

# FENIKS

- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

## Fizyka w służbie człowieka

### Dodatkowy pakiet dydaktyczny dla Beneficjentów Ostatecznych

**Dr Paweł Jakubczyk**

*Institut Fizyki, Uniwersytet Rzeszowski  
ul. Rejtana 16C, 35-311 Rzeszów*

<http://feniks.ujk.kielce.pl/>

<http://fonon.univ.rzeszow.pl>



*- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo - technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów*

Projekt współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## SPIS ĆWICZEŃ

1.	POMIAR NAPIĘCIA I NATĘŻENIA PRĄDU PRZEMIENNEGO .....	3
2.	POMIAR PRZESUNIĘCIA FAZOWEGO W OBWODZIE PRĄDU PRZEMIENNEGO.....	6
3.	ROZŁADOWANIE KONDENSATORA .....	9
4.	PRAWO OHMA.....	12
5.	BADANIE ZJAWISKA INDUKCJI ELEKTROMAGNETYCZNEJ .....	15
6.	BADANIE ZALEŻNOŚCI MIĘDZY NATĘŻENIEM PRĄDU A NAPIĘCIEM DLA ŻARÓWKI.....	19
7.	SZEREGOWE I RÓWNOLEGŁE ŁĄCZENIE OPORNIKÓW.....	22
8.	PRAWO STYGNĘCIA NEWTONA .....	25
9.	POMIAR POŁOŻENIA I PRĘDKOŚCI .....	28
10.	STEROWANIE LAMPKAMI – ELEMENTY MODELOWANIA .....	31
11.	LABORATORYJNY MODEL ELEKTROWNI WIATROWEJ. BADANIE PRACY SIŁOWNIKA WIATROWEGO. WERSJA COACH. ....	33
12.	MINI MODUŁ FOTOWOLTAICZNY. PRODUKUJEMY PRĄD STAŁY .....	36
13.	WYZNACZANIE SPRAWNOŚCI MODUŁU FOTOWOLTAICZNEGO.....	38
14.	WIATRAKI, CZYLI PRZETWARZANIE ENERGII MECHANICZNEJ NA ELEKTRYCZNĄ. ....	40
15.	WYZNACZANIE MOCY MAKSYMALNEJ BATERII OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH. ....	42
16.	FOTOKONWERSJA, CZYLI JAK WYKORZYSTAĆ ENERGIE SŁONECZNĄ.....	44

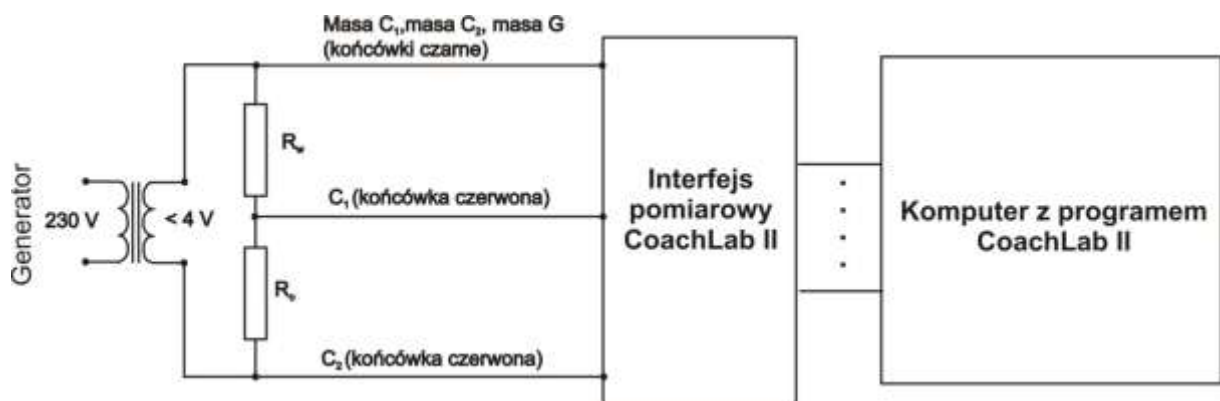
# 1. POMIAR NAPIĘCIA I NATĘŻENIA PRĄDU PRZEMIENNEGO

## Cel ćwiczenia:

Pomiar napięcia i natężenia prądu przemiennego za pomocą komputera.  
Zastosowanie komputera do badania przebiegu zmian napięcia i natężenia prądu przemiennego w czasie.  
Zastosowanie komputera do tworzenia wykresów i analizy danych.

## Krótki opis ćwiczenia:

Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy układ elektryczny jak na Rys. 1 (końcówki  $C_1$  i  $C_2$ , oraz ich masy). Następnie, przy pomocy komputera dokonujemy kolejno rejestracji napięcia i natężenia prądu w czasie.



Rys. 1. Układ elektryczny do pomiaru natężenia i napięcia prądu przemiennego. W punktach  $C_1$  i  $C_2$  podłączamy sondy pomiarowe CoachLab'a. Sygnał z punktu  $C_1$  jest miarą natężenia prądu, sygnał z punktu  $C_2$  jest miarą napięcia.

## Wymagana wiedza ucznia:

Zmiennosc prądu i napięcia przemiennego w czasie.  
Matematyczny opis funkcji sinus.  
Parametry sygnału sinusoidalnego (amplituda, częstość kołowa, okres, częstotliwość).  
Napięcie i natężenie skuteczne prądu przemiennego.  
Obsługa programu komputerowego CoachLab II.

## Badane zjawisko

Prąd przemienny  $I$  popularnie nazywany zmiennym, jest prądem, który zmienia się w czasie zgodnie ze wzorem:

$$I = I_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

gdzie  $I_0$  oznacza wartość maksymalną, czyli amplitudę,  $t$  – czas,  $\omega$  – tak zwana częstość kołowa zwaną również częstotliwością. Występują związki:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{lub} \quad \omega = 2\pi\nu, \quad \text{oraz} \quad \nu = \frac{1}{T} \quad (2)$$

gdzie  $T$  jest okresem drgań, a  $\nu$  – częstością.

