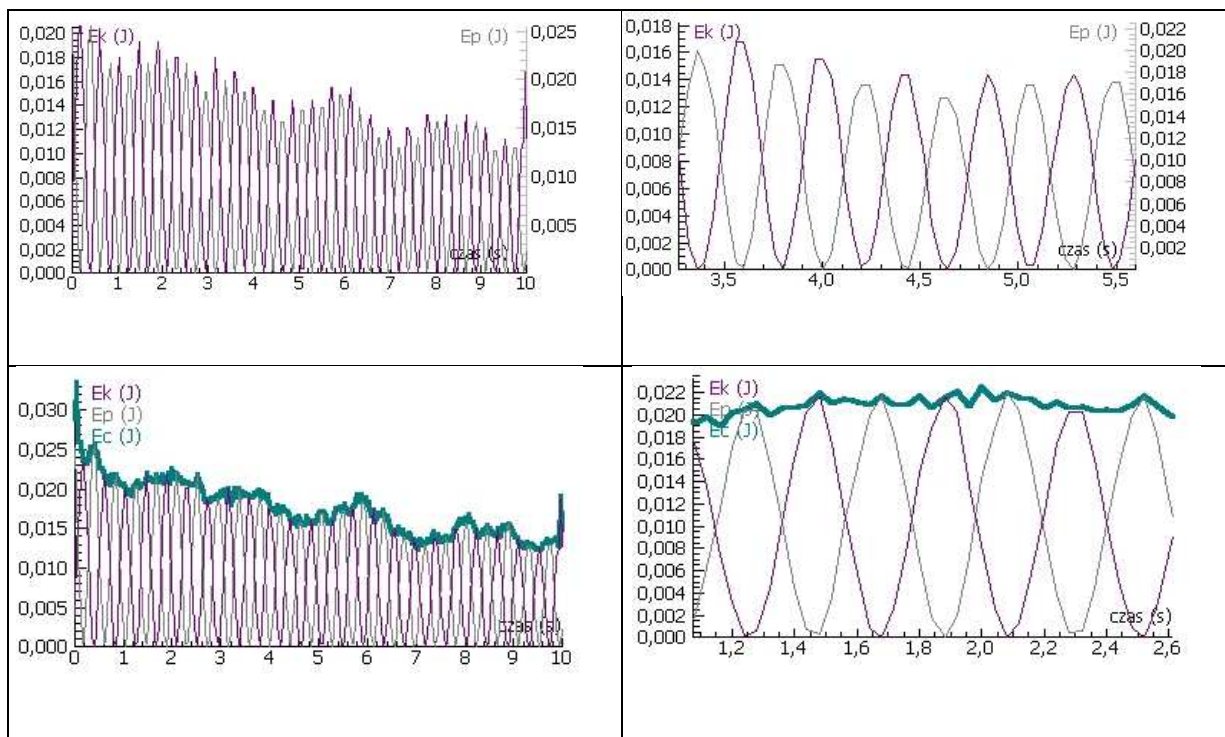
Rys. Zrzut ekranu programu

Biorąc pochodną położenia jesteśmy w stanie wyznaczyć prędkość i przyspieszenie z jakim porusza się nasze wahadło.



Rys. Wykresy zależności: v (m/s) od t (s), a (m/s²) od t (s), F (N) i a (m/s²) od t (s).

To było dobre $F/(0.27+0.0457/3)-0.5$ dopasowanie.

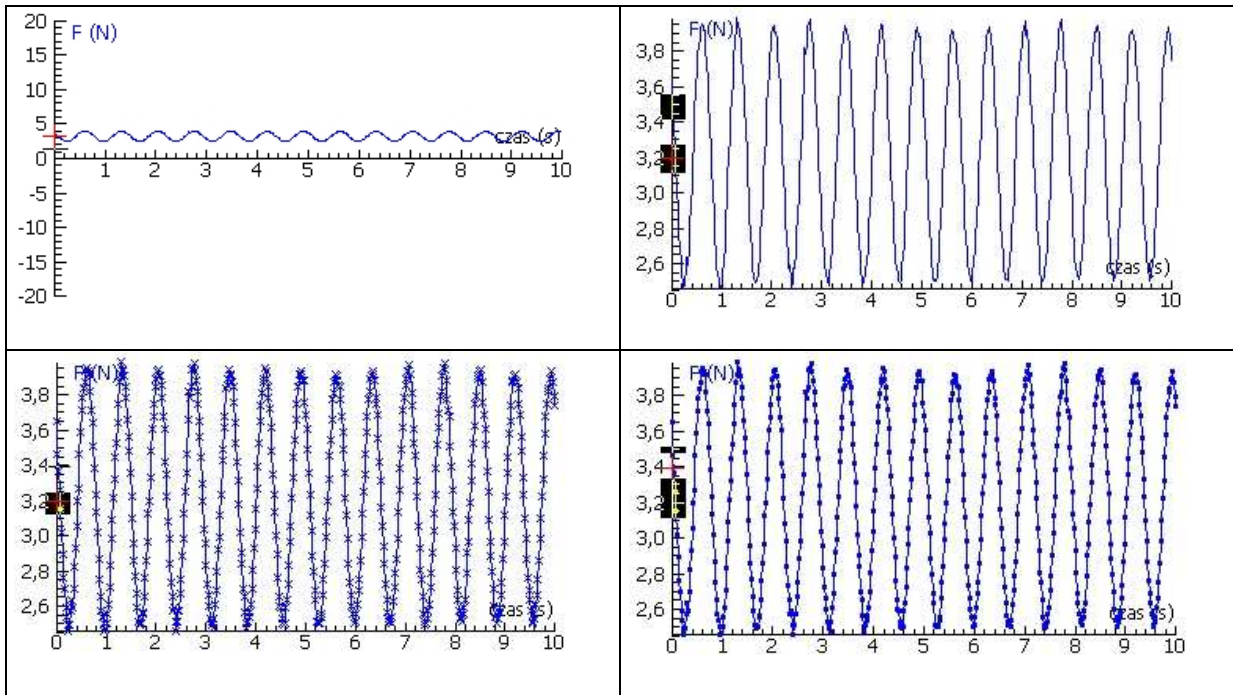


Rys. Wykres zależności: $E_k(t)$ od $t(s)$, pod spodem: E_k, E_p, E_c (J) od $t(s)$.

Ćwiczenie: Czujnik siły.

Pomiar F(t)

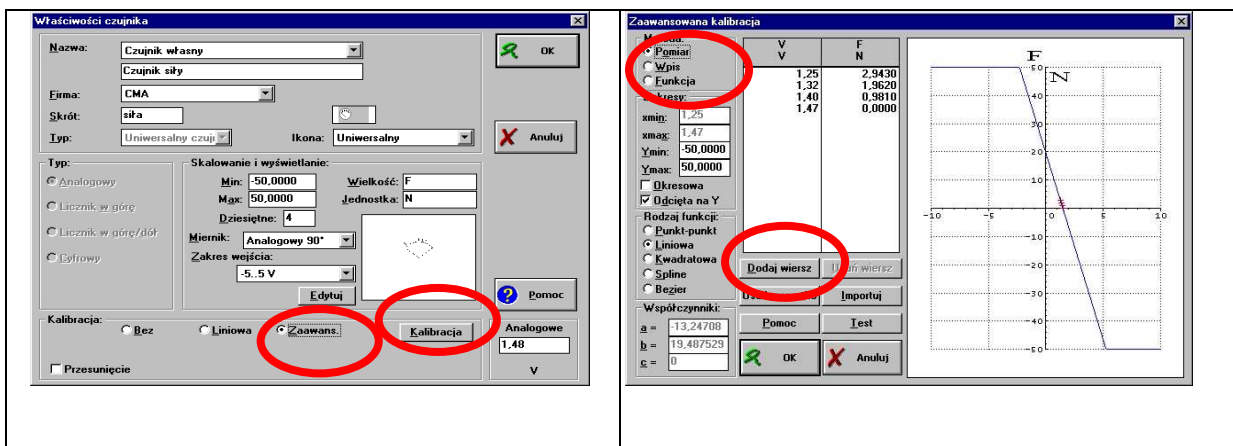
Wybieramy czujnik pomiarowy, umieszczamy go na elemencie graficznym odpowiadającym wejściu do którego podłączony jest w rzeczywistości i prezentujemy mierzone dane w postaci wykresu.