Podobnym wzorem wyraża się napięcie elektryczne:

$$U = U_0 \sin \omega t. \quad (3)$$

Z uwagi na periodyczne zmiany napięcia i natężenia prądu, zmienia się również chwilowa wartość mocy

wydzielanej przez prąd przemienny. Ważnym pojęciem jest napięcie lub natężenie skuteczne prądu przemiennego definiowane jako taka wartość natężenia lub napięcia prądu stałego, która wydziela taką samą energię w odbiorniku jak prąd przemienny. Wartości skuteczne natężenia lub napięcia są proporcjonalne do amplitudy, czyli wartości szczytowych tych wielkości:

$$I_s = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0 \quad \text{lub} \quad U_s = \frac{1}{\sqrt{2}} U_0. \quad (4)$$

### Przyrządy pomiarowe:

Zestaw komputerowy z interfejsem pomiarowym CoachLab II.

Generator prądu sinusoidalnego z regulowaną częstotliwością i amplitudą (0-10V).

Oporniki **100 i 1000 Ohm**.

Tablica do połączeń.

Przewody elektryczne.

### Wykonanie doświadczenia:

a) Pomiar napięcia

1. Połącz układ elektryczny do pomiaru napięcia, zgodnie z Rys. 1 (nie włączaj napięcia zasilającego).
2. Ustaw napięcie na generatorze **10V**, częstotliwość **50 Hz**.
3. Podłącz wyjście układu elektrycznego (końcówka C<sub>2</sub>) z wejściem sondy do pomiaru napięcia zestawu pomiarowego CoachLab II.
4. Uruchom komputer.
5. Uruchom program do obsługi interfejsu pomiarowego CoachLab II (*Start/Programy/Coach 5 PL/Autor* z zakładki „Wybór projektu” wybierz projekt *FENIKS* następnie z zakładki „Wybór ćwiczenia” wybierz ćwiczenie „Pomiar napięcia i natężenia prądu przemiennego”).
6. Ustaw parametry pomiaru, czas pomiaru **30ms**, częstotliwość pomiaru **2500/s**.
7. Ustaw parametry wykresu, na osi odciętych czas  $t$  [ms] (rzędu kilkudziesięciu ms < 50ms), na osi rzędnych napięcie  $U$  [V].
8. Wykonaj pomiar napięcia jako funkcję czasu (wciśnij zielony przycisk START z górnego menu).

Obliczenie napięcia

1. Otrzymany wykres  $U(t)$  spróbuj przybliżyć funkcją trygonometryczną sinus (Ikona: *Narzędzia*, Menu: *Analiza / Dopasowanie funkcji*) i odczytaj funkcję opisującą otrzymany przebieg.
2. Sprawdź, czy otrzymana funkcja odtwarza tabelę (Ikona: *Prezentuj tabelę*) związaną z otrzymanym przebiegiem.
3. Z funkcji otrzymanej w pkt. 1 odczytaj amplitudę  $U_0$ .
4. Wykorzystując opcję pomiaru pola powierzchni pod wykresem odczytaj okres  $T$ .
5. Z wzoru  $\nu = \frac{1}{T}$  oblicz częstotliwość  $\nu$ .
6. Z wzoru  $\omega = 2\pi\nu$  oblicz częstość kołową  $\omega$ .
7. Z wzoru  $U_s = \frac{1}{\sqrt{2}} U_0$  oblicz napięcie skuteczne  $U_s$ .
8. Oblicz wartości bezwzględne napięcia (Ikona: *Prezentuj tabelę*) a następnie dla tej kolumny dokonaj obliczenia wartości średniej. **Otrzymana średnia powinna być równa wartości napięcia skutecznego.**

b) Pomiar natężenia prądu

1. Dokonaj wzorcowania natężenia prądu (tj. zamień wartość napięcia  $U$  (sygnał  $C_1$ ) na oporniku wzorcowym  $R_1$  włączonym szeregowo w obwód elektryczny na Rys. 1 na wartość natężenia prądu  $I = \frac{U}{R_1}$ ).
2. Ustaw parametry wykresu, na osi odciętych czas  $t$  [ms] (rzędu kilkudziesięciu  $ms < 50ms$ ), na osi rzędnych napięcie  $U$  [V].
3. Wykonaj pomiar natężenia prądu jako funkcję czasu (wciśnij zielony przycisk START z górnego menu).

#### Obliczenia natężenia

1. Otrzymany wykres  $I(t)$  spróbuj przybliżyć funkcją trygonometryczną sinus (Ikona: *Narzędzia*, Menu: *Analiza / Dopasowanie funkcji*) i odczytaj funkcję opisującą otrzymany przebieg.
2. Sprawdź, czy otrzymana funkcja odtwarza tabelę (Ikona: *Prezentuj tabelę*) związaną z otrzymanym przebiegiem.
3. Z funkcji otrzymanej w pkt. 1 odczytaj amplitudę  $I_0$ .
4. Przedstaw wykresy  $I(t)$  oraz  $U(t)$  na jednym układzie współrzędnych, porównaj te wykresy mając na uwadze amplitudę i okres.
5. Z wzoru  $I_s = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0$  oblicz napięcie skuteczne  $I_s$ .
6. Oblicz wartości bezwzględne natężenia prądu (Ikona: *Prezentuj tabelę*) a następnie dla tej kolumny dokonaj obliczenia wartości średniej. **Otrzymana średnia powinna być równa wartości prądu skutecznego.**
7. Oblicz wartość mocy wydzielanej w układzie z wzoru  $P=U_s I_s$ .

#### Literatura

H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.  
 H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.  
 H. Szydłowski (red), *Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.  
 Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>  
<http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>

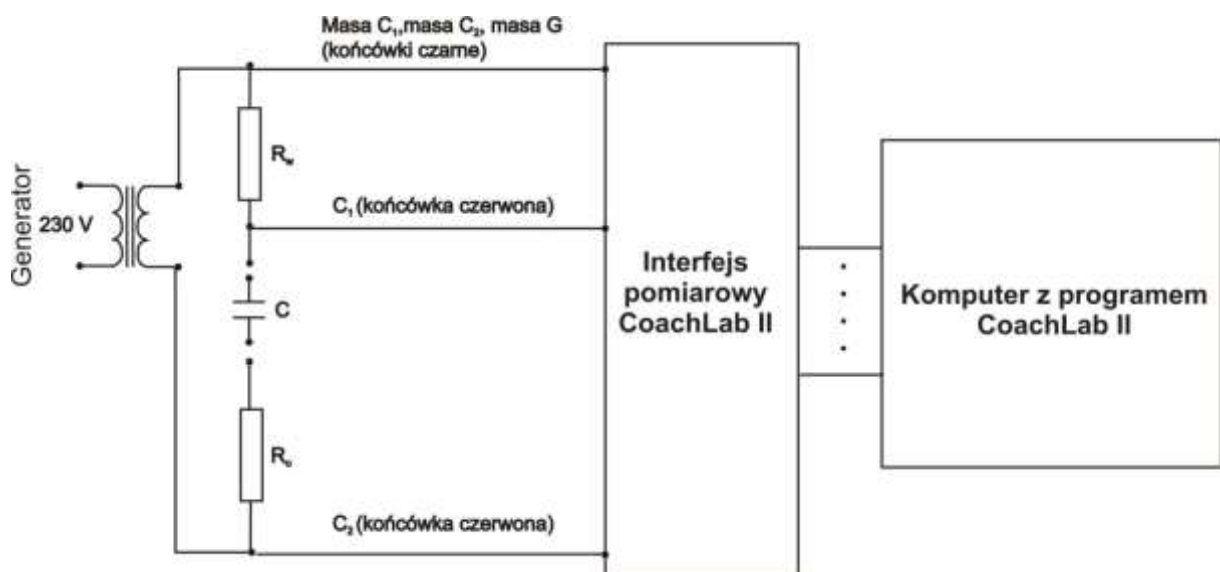
## 2. POMIAR PRZESUNIĘCIA FAZOWEGO W OBWODZIE PRĄDU PRZEMIENNEGO

### Cel ćwiczenia:

Pomiar napięcia i natężenia prądu przemiennego za pomocą komputera.  
Zastosowanie komputera do badania przebiegu zmian napięcia w czasie.  
Zastosowanie komputera do jednoczesnej analizy kilku serii danych.  
Zastosowanie komputera do wyznaczenia przesunięcia fazowego między przyłożonym napięciem i prądem.

### Krótki opis ćwiczenia:

Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy układ elektryczny jak na Rys. 1 (końcówki  $C_1$  i  $C_2$ ). Następnie, przy pomocy komputera dokonujemy rejestracji napięcia i natężenia prądu w czasie.



Rys. 1. Układ elektryczny do pomiaru przesunięcia fazowego w obwodzie prądu przemiennego. W punktach  $C_1$  i  $C_2$  podłączamy sondy pomiarowe CoachLab'a. Sygnał z punktu  $C_1$  jest miarą natężenia prądu, sygnał z punktu  $C_2$  jest miarą napięcia prądu.

### Wymagana wiedza ucznia:

- Zmienność w czasie napięcia i natężenia prądu sinusoidalnego
- Znajomość parametrów przebiegu sinusoidalnego (amplituda, częstość, okres drgań)
- Przesunięcie fazowe pomiędzy napięciem a natężeniem prądu przemiennego
- Napięcie i natężenie skuteczne prądu przemiennego
- Moc prądu przemiennego wydzielanego w obwodzie prądu przemiennego, w którym występuje przesunięcie fazy.

### Badane zjawisko

Napięcie prądu przemiennego  $U$  zmienia się w czasie według wzoru:

$$U = U_0 \sin(\omega t), \quad (1)$$

gdzie  $U_0$  oznacza wartość maksymalną, czyli amplitudę,  $t$  – czas,  $\omega$  – tak zwaną częstość kołową zwaną również częstotliwością. Występują związki:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{lub} \quad \omega = 2\pi\nu, \quad \text{oraz} \quad \nu = \frac{1}{T} \quad (2)$$

gdzie  $T$  jest okresem drgań, a  $\nu$  - częstotliwością.

W obwodzie, w którym elementami obwodu poza tzw. opornikami bezindukcyjnymi są również kondensatory lub cewki natężenie prądu wyraża się wzorem:

$$I = I_0 \sin(\omega t + \varphi), \quad (3)$$

gdzie  $\varphi$  jest przesunięciem fazy pomiędzy napięciem a natężeniem prądu.

Z uwagi na periodyczne zmiany napięcia i natężenia prądu, zmienia się również chwilowa wartość mocy wydzielanej przez prąd przemienny. Ważnym pojęciem jest napięcie lub natężenie skuteczne prądu przemiennego definiowane jako taka wartość natężenia lub napięcia prądu stałego, która wydziela taką samą energię w odbiorniku jak prąd przemienny. Wartości skuteczne natężenia lub napięcia są proporcjonalne do amplitudy, czyli wartości szczytowych tych wielkości:

$$I_s = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0 \quad \text{lub} \quad U_s = \frac{1}{\sqrt{2}} U_0 \quad (4)$$

Moc prądu przemiennego wydzielanego w obwodzie prądu przemiennego, w którym występuje przesunięcie fazy wyraża się wzorem:

$$P = U_s I_s \cos \varphi. \quad (5)$$

Przesunięcie fazowe jest związane z wielkościami charakteryzującymi cewkę (współczynnik indukcji własnej  $L$ ) lub kondensator (pojemność  $C$ ) następującymi związkami:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R}, \quad \text{lub} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{R \omega C}. \quad (6)$$

### Przyrządy pomiarowe:

Zestaw komputerowy.

Interfejs pomiarowy z programem CoachLab II.

Generator napięcia sinusoidalnego.

Oporniki **100, 1000 Ohm**.

Kondensator **2,2 10<sup>-6</sup> Farada**.

Tablica do połączeń.

Przewody elektryczne.