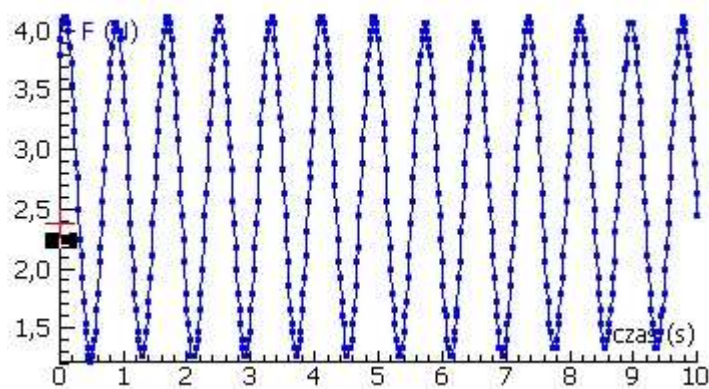
Rys. Wykresy zależności: F(N) od t(s).

Kalibracja czujnika siły

Jeżeli czujnik siły wymaga kalibracji klikamy prawym klawiszem myszy na ikonie czujnika i wybieramy właściwości. W bloku kalibracja zaznaczamy „Zaawansowana” i naciskamy klawisz Kalibracja. Metodą kalibracji powinien być „Pomiar” (domyślnie). Następnie klikamy na przycisku „Dodaj wiersz” i wprowadzamy kolejne punkty poprzez odczyt napięć z czujnika dla różnych wartości przyłożonych sił. Jako wzorcami siły można posłużyć się ciężarkami o określonej masie przyjmując za stałą wartość przyspieszenia ziemskiego.

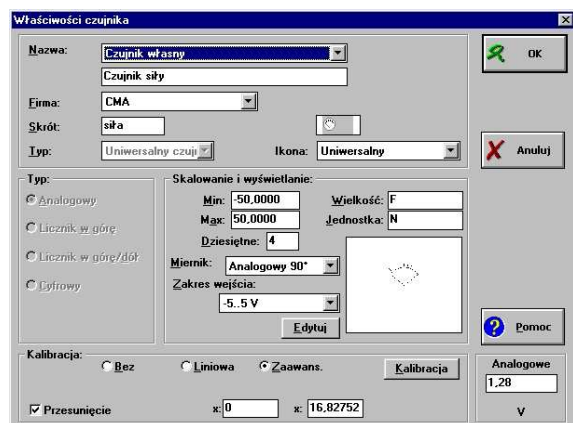


Rys. Zrzuty ekranu programu pomiarowego Coach 5.



Rys. Wykres zależności $F(N)$ od $t(s)$.

Wynik pomiaru siły po kalibracji widzimy że zmiana siły odbywa się wokół wartości niezerowej. Możliwość przesunięcia skali jest możliwa jako korekta wprowadzona do kalibracji. Po zaznaczeniu w polu „Kalibracja” opcji „Przesunięcie” wpisujemy tam parę (x,y) korygującą wartości na osi pionowej. Np. dla punktu $x=0$ $y=b-y_p$, gdzie b jest stałą otrzymana z kalibracji czujnika, a y_p jest poziomem któremu chcemy przypisać zero.



Rys. Zrzut ekranu programu pomiarowego Coach 5.

Odczyt danych z wykresu i dopasowanie danych funkcją analityczną

Określenie wartości minimalnej i maksymalnej bezpośrednio z wykresu:

- powiększamy wykres na pełen ekran
- naciskamy prawy klawisz myszy i wybieramy „Odczytaj wartości”
- po zakończeniu odczytu naciskamy prawy klawisz myszy i wybieramy „Zakończ odczyt wartości”

Dane które przydały się do wyznaczenia przesunięcia względem osi OX

Za zadanie mamy odczytać wartości F_{\min} , F_{\max} , T , f_{i0} , $T=2 \pi \text{ Sqrt}((m_s+m_k)/k)$

$$F_{\max}(t=1.68) = 4.1216$$

$$F_{\max}(t=2.46) = 3.992$$

$$F_{\min}(t=2.06) = 1.2748$$

$$F_{\min}(t=2.90) = 1.2748$$

Stąd

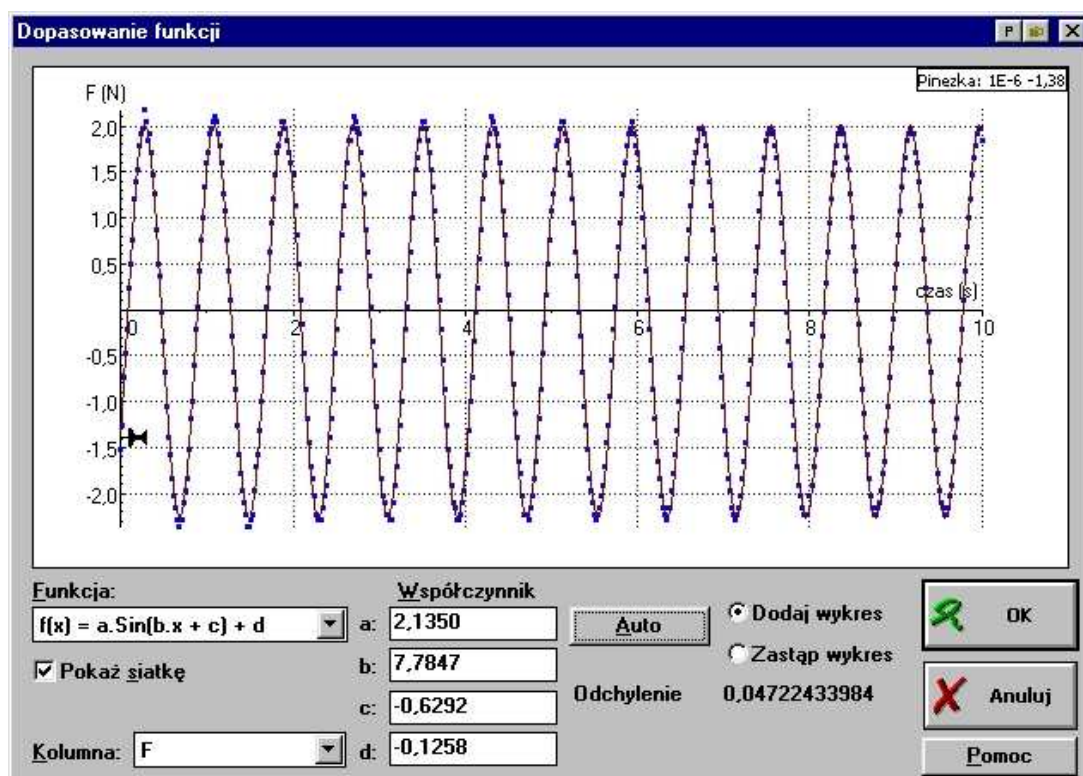
$$T_1 = 0.78 \Rightarrow f_1 = 1.28$$

$$T_2 = 0.84 \Rightarrow f_2 = 1.19$$

$$F_{sr} = 2.6658$$

$$y_p = 19,4875 - 2.6658 = 16.827529$$

Po naciśnięciu prawego klawisza na wykresie wybieramy opcję Analiza ->Dopasowanie funkcji.



Rys. Zrzut ekranu programu pomiarowego Coach 5.

Przed naciśnięciem klawisz „Auto” należy dopasować parametry wejściowe dopasowywanej funkcji. Po zakończeniu dopasowania nie zapominamy zaznaczając „Dodaj wykres” nacisnąć przycisk OK. Operacja ta spowoduje wyświetlenie dopasowania razem z danymi jako kolejnego wykresu.