### Wykonanie doświadczenia:

- Połącz układ elektryczny do pomiaru przesunięcia fazowego w obwodzie prądu przemiennego, zgodnie z Rys. 1, bez kondensatora  $C$  (nie włączaj napięcia zasilającego).
- Ustaw napięcie na generatorze **10V**, częstotliwość **50 Hz**
- Podłącz wyjście układu elektrycznego (końcówki  $C_1$  i  $C_2$ ) z wejściami sond pomiarowych zestawu pomiarowego CoachLab II. Końcówka  $C_1$  do sondy pomiarowej prądu, końcówka  $C_2$  do sondy pomiarowej napięcia.
- Uruchom komputer.
- Uruchom program do obsługi interfejsu pomiarowego CoachLab II (*Start/Programy/Coach 5 PL/Autor* z zakładki „Wybór projektu” wybierz projekt *FENIKS* następnie z zakładki „Wybór ćwiczenia” wybierz ćwiczenie „Pomiar przesunięcia fazowego w obwodzie prądu przemiennego”).
- Dokonaj wzorcowania kanału mierzącego natężenie prądu (tj. zamień wartość napięcia  $U$  (sygnał  $C_1$ ) na oporniku wzorcowym  $R_1$  włączonym szeregowo w obwód elektryczny na Rys. 1 na wartość natężenia prądu  $I = \frac{U}{R_1}$ ).
- Ustaw parametry wykresu pomiaru napięcia prądu, na osi odciętych czas  $t$  [ms] (rzędu kilkudziesięciu ms < 50 ms), na osi rzędnych napięcie  $U$  [V].

8. Ustaw parametry wykresu pomiaru natężenia prądu, na osi odciętych czas  $t$  [ms] (rzędu kilkudziesięciu  $ms < 50 ms$ ), na osi rzędnych natężenie  $I$  [A].
9. Ustaw parametry pomiaru: **czas pomiaru 100ms, częstotliwość pomiaru 2500/s.**
10. Wykonaj pomiary napięcia i natężenia prądu jako funkcje czasu, otrzymując dwie krzywe na dwóch różnych wykresach (wcisnij zielony przycisk START z górnego menu).

## Obliczenia

1. Sprowadź obydwie otrzymane krzywe przedstawiające czasowe przebiegi napięcia i natężenia prądu na jeden wykres, otrzymując dwie sinusoidy. W tym celu należy najpierw zapisać wyniki (Ikona: *Zapisz wyniki jako ...*), następnie można wczytać zapisane dane do innego wykresu (Ikona: *Narzędzia / Wczytanie wykresu w tło ...*).
2. Odczytaj z otrzymanych wykresów amplitudy  $U_0$  i  $I_0$  (Ikona: *Prezentuj tabelę*).
3. Zmier w jednostkach czasu odległość  $t$  wybranych (tych samych) punktów obydwu wykresów. Najdokładniej możesz to wykonać dla punktów przejścia przez zero. W tym celu skorzystaj z opcji odczyt punktów (Ikona *Narzędzia/Przesunięcie wykresu w tło*).
4. Oblicz przesunięcie fazowe z wzoru:  $\varphi = 2\pi \frac{t}{T}$
5. Wykorzystując opcję pomiaru pola powierzchni pod wykresem odczytaj okres  $T$ .
6. Z wzoru  $U_s = \frac{1}{\sqrt{2}} U_0$  oblicz napięcie skuteczne  $U_s$
7. Z wzoru  $I_s = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0$  oblicz napięcie skuteczne  $I_s$
8. Oblicz moc prądu przemiennego wydzielanego w obwodzie prądu przemiennego, w którym występuje przesunięcie fazy z wzoru  $P = U_s I_s \cos \varphi$ .
9. **Powtórz operacje wykonywane w punktach od 1 do 8 dla obwodu z wpiętym kondensatorem  $C$  (jak na Rys. 1).**

## Literatura

1. H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.
2. H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.
3. H. Szydłowski (red), *Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.
4. Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>
5. <http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>



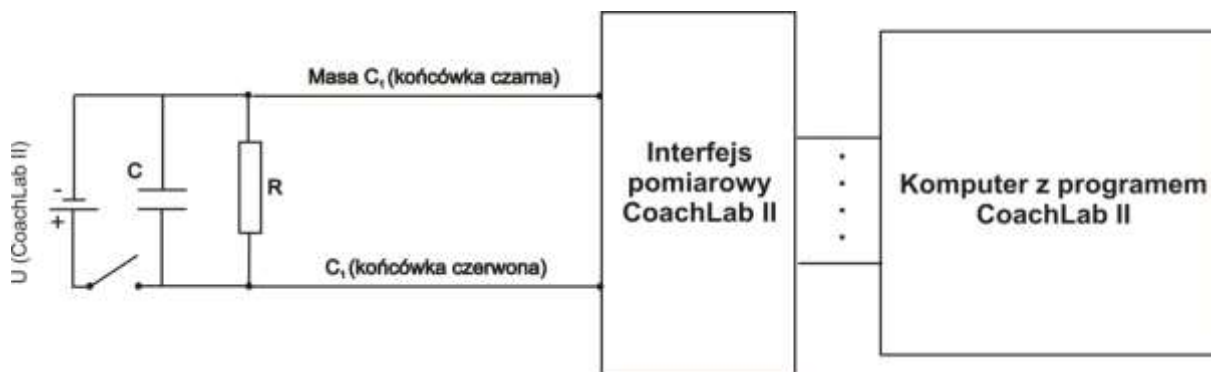
### 3. ROZŁADOWANIE KONDENSATORA

#### Cel ćwiczenia:

Pomiar różnicy potencjałów między okładkami kondensatora podczas jego ładowania i rozładowania.  
Określenie stałej czasowej układu RC.  
Porównanie stałej otrzymanej doświadczalnie z wyliczoną z wartości elementów R i C.  
Zastosowanie komputera do tworzenia wykresów i analizy danych.

#### Krótki opis ćwiczenia:

Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy układ elektryczny jak na Rys. 1. Następnie, przy pomocy komputera dokonujemy rejestracji napięcia w czasie podczas rozładowania kondensatora.



Rys. 1. Układ elektryczny do pomiaru napięcia na okładkach kondensatora C podczas jego rozładowania. W punkcie C<sub>1</sub> podłączamy sondę pomiarową CoachLab'a. Sygnał z punktu C<sub>1</sub> jest miarą napięcia.

#### Wymagana wiedza ucznia:

- Budowa kondensatora.
- Parametry sygnału eksponentialnego.
- Ładunek elektryczny, pojemność kondensatora.
- Obsługa programu komputerowego CoachLab II.

#### Badane zjawisko

Energia elektryczna jest często gromadzona w kondensatorze elektrycznym - elemencie, który możemy znaleźć niemalże w każdym układzie elektrycznym i elektronicznym. Prostim kondensatorem jest para przewodzących płytek umieszczonych w niewielkiej odległości od siebie. Ilość zgromadzonego w kondensatorze ładunku Q jest proporcjonalna do różnicy potencjałów między jego okładkami. Fakt ten możemy zapisać równością:  $Q=C*V$ , gdzie C jest wielkością charakteryzującą kondensator zwaną pojemnością.

Jeżeli płaszczyzny kondensatora zostaną połączone za pomocą przewodnika o oporze elektrycznym R, ładunek przepływa i kondensator zostaje 'rozładowany'.

W myśl prawa Ohma  $I = \frac{V}{R}$ , definicji natężenia prądu elektrycznego  $I = -\frac{dQ}{dt}$  oraz zależności  $dQ = C*dV$

$$\frac{dV}{V} = -\frac{1}{RC} dt$$

$$V(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Różnica potencjałów pomiędzy okładkami kondensatora maleje z czasem jak funkcja eksponentyjna. Czas potrzebny na zmianę różnicy potencjałów o wartość  $1/e$  nosi nazwę stałej czasowej układu i zależy od wartości stałej  $RC$ .

Celem ćwiczenia jest określenie charakterystyki ładowania i rozładowania kondensatorów o różnej wartości pojemności

### Przyrządy pomiarowe:

Zestaw komputerowy.

Interfejs pomiarowy z programem CoachLab II.

Czujnik natężenia prądu i czujnik napięcia (w wersji uproszczonej jedynie czujnik napięcia).

Kondensator (**1000  $\mu\text{F}$** ).

Opornik (**800  $\Omega$** ).

Tablica do połączeń.

Przewody elektryczne

### Wykonanie doświadczenia:

1. Połącz elementy obwodu w sposób przedstawiony na Rysunku 1.
2. Podłącz czujnik napięcia i natężenia prądu do wejść interfejsu.
3. Uruchom program Coach, otwórz projekt *Feniks* i wybierz ćwiczenie '*Rozładowanie kondensatora*'.
4. Naładuj kondensator. Możesz wykorzystać zasilanie jednego z 4 mm wejść analogowych interfejsu CoachLab II (czerwone wejście bananowe = 5 V, czarne = 0 V) lub zewnętrzne źródło zasilania (5 V).
5. Ustaw parametry pomiaru: czas pomiaru **15s**, częstotliwość pomiaru **100/s**.
6. Rozpocznij pomiar naciskając zielony przycisk Start.
7. Odłącz przewody łączące kondensator ze źródłem zasilania by rozpocząć jego rozładowanie.
8. Pomiar zostanie uruchomiony automatycznie, gdy spełnione będą warunki wyzwania.
9. Powtórz eksperyment dla kondensatora o innej pojemności (np. **10  $\mu\text{F}$** ). Jak sądzisz, jak zmiana ta wpłynie na proces rozładowania?

### Obliczenia

Znajdź stałą czasową układu.

#### Metoda 1

Dopasuj funkcję eksponentyjną do otrzymanych wyników.

- Naciśnij prawy klawisz myszy w oknie Wykres i wybierz opcję '*Analiza > Dopasowanie funkcji*'.
- Wybierz funkcję:  **$y=a*\exp(b*y)+c$** .
- Uruchom dopasowanie automatyczne naciskając przycisk '*Auto*'.

#### Metoda 2

Logarytmując stronami (logarytm naturalny) równanie opisujące zmianę różnicy potencjału między okładkami kondensatora otrzymujemy:

$$\ln(V) = -\frac{1}{RC} t + \ln(V_0).$$

Zatem wykres zależności  $\ln(V)$  względem czasu  $t$  powinien być linią prostą.

- Naciśnij prawy klawisz myszy w oknie *Wykres* i wybierz '*Tworzenie/Edycja wykresu*'
- Jako źródło danych dla kolumny C3 wybierz '*Wzór*'. Użyj Edytora wzoru (przycisk '*Kreator*') i wybierz formułę  $\ln(V)$ .
- Ukryj kolumnę C3.
- Przedstaw nową tabelę jako wykres.

- Opcja 'Analiza > Nachylenie' pozwoli Ci znaleźć współczynnik kierunkowy prostej. Co określa współczynnik kierunkowy otrzymanej prostej?

Wylicz stałą czasową układu  $RC$  (opór w Ohmach -  $\Omega$  i pojemność w Faradach -  $F$ ) i porównaj wynik z wartością wyznaczoną w eksperymencie.

### Pytania i dodatkowe polecenia

1. Czy otrzymana przez Ciebie stała czasowa układu  $RC$  jest identyczna z wyliczoną? Wyłumacz istniejącą różnicę i spróbuj znaleźć jej przyczyny.
2. Jak zmiana pojemności wpływa na proces rozładowania kondensatora?
3. Jak zmiana oporu wpływa na proces rozładowania?
4. Utwórz wykres zależności  $I=f(V)$ . Jak powinna wyglądać ta zależność określona teoretycznie? Czy jest ona zgodna z zależnością otrzymaną w doświadczeniu?
5. Zmodyfikuj układ pomiarowy i ustawienia programu tak, by możliwym był pomiar procesu ładowania kondensatora.

### Literatura

H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.

H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.