$A=2.135$ [N] – amplituda funkcji

$D=-0.1258$ [N] – przesunięcie względem zera

$B=2 \text{ Pi } F = 2 \text{ Pi } / T = 7.7847$ – częstość stąd $T=2 \text{ Pi}/B=0.81$, $f=B/2/\text{Pi} = 1.24$

$C= F_i = -0.6292$ – przesunięcie fazowe

Odczyt danych z wykresu przynosi nam:

$F_{\max}(t=1.1) = 2.1085$

$F_{\max}(t=1.9) = 2.0438$

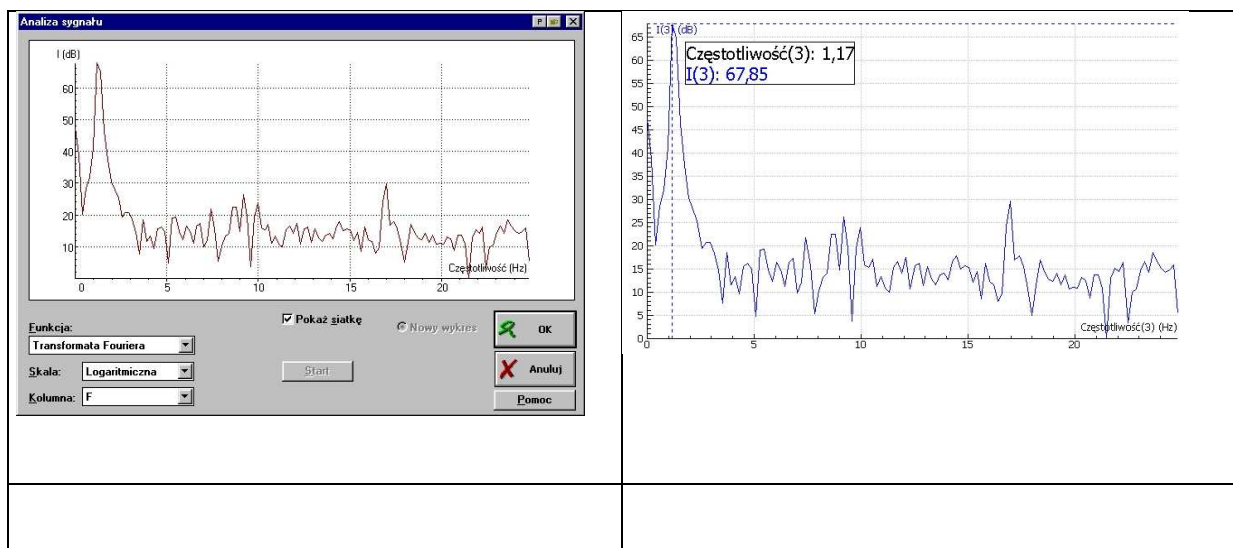
$F_{\min}(t=1.48) = -2.3557$

$F_{\min}(t=2.3) = -2.291$

$T_1 = 0.8 \Rightarrow f_1 = 1.25$

$T_2 = 0.82 \Rightarrow f_2 = 1.22$

Wykorzystując opcję „Analiza->Analiza sygnałów”, z zaznaczoną opcją „Skala ->Logarytmiczna” jesteśmy w stanie uzyskać widmo sygnału drgań z częstością podstawową $f=1.17$



Rys. Wykresy zależności natężenia dźwięku od częstości.

Na podstawie wyników możemy określić stałą k ze wzoru: $T=2 \text{ Pi} \sqrt{(m+m_s/3)/k}$, gdzie m – masa ciężarka, m_s – masa sprężyny. Stąd $k = 4 \text{ Pi}^2/T^2 (m_s/3+m)$. Masa ciężarków jest znana $m=0.2 \text{ kg}$, natomiast masę sprężyny wyznaczamy używając do tego czujnika siły. Ze wzoru $m_s \cdot g = F_s$, gdzie F_s – siła wywierana na czujnik przez sprężynę mamy $m_s = F_s/g$. Przed pomiarem siły pamiętamy o wyłączeniu przesunięcia w kalibracji. Siłę możemy odczytać z wyświetlacza bądź uzyskać jako średnią z pomiaru. W tym celu wykonujemy pomiar i wynik prezentujemy jako tabelę. Po naciśnięciu prawego klawisza na tabeli wybieramy opcję „Statystyka”. Wynikiem tego jest wartość średnia siły: $F_s=0.4486$. Możemy też wyliczyć wartość siły. Po naciśnięciu prawego klawisza myszy wybieramy „Tworzenie/edycja tabeli”. Wybieramy zbiór danych C3, określamy źródło danych na Wzór i klikamy w ikonę „czarowania”. Wpisujemy wzór: $F/9.81$, określamy wielkość jako masę i liczbę miejsc dziesiętnych na 4. Zatwierdzamy zmiany i jeszcze raz uruchamiamy statystykę danych z tabeli. Wynikiem jest $m_s = 0.0457 \text{ kg}$. Stąd $k =$

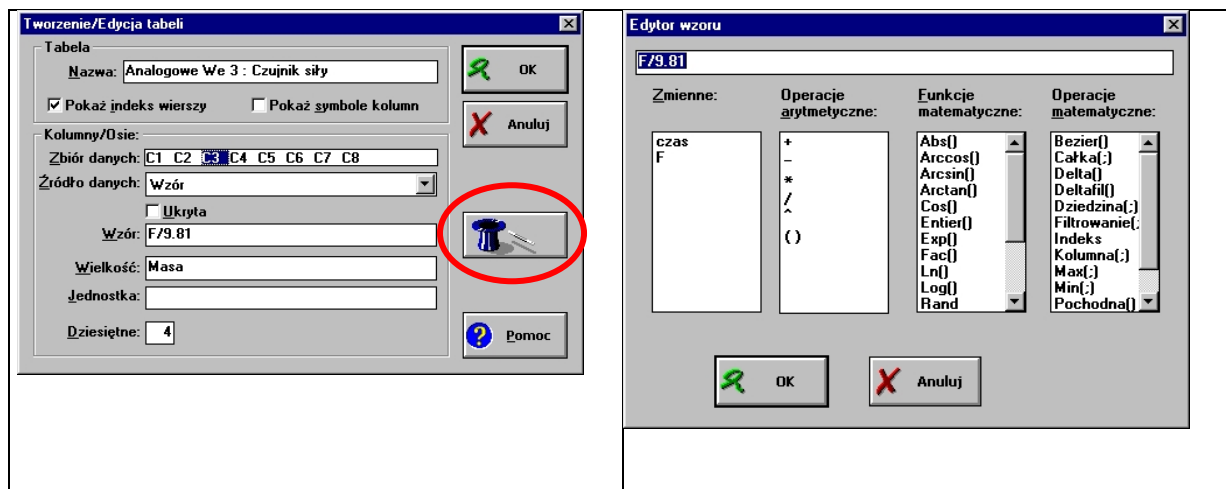
$$m_c = 0.2;$$

$$m_s = 0.0457$$

$$T = 0.81;$$

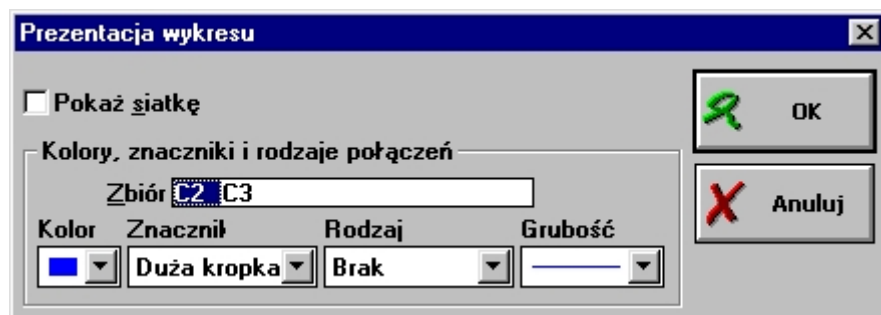
$$k = 4 \text{ Pi}^2 \frac{\frac{F_s}{g} + m_c}{T^2}$$

10.4902



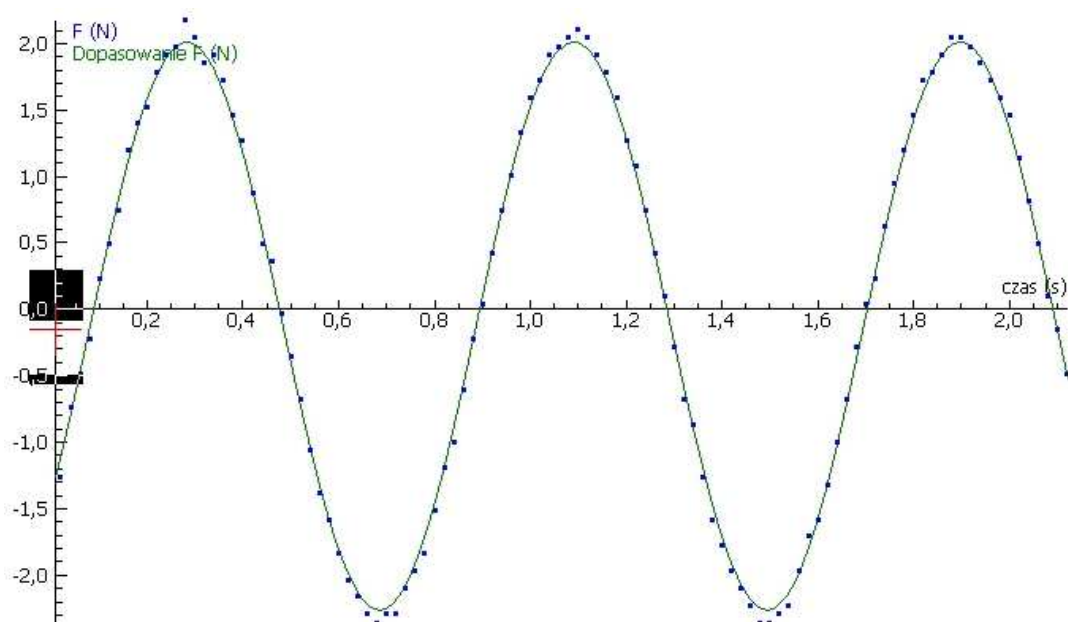
Rys. Zrzuty ekranu programu pomiarowego Coach 5.