H. Szydłowski (red), *Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.

Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>

<http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>

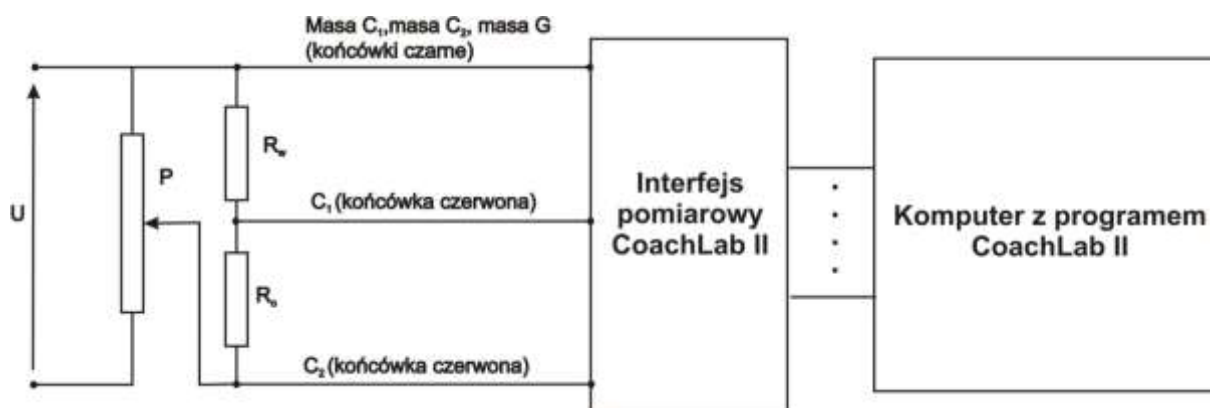
## 4. PRAWO OHMA

### Cel ćwiczenia:

- Pomiar napięcia i natężenia prądu stałego za pomocą komputera.
- Zastosowanie komputera do badania przebiegu zmian napięcia w czasie.
- Zastosowanie komputera do analizy danych.
- Zastosowanie komputera do tworzenia wykresów.
- Wyznaczanie oporu elektrycznego.

### Krótki opis ćwiczenia:

Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy układ elektryczny jak na Rys. 1 (końcówki  $C_1$  i  $C_2$ ). Następnie, przy pomocy komputera dokonujemy pomiarów napięcia i natężenia prądu.



Rys. 1. Układ elektryczny do pomiaru natężenia i napięcia prądu stałego. W punktach  $C_1$  i  $C_2$  podłączamy sondy pomiarowe CoachLab'a. Sygnał z punktu  $C_1$  jest miarą natężenia prądu, sygnał z punktu  $C_2$  jest miarą napięcia prądu.

### Wymagana wiedza ucznia:

- Prawo Ohma dla prądu stałego.
- Opornik elektryczny, potencjometr.
- Dzielnik napięcia.
- Czytanie schematów elektrycznych.

### Badane zjawisko

Zestaw złożony z komputera z urządzeniami peryferyjnymi i interfejsem pomiarowym mierzy wyłącznie napięcie elektryczne  $U$ . W celu wykonania pomiaru natężenia prądu postępujemy następująco: W szereg z odbiornikiem włączamy opornik o małym, dobrze znanym oporze elektrycznym  $R_w$ . Mierzmy spadek napięcia występujący na tym oporniku  $U$  i z prawa Ohma:  $U = R_w I$  obliczamy natężenie prądu  $I = U/R_w$ .

Oczywiście obliczenia natężenia prądu wykonuje komputer, a wyniki są prezentowane w amperach (A) lub jednostkach wielokrotnych względnie podwielokrotnych (mA itp.).

Jest to sytuacja przeciwna niż w przypadku powszechnie stosowanych analogowych mierników elektrycznych, które z reguły reagują na płynący prąd, czyli mierzą natężenie prądu elektrycznego. W celu zastosowania tych mierników do pomiaru napięcia, w szereg włącza się opornik o dużym dobrze znanym oporze elektrycznym.

Jeden z kanałów pomiarowych komputera (dowolny) może być wywzorcowany w taki sposób, by mierzył natężenie prądu. Możemy wykorzystać dwa kanały do równoczesnego pomiaru napięcia i natężenia prądu. W takim przypadku można równocześnie mierzyć obydwie wielkości na dwóch kanałach stosując w tym celu obwód elektryczny pokazany na rysunku 1. Układ można wykorzystać do wyznaczania oporu elektrycznego odbiornika energii elektrycznej (opornika).

Według prawa Ohma prąd płynący przez odbiornik energii jest proporcjonalny do przyłożonego napięcia, co tradycyjnie zapisujemy w postaci:

$$I \approx U, \quad \text{lub} \quad I = \frac{1}{R}U \quad (2)$$

gdzie  $1/R$  jest współczynnikiem proporcjonalności (zwanym również przewodnictwem elektrycznym) a  $R$  jest oporem elektrycznym. Bardzo często prawo Ohma piszemy w postaci:

$$U = R I \quad (3)$$

i wtedy współczynnikiem proporcjonalności między napięciem a natężeniem prądu jest opór elektryczny.

W przypadku obwodu pokazanego na rysunku 1 na kanale C1 mierzony jest spadek napięcia na łącznym oporze  $R + R_w$  i prawo Ohma ma postać:

$$U = (R + R_w) I \quad (4)$$

i opór elektryczny odbiornika  $R$  wyraża się wzorem:

$$R = \frac{U}{I} - R_w \quad (5)$$

który można przybliżyć postacią (3) tylko w przypadku, gdy  $R \gg R_w$ .

### Przyrządy pomiarowe:

Zestaw komputerowy.

Interfejs pomiarowy z programem COACH.

Źródło prądu – ogniwo elektryczne.

Oporniki radiowe i tablica do połączeń lub oporniki laboratoryjne.

Przewody elektryczne.

### Wykonanie doświadczenia:

1. Połącz układ elektryczny do sprawdzania prawa Ohma, zgodnie z Rys. 1. Źródłem prądu o napięciu  $U$  od 1 do 5V może być zasilacz, interfejs pomiarowy CoachLab II lub ogniwo. (nie włączaj napięcia zasilającego).
2. Podłącz wyjście układu elektrycznego (końcówki  $C_1$  i  $C_2$ ) z wejściami sond pomiarowych zestawu pomiarowego CoachLab II. Końcówka  $C_1$  do sondy pomiarowej prądu, końcówka  $C_2$  do sondy pomiarowej napięcia.
3. Uruchoń komputer.
4. Uruchoń program do obsługi interfejsu pomiarowego CoachLab II (*Start/Programy/Coach 5 PL/Autor* z zakładki „Wybór projektu” wybierz projekt *FENIKS* następnie z zakładki „Wybór ćwiczenia” wybierz ćwiczenie „Prawo Ohma”).
5. Dokonaj wzorcowania kanału mierzącego natężenie prądu (tj. zamień wartość napięcia  $U$  (sygnał  $C_1$ ) na oporniku wzorcowym  $R_1$  z Rys. 1 na wartość natężenia prądu  $I = \frac{U}{R_1}$  )
6. Ustaw parametry wykresu pomiaru napięcia prądu, na osi odciętych czas  $t$  [ms] (rzędu kilku s < 10 s), na osi rzędnych napięcie  $U$  [V]
7. Ustaw parametry wykresu pomiaru natężenia prądu, na osi odciętych czas  $t$  [ms] (rzędu kilku s < 10 s), na osi rzędnych natężenie  $I$  [A]
8. Wykonaj pomiar przy stałym napięciu. Ustaw maksymalne napięcie na potencjometrze  $P$  (pokrętko potencjometru  $P$  na rys. 1 w prawo do oporu). Włącz rejestrację wyników (wciśnij zielony przycisk *START* z górnego menu). Powinieneś otrzymać stałą wartość (linie prostą) na obydwu wykresach.

- Wykonaj pomiar przy zmiennym napięciu. Rejestrację wykonaj tak samo jak w punkcie 8, z tą różnicą, że po włączeniu rejestracji powoli zmieszaj napięcie kręcąc pokrętkiem potencjometru w lewo w tak dobranym stałym (równomiernym) tempie, by pod koniec rejestracji osiągnąć zero (wtedy pokrętko jest obrócone w lewo do oporu). W przypadku otrzymania brzydkiego wykresu próbę można powtórzyć.

## Obliczenia

(Obliczenia ograniczamy do wyników zarejestrowanych na końcowym wykresie)

- Skonstruuj tabelę o kolumnach: czas (C1), natężenie prądu (C2), napięcie (C3), opór elektryczny  $R_2 = \frac{U}{I}$  (C4) (zaniedbujemy tutaj opór wzorcowy  $R_1$ , ponieważ dokładna wartość  $R_2$  wynosi  $R_2 = \frac{U}{I} - R_1$ ).
- Oblicz wartość średnią kolumny C4. Wynik stanowi wartość średnią oporu  $R_2$ .
- Utwórz wykres  $U(I)$ , czyli zależności wyników kolumn C3 od C2. Otrzymasz linię prosta biegnącą w przybliżeniu po przekątnej wykresu.
- Odczytaj współczynnik kierunkowy prostej (Ikona *narzędzia*) i zapisz równanie uzyskanej prostej ( $y = a x + b$ ).
- Porównaj uzyskane równanie z równaniem  $R_2 = \frac{U}{I}$ . Stwierdzisz, że następujące wielkości sobie odpowiadają:  $y \rightarrow U$ ,  $x \rightarrow I$ ,  $a \rightarrow R$ ,  $b$  nie ma odpowiednika, czyli  $b = 0$ . Zgodnie z interpretacją matematyczną  $a = R$  jest oporem elektrycznym.

## Literatura:

- H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.
- H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.
- H. Szydłowski (red), *Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.
- Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>
- <http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>

## 5. BADANIE ZJAWISKA INDUKCJI ELEKTROMAGNETYCZNEJ

### Cel ćwiczenia:

Zapoznanie się z zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej.

Pomiar czasowego przebiegu napięcia indukowanego.

Wytwarzanie prądu indukcyjnego.

Zastosowanie komputera do pomiaru napięcia i prądu zmiennego.

Opanowanie metody komputerowej analizy stanów nieustalonych.

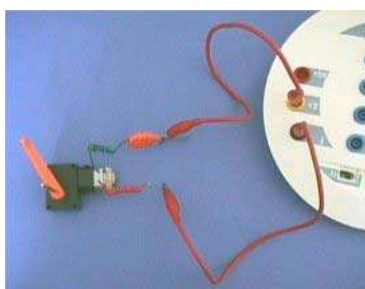
### Krótki opis ćwiczenia:

1. Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy układ elektryczny jak na rysunku poniżej



Badamy powstawanie prądu elektrycznego w zwojach cewki pod wpływem zmiany indukcji magnetycznej wewnątrz cewki. Źródłem indukcji magnetycznej jest magnes stały wokół którego istnieje obszar pola magnetycznego. Zmiana indukcji magnetycznej następuje wskutek ruchu magnesu: szybkiego wsuwania go lub wysuwania z wnętrza cewki.

2. Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy mechaniczny generator prądu, jak na rysunku



Badamy zmiany generowanego napięcia w czasie.

### Wymagana wiedza ucznia:

- Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.
- Prawo indukcji elektromagnetycznej Faraday'a.
- Reguła Lenza.
- Wytwarzanie prądu indukcyjnego.
- Działanie prądnicy

### Badane zjawisko

Istota zjawiska indukcji elektromagnetycznej zachodzącej w cewce polega na powstawaniu prądu elektrycznego w zwojach cewki pod wpływem zmiany indukcji magnetycznej wewnątrz cewki. Źródłem indukcji magnetycznej jest magnes stały wokół którego istnieje obszar pola magnetycznego, którego miarą jest indukcja magnetyczna. Zmiana indukcji magnetycznej następuje wskutek ruchu magnesu: szybkiego wsuwania go lub wysuwania z wnętrza cewki.

Prawo indukcji elektromagnetycznej Faraday'a określa ilościowy związek pomiędzy indukowaną siłą elektromotoryczną  $U$  a prędkością zmiany strumienia indukcji magnetycznej  $\Delta\Phi$ :

$$U = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

W przypadku ruchu magnesu polegającego na jego przejściu wzdłuż osi cewki (spadku przez wnętrze pionowo ustawionej cewki wzdłuż jej osi), przy założeniu, że spadający magnes jest ustawiony pionowo z biegunem północnym w dół, występują następujące efekty, które ilościowo są opisane równaniem (1):

- Gdy magnes zbliża się do cewki strumień indukcji wewnątrz cewki wzrasta  $\Delta\Phi > 0$ , czyli licznik równania (1) jest dodatni, wtedy generuje się ujemne napięcie w cewce.
  - Szybkość zmiany strumienia  $\Delta\Phi$ , a więc i napięcie osiąga maksimum wtedy, gdy wzdłuż osi cewki przemieszcza się czoło magnesu czyli biegun, w okolicy którego jest największe zagęszczenie linii sił pola magnetycznego.
  - Strumień magnetyczny nie zmienia się i jest równy strumieniowi wewnątrz magnesu czyli  $\Delta\Phi = 0$  wtedy, gdy magnes jest dokładnie w środku cewki.
  - Gdy do środka cewki zbliża się drugi biegun magnesu.  $\Delta\Phi < 0$  i generuje się napięcie większe od zera.
  - Prędkość zmiany strumienia indukcji magnetycznej osiąga największą wartość ujemną, a indukowane napięcie - maksimum, gdy przez środek cewki przemieszcza się drugi biegun magnesu.
  - Wartość bezwzględna  $\Delta\Phi$  maleje do zera - w miarę oddalania się magnesu od cewki. Wtedy maleje również do zera wartość napięcia indukowanego.