Aby wyświetlić wynik dopasowania można wyłączyć połączenia między punktami mierzonymi. Po naciśnięciu na wykresie prawego klawisza myszy wybieramy opcję „Prezentacja wykresu” i ustawiamy „Rodzaj” na wartość brak



Rys. Zrzut ekranu programu pomiarowego Coach 5.

Powiększamy oś danych by móc ocenić dopasowanie:

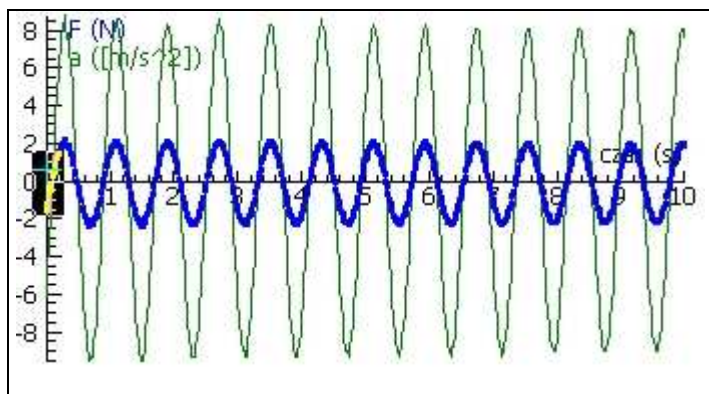


Rys. Wykres zależności $F(N)$ od $t(s)$.

Przeniesienie danych na wynik w postaci przyspieszenia, prędkości i położenia drogą przekształcania danych.

Jako nową pozycję tabeli tworzymy C3, Źródło danych -> wzór, Wzór-> $F/(0.2+0.0457)$, Wielkość -> a, jednostka -> $[m/s^2]$, Dziesiętne ->4

Otrzymane dane są wyświetlone automatycznie na wykresie:

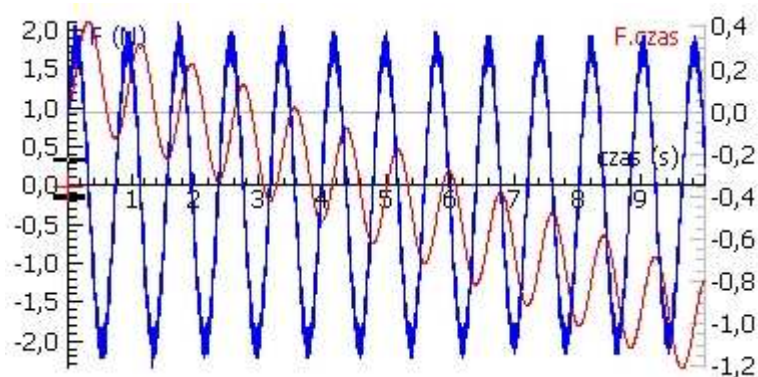


Rys. Wykres zależności $F(N)$ od $t(s)$.

Z wyznaczaniem całek jest znacznie gorzej niż myślałem. Wchodzi jakieś głupie przesunięcie

Idę spać.

Jak te całki wychodzą:



Rys. Wykres zależności $F(N)$ od $t(s)$.

Eksport danych

Aby zapisać dane pomiarowe wybieramy z menu „Pliki” opcje: Pliki -> Wyniki -> Zapisz jako.

Domyślny katalog z danymi umieszczony jest w. Możemy to zmienić wskazując zewnętrzny katalog poprzez naciśnięcie przycisku „Zmień dysk”. Pole „Opis” służy do określenia zapisywanej aktywności.

Rozszerzenia plików używane przez Coach5

Extension Contains...

CPR - Project Description file

CAC A Coach Activity including references to files which are used in the

Activity

SEN - A sensor definition

ACT - An actuator definition

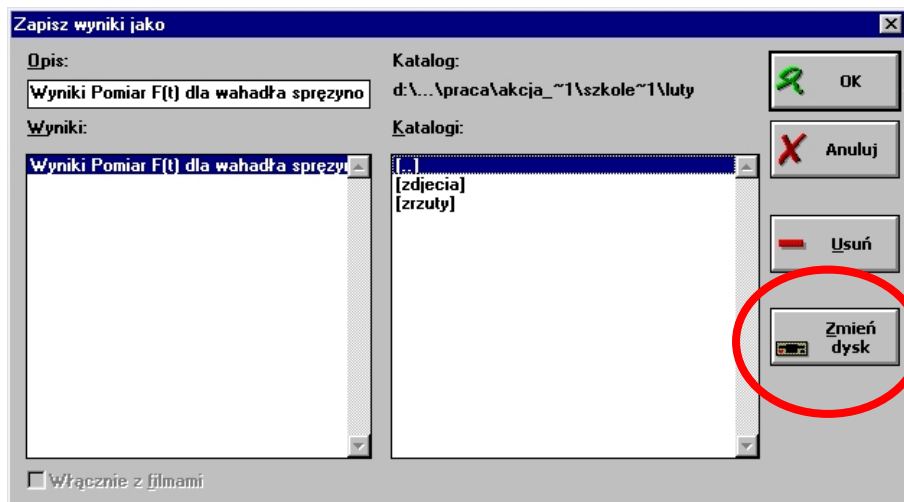
MPL - A picture of a Meter display

JRS and DAT - A Coach Result

TXT - A Notes file

BMP, JPG and GIF - A picture for the Title screen of the Project or in an Activity.

AVI, MOV and MPG - Video files.



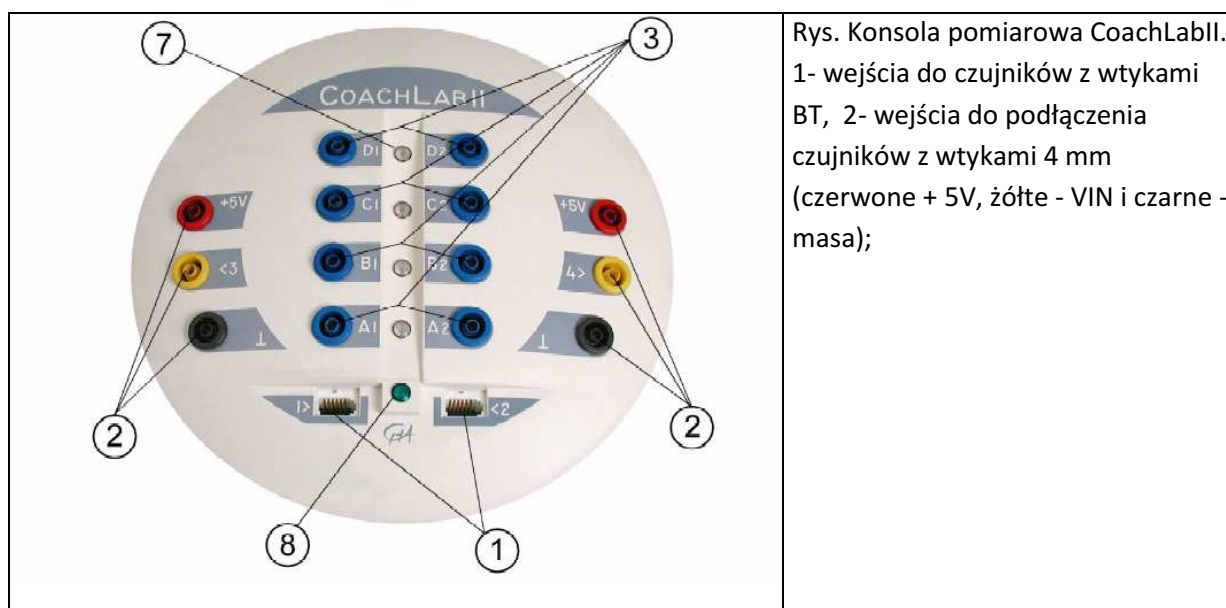
Ćwiczenie: Pomiary napięcia z wykorzystaniem CoachLab II. Fizyka żarówki.

Konsola pomiarowa CoachLab II

Konsola pomiarowa CoachLab II umożliwia niezależne pomiary napięć na czterech wejściach pomiarowych z których każde może dodatkowo służyć jako wejścia licznikowe lub dla pomiarów wyzwalanych. Używany jest 12-bitowy przetwornik analogowy, a częstotliwość próbkowania jest uzależniona od ilości użytych wejść (patrz tabela). Poziom napięć wejściowych jest programowo ustawiany na 0-5 lub na +/- 5V. Odpowiednio możliwa jest rozdzielczość sygnału: 1.2 mV i 4.9 mV. Impedancja wejściowa jest równa 100 k Ω .

Liczba wykorzystanych wejść	Maksymalna częstotliwość Próbkowania [kHz]
1	40
2	20
3	3.3
4	2.5

Rys. Tabela: częstotliwość próbkowania w zależności od ilości wykorzystanych wejść.



Rys. Konsola pomiarowa CoachLabII.
1- wejścia do czujników z wtykami BT, 2- wejścia do podłączenia czujników z wtykami 4 mm (czerwone + 5V, żółte - VIN i czarne - masa);

Więcej informacji na temat działania konsoli można znaleźć w dokumencie:

http://physics.uwb.edu.pl/labfiz/siec/info/dokumentacja_oeiizk/pdf/CLab_II.pdf oraz

http://physics.uwb.edu.pl/labfiz/siec/info/dokumentacja_oeiizk/manuals/d006.pdf

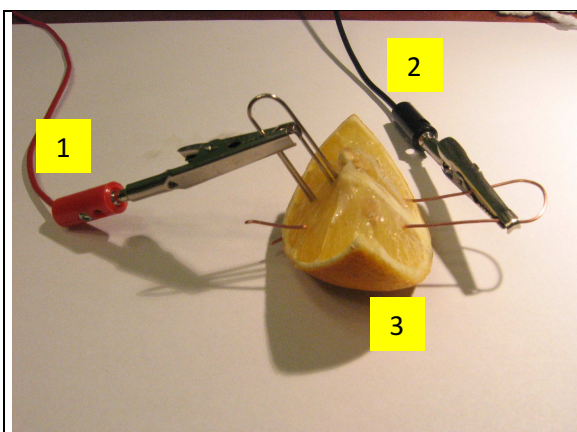
Ogniwa galwaniczne z owoców.

Do doświadczeń potrzebne będą następujące elementy: ćwiartka jabłka , cytryny, płytki metalowe 10x70x1 mm wykonane z miedzi, aluminium, stali, ... (ostatecznie mogą to być spinacze biurowe, kawałki drutu miedzianego - 2 x 5 cm x 0.5-1 mm średnicy) oraz kabelki zakończone wtykami 4 mm i odpowiednia liczba „krokodyłków”.

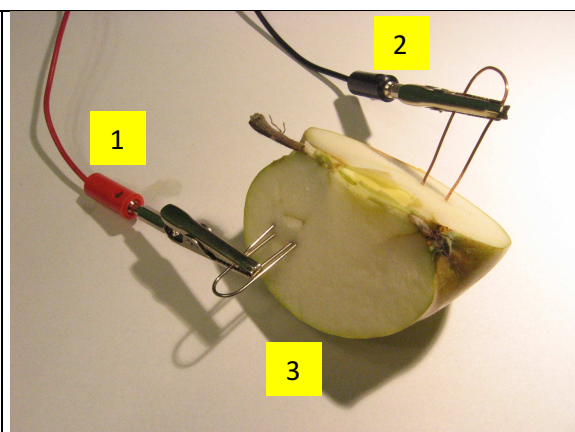
Elektrody wykonane z różnych metali wbijamy w owoc i podłączamy je przy pomocy przewodów zaopatrzonych w krokodyłki do wejścia pomiarowego 3 VIN.

Wybieramy w C5 czujnik Voltomierz (CMA) 0-5 V. Należy pamiętać o odpowiednim podłączeniu elektrod – czujnik nie pozwala na pomiary bipolarne. Zmieniamy ilość wyświetlanych miejsc dziesiętnych poprzez modyfikację we własnościach czujnika.

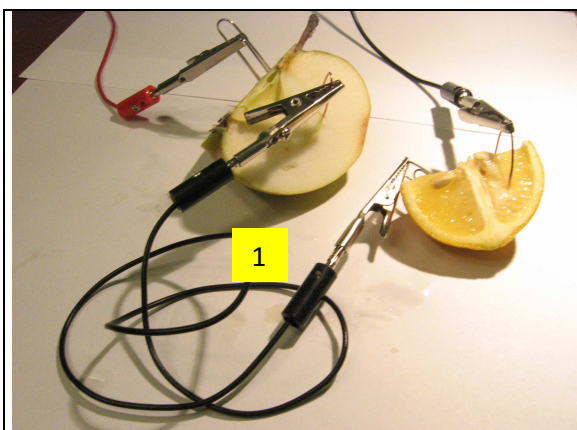
Wyniki przedstawiamy w postaci wartości – komputer pełni w tym przypadku rolę cyfrowego woltomierza. W czasie prezentacji można powiększyć maksymalnie okno pokazujące mierzoną wielkość.



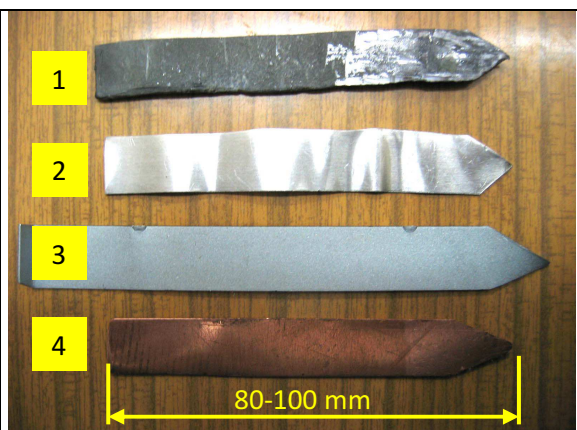
Rys. Ogniwo galwaniczne z cytryny, spinacza biurowego i kawałka miedzianego drutu. 1 – podłączenie do VIN, 2 –podłączenie masy, 3 – cytryna uzbrojona w elektrody



Rys. Ogniwo galwaniczne z jabłka, spinacza biurowego i kawałka miedzianego drutu. 1 – podłączenie do VIN, 2 –podłączenie masy, 3 – jabłko uzbrojone w elektrody



Rys. Ogniwa galwaniczne z jabłka i cytryny połączone szeregowo. 1 – połączenie obu ogniw – kabel łączy elektrodę miedzianą z żelazną



Rys. Elektrody użyte w doświadczeniu. 1- ołów, 2 – aluminium, 3 – stal (?), 4 -miedź

Lp	Materiał 1 (VIN)	Materiał 2 (masa)	Napięcie [V]
1	Miedź	Żelazo	0.869
2	Miedź	Ołów	0.420
3	Miedź	Aluminium	0.536
4	Mosiądz	Miedź	0.013
5	Mosiądz	Żelazo	0.867
6	Mosiądz	Aluminium	0.592
7	Mosiądz	Ołów	0.421
8	Ołów	Aluminium	0.189
9	Ołów	Żelazo	0.476
10	Żelazo	Aluminium	

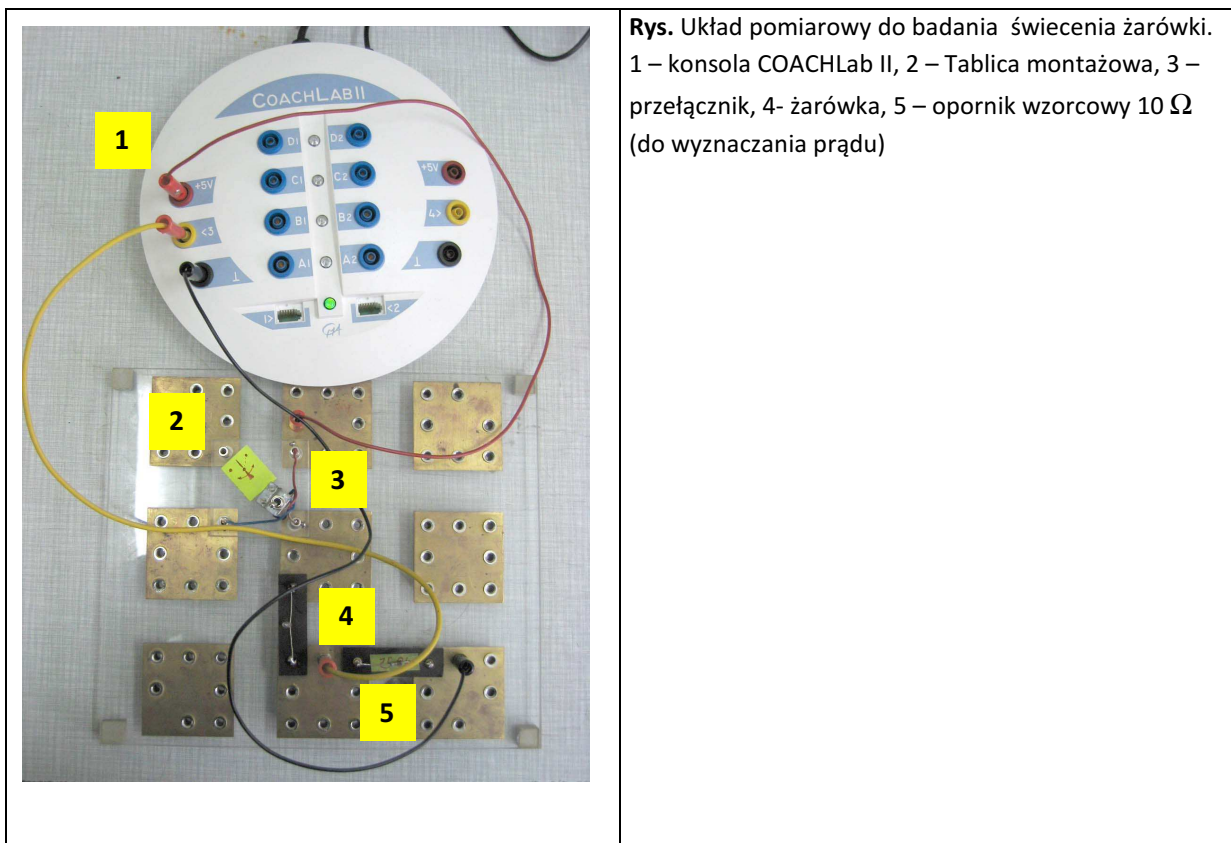
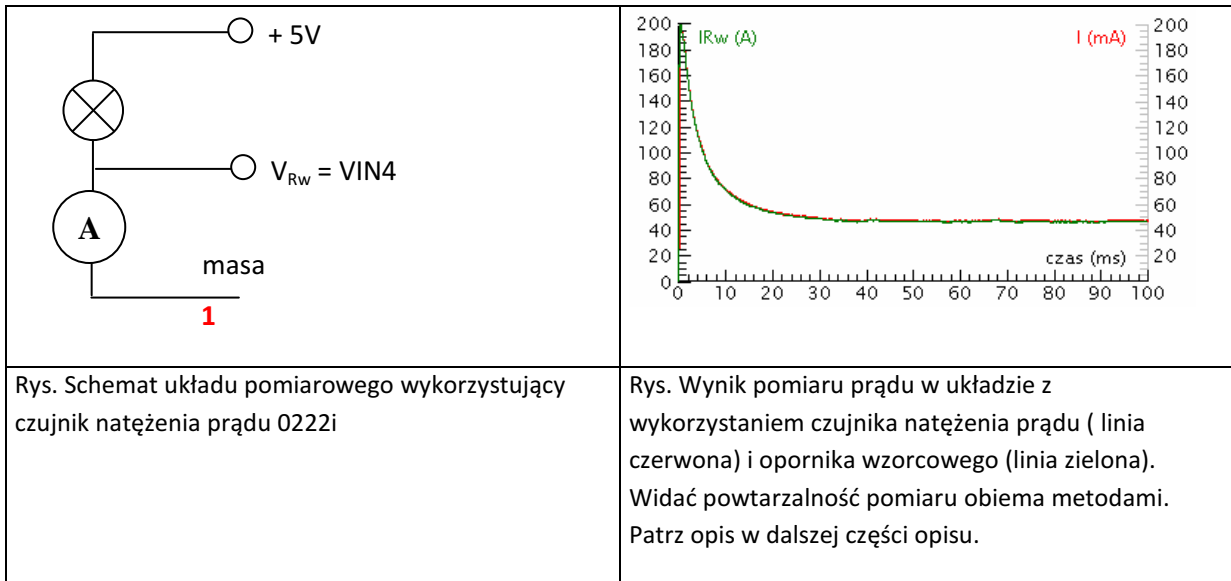
Rys. Wynik pomiaru napięć z użyciem różnego rodzaju elektrod metalowych.

Jako żelazo był użyty element blachy pokryty jakimś metalem – możliwy jest fałszywy wynik w tym elemencie.

Pomiar natężenia prądu

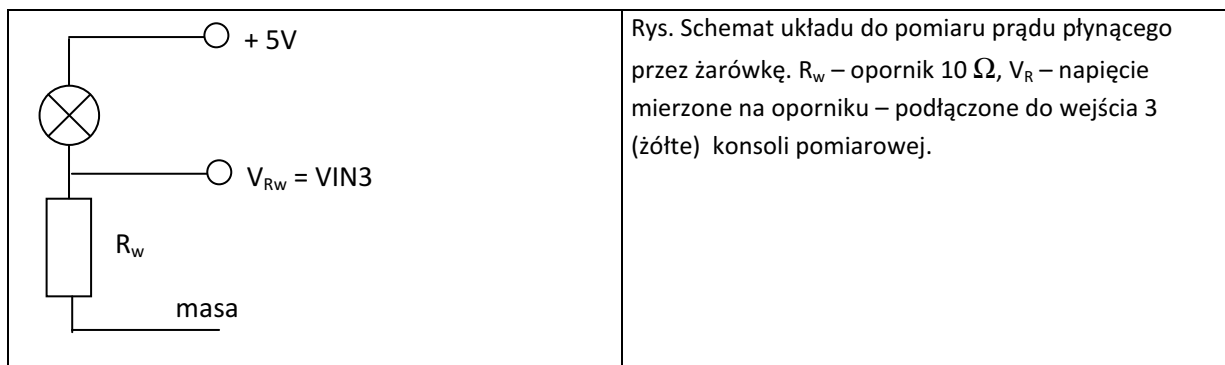
Napięcie pochodzi bezpośrednio z konsoli pomiarowej – wyjście +5V. Odbiornikiem jest żarówka (mała dość specyficzna ale do kupienia w elektronicznych sklepach – do podświetlania skali).

Pierwszy pomiar przeprowadzamy z wykorzystaniem czujnika prądu 0222i (<http://...>) o zakresie pomiarowym +/- 500 mA w układzie którego schemat przedstawiono poniżej.



Budujemy amperomierz

Wykorzystujemy układ zbudowany z szeregowo połączonej żarówki i opornika 10 Ω. Opór należy dobrać tak by był on równy około 10% oporu odbiornika (żarówki).



Jako czujnik wybieramy Woltomierz (CMA) 0-5 V. Ustawiamy trzy cyfry znaczące jako wynik wyświetlania i wykonujemy pomiar. Następnie otrzymany wynik przekształcamy korzystając z prawa Ohma $J=U/R$ tworząc kolejne pole wykresu/tabeli. Używając cały czas tego samego opornika możemy wstępnie ustawić kalibrację czujnika tak by wyświetlane dane były przedstawione od razu jako wielkość prądu.

Na podstawie wartości średniej z tabeli uzyskałem pomiar prądu płynącego przez żarówkę $I=0.048$ A. Przez żarówkę i opornik płynie zgodnie z prawem Kirchoffa ten sam prąd.

UWAGA! Wejście 3 nie dało się wymusić do pomiarów w zakresie 0-5V. Dawało niepoprawne wyniki. Po zastosowaniu czujnika +/- 10 V wszystko działało poprawnie.

Pomiar oporu włókna żarówki

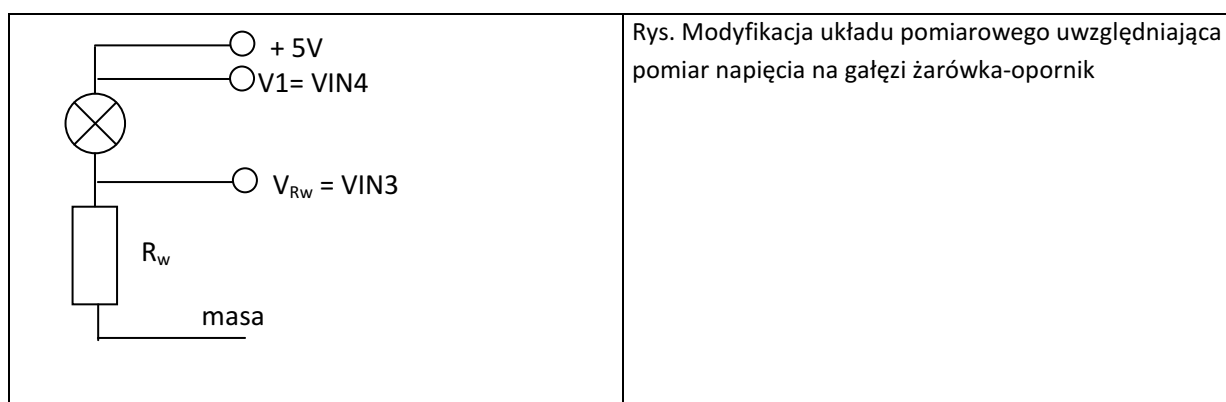
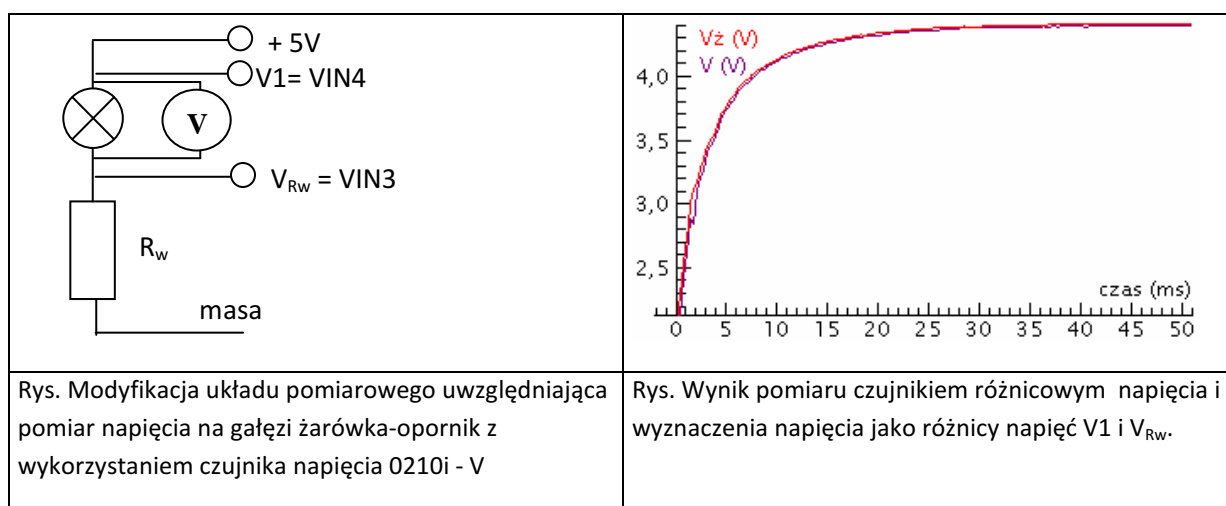
Mamy pomiar oporu włókna żarówki z wykorzystaniem miernika uniwersalnego, próba 8-siem sztuk:

9.4
9.2
8.8
8.8
9.5
8.7
8.6
9.2
9.025 Wartość średnia
0.341216 Odchylenie standardowe

4% Błąd względny

Rys. Tabela: Wynik pomiaru oporu włókna żarówki

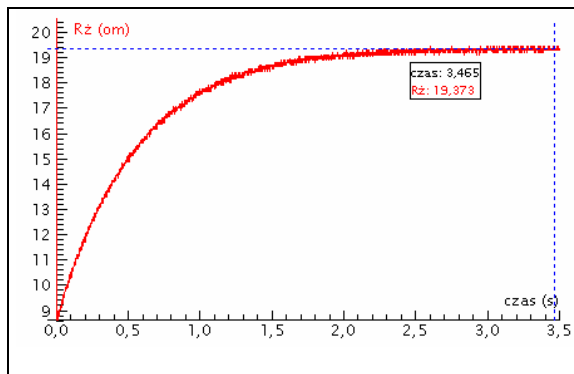
Aby wykonać pomiar oporu włókna żarówki przy pomocy zestawu CoachLab II należy skorzystać z powyższego układu do pomiaru prądu. Wprowadzamy modyfikację w postaci dodatkowego pomiaru napięcia żarówka-opornik V1. Pozwoli to nam określić zmianę napięcia na żarówce jako różnice napięć V1 i V_{R_w} . Jako porównanie tej metody poniżej wyniki z użyciem różnicowego czujnika napięć 0210i (http://physics.uwb.edu.pl/labfiz/siec/info/dokumentacja_oeiizk/manuals/d0210i.pdf)



W pole kolejnego wykresu wstawiamy regułę: $(V1 - V_{R_w}) / 0.048$. Uwzględnia ona pomiar napięcia na żarówce i prąd przez nią płynący. W wyniku takiego pomiaru mamy opór rozgrzanej żarówki $R_z = 92.96 \Omega$.

Jeżeli chcemy wyznaczyć opór włókna zimnego należy tak dobrać wartość opornika R_w aby spadek napięcia na nim był dostatecznie duży, tak by włókno żarówki nie wykazywał świecenia. W naszym przypadku był to opornik 300Ω . W wyniku mniejszej mocy wydzielającej się na naszym odbiorniku (żarówka) $P = U \times I$, włókno żarówki nie osiąga temperatury świecenia, choć z obserwacji zmiany oporu można wnioskować o zmianie temperatury żarnika. Początkowa wartość oporu odpowiada

oporowi zimnej żarówki. Przed wykonaniem pomiaru wyznaczamy prąd płynący przez nowy układ. W tym przypadku $R_z=8.97 \Omega$. Osiągnięta wartość końcowa wynosi $R_z=19.4 \Omega$.



Rys. Wynik pomiaru oporu włókna żarówki nie osiagającej stanu świecenia. Początkowa wartość oporu $R_z=8.97\Omega$. W fazie końcowej osiąga ona 19.4Ω – włókno żarówki nagrzewa się w czasie 3.5 sekundy.

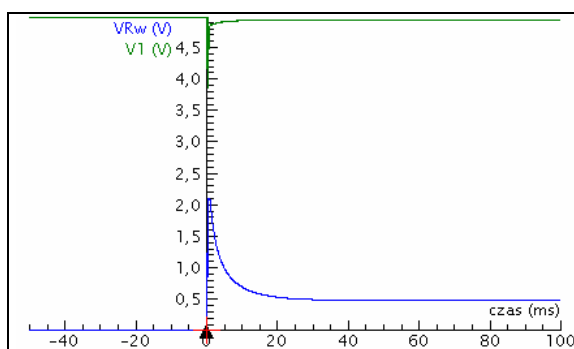
W regułkach ustawiamy zamianę napięcia na oporniku na prąd, następnie wyliczamy zmianę oporu całego układu, a jako ostatnią operację odejmujemy stały opór związany z opornikami wzorcowymi.

W badaniu tym można posłużyć się innym podejściem. Definicje kolejnych tabel można sprowadzić do użycia oporu R_w użytego w danym badaniu.

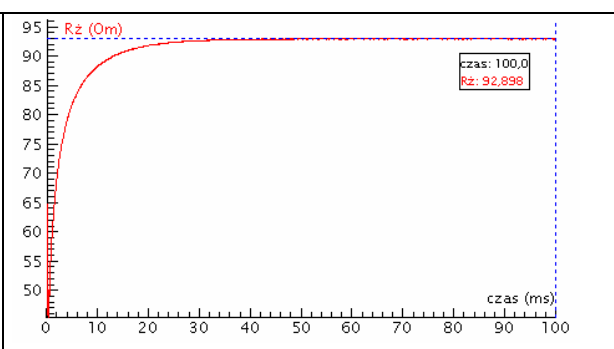
Włączanie żarówki

Wraz z włączaniem żarówki jesteśmy w stanie obserwować efekt zmiany oporu jej włókna pod wpływem zmieniającej się temperatury włókna tak jak zostało to pokazane poprzednio. Spróbujmy teraz wychwycić całą dynamikę nie ograniczając świecenia żarówki dużym opornikiem.

Jako czujnik wybieramy Woltomierz (CMA) 0-5 V. Ustawiamy trzy cyfry znaczące jako wynik wyświetlania, czas pomiaru na 150 ms i częstotliwość próbkowania 10 razy na milisekundę. W nastawieniu pomiaru określamy też czas przed wyzwoleniem na 50 ms, oraz reakcję na rosnące napięcie przy progu. Wynik pomiaru napięcia i wyznaczenia prądu w układzie



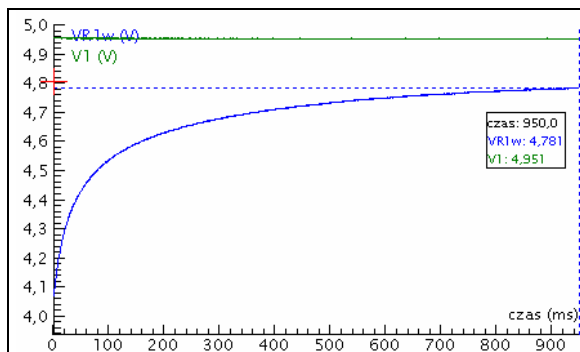
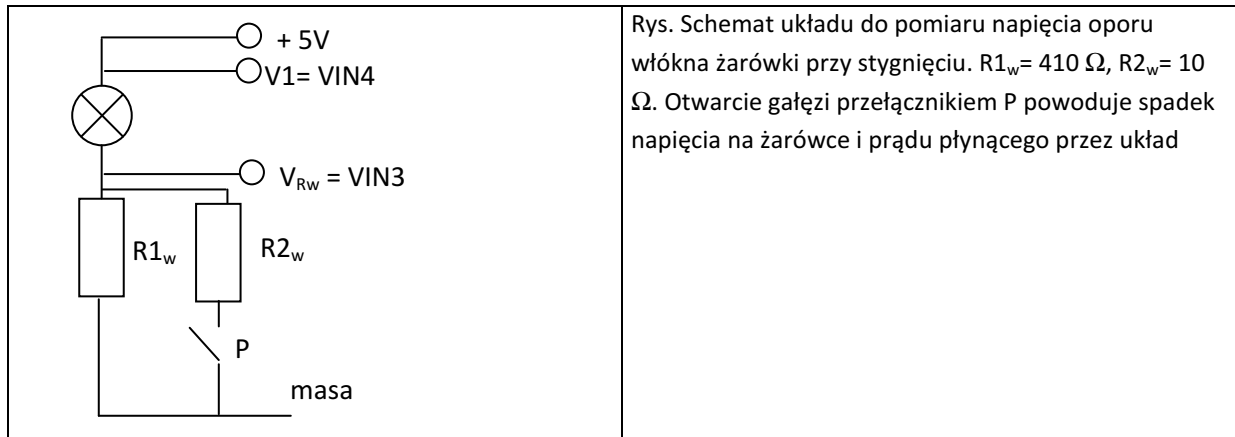
Rys. Wynik pomiaru napięcia na żarówce i oporniku wzorcowym. Pomiar w czasie 150 ms został wyzwolony napięciem pojawiającym się na wejściu



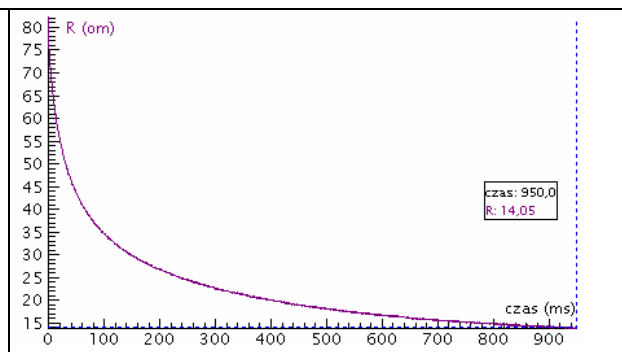
Rys. Wynik pomiaru oporu włókna żarówki osiagającej stan świecenia. W fazie końcowej $R_z=92.90 \Omega$

Efekt wyłączeniowy.

Do wykonania tego pomiaru należy tak zmodyfikować układ by możliwy był pomiar minimalnego prądu w momencie wyłączenia żarówki. Wygląda to następująco:



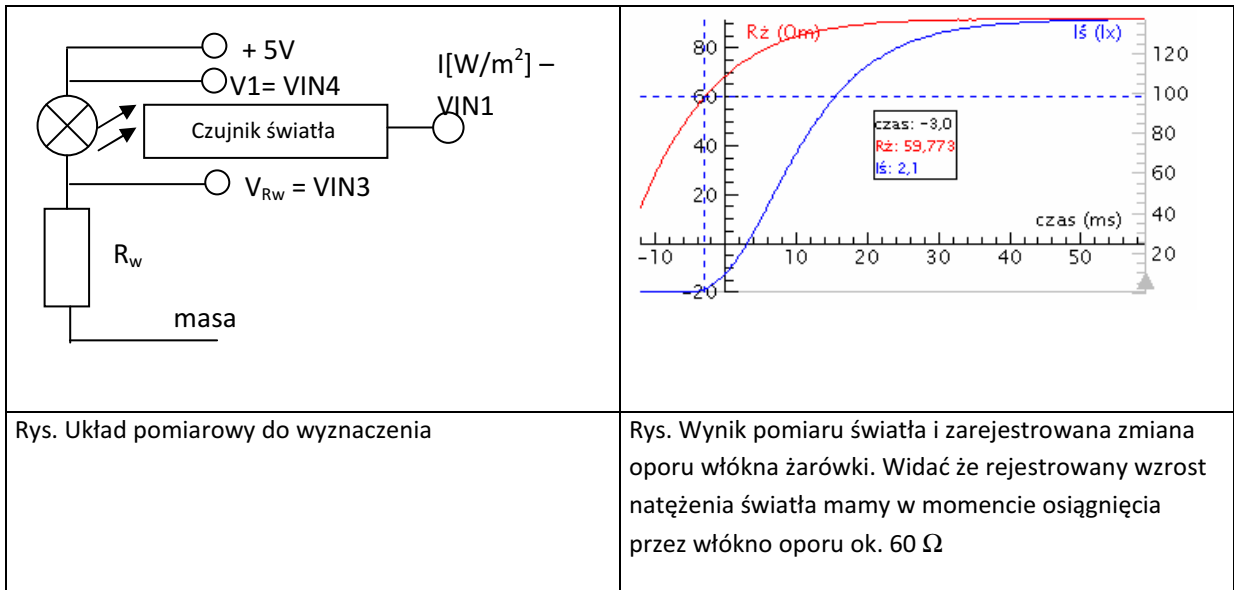
Rys. Pomiar napięcia na V_1 i oporniku R_{1w} w czasie wyłączenia.



Rys. Dynamika oporu żarówki w czasie wyłączenia. Z powodu przepływu prądu efekt ten jest wydłużony, a opór końcowy $R_z = 14.05 \Omega$

Pomiar zmian natężenia światła

Przy pomocy czujnika światła będziemy rejestrować zmiany natężenia światła. Poza zmianami światła będziemy rejestrować napięcia na oporniku wzorcowym i układzie opornik-żarówka. Pozwoli to nam porównać zmiany prądu płynącego przez układ, zmianę oporu włókna ze zmianami świecenia żarówki.



Opór włókna żarówki jako funkcję temperatury opisuje zależność : $R_z(T) = R_0(1+\alpha\Delta T)$.

Dla wolframu (?) $\alpha = 0.004$ 1/K. Znając opór żarówki $R_z(t)$ zmierzony doświadczalnie możemy wykreślić zależność $T(t) = 1/\alpha (R(t)/R_0-1)+20$. (t –czas)