Znak napięcia ulega zmianie wtedy, gdy odwrócimy magnes

### **Przyrządy pomiarowe:**

Zestaw komputerowy.

Interfejs pomiarowy CoachLab II i program COACH.

Cewka do indukowania napięcia (np. 1600 zwoi).

Mechaniczny generator prądu.

Magnes stały.

Oporniki i tablica do połączeń.

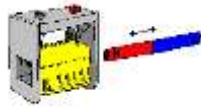
Przewody elektryczne.

### **Wykonanie doświadczenia:**

1. Część pierwsza.
  - a. Do pomiaru napięcia użyj czujnika napięcia podłączonego do wejścia typu BT (lub połącz przewodami cewkę bezpośrednio z żółtym i czarnym gniazdem bananowym wejścia z gniazdami 4-mm)
  - b. Stosowaną cewkę przyłącz wprost do wejścia interfejsu zestawu komputerowego i ustaw pionowo.
  - c. Uruchom komputer.
  - d. Uruchom program do obsługi interfejsu pomiarowego CoachLab II (*Start/Programy/Coach 5 PL/Autor* z zakładki „Wybór projektu” wybierz projekt *FENIKS* następnie z zakładki „Wybór ćwiczenia” wybierz ćwiczenie „Indukcja elektromagnetyczna”).



- e. Ustaw parametry wykresu, na osi odciętych czas  $t$  [ms] (dobieramy eksperymentalnie, ułamki sekund), na osi rzędnych napięcie  $U$  [V].
- f. Ustaw parametry pomiaru: czas pomiaru **10s**, częstotliwość pomiaru **1400/s**.
- g. Wykonaj pomiar napięcia prądu jako funkcję czasu (wciśnij zielony przycisk START z górnego menu).
- h. Wstępne badanie może polegać na obserwacji napięcia przy szybkim wyjmowaniu magnesu z cewki.



- i. W dalszym etapie wykonaj rejestrację zależności napięcia indukowanego od czasu. Dobierz czas pomiaru metodą prób (ułamki sekund).
- j. Wykonaj badanie polegające na zarejestrowaniu zmian napięcia zachodzących przy: gwałtownym wyjęciu w górę magnesu znajdującego się wewnątrz cewki i skierowanego biegunem północnym w dół; wprowadzeniu magnesu do wnętrza cewki do pozycji, w której był na początku (biegun północny w dół); powtórzeniu badań dla magnesu stawionego biegunem południowym w dół.

## Obliczenia

1. Odczytaj wartości bezwzględne maksymalnego napięcia zarejestrowanego w eksperymentach wykonanych w punktach  $h$  oraz  $j$ .
  2. W przypadku eksperymentu  $i$  odczytaj również maksymalne i minimalne napięcie.
  3. Korzystając z programu przetwarzanie (Ikona *narzędzia*) dla wyników eksperymentu  $i$  oblicz powierzchnie zamknięte między krzywą a osią czasu dla części krzywej dodatniej (powyżej osi czasu) i dla części ujemnej. Powierzchnie te są miarą całkowitego strumienia indukcji magnetycznej  $\Phi$  magnesu.
2. Część druga
- a. Połącz układ elektryczny zgodnie z punktem 2 opisu doświadczenia.
  - b. Podłącz wyjście mechanicznego generatora prądu z wejściem sondy do pomiaru napięcia prądu zestawu pomiarowego CoachLab II.
  - c. Uruchom komputer.
  - d. Uruchom program do obsługi interfejsu pomiarowego CoachLab II (*Start/Programy/Coach 5 PL/Autor* z zakładki „Wybór projektu” wybierz projekt *FENIKS* następnie z zakładki „Wybór ćwiczenia” wybierz ćwiczenie „Indukcja elektromagnetyczna”).
  - e. Ustaw parametry wykresu, na osi odciętych czas  $t$  [ms] (dobieramy eksperymentalnie), na osi rzędnych napięcie  $U$  [V].
  - f. Wykonaj pomiar napięcia prądu jako funkcję czasu (wciśnij zielony przycisk START z górnego menu) podczas kręcenia korbką mechanicznego generatora prądu.

## Obliczenia

1. Badamy sygnał napięcia prądu w trakcie kręcenia korbką mechanicznego generatora prądu sprawdzając, czy zmiana sposobu kręcenia wpływa na rejestrowany przebieg napięcia.
2. Czy szybkość kręcenia korbką jest istotna.

## Literatura:

1. H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.
2. H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.

3. *H. Szydłowski (red), Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.
4. Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>
5. <http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>

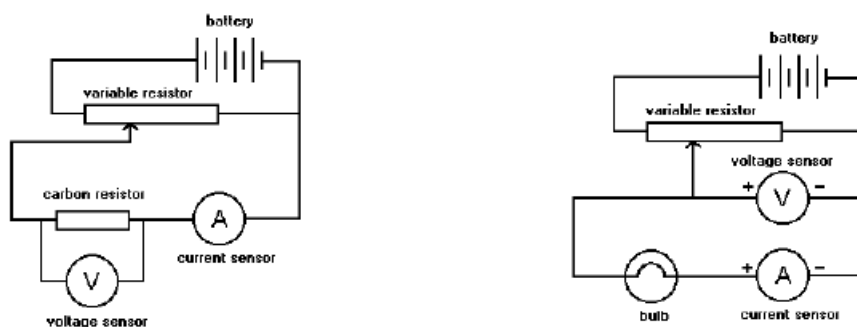
## 6. BADANIE ZALEŻNOŚCI MIĘDZY NATĘŻENIEM PRĄDU A NAPIĘCIEM DLA ŻARÓWKI

### Cel ćwiczenia:

Otrzymanie wykresów zmian napięcia i natężenia prądu od czasu dla żarówki  
Interpretacja wykresów, znalezienie zależności między napięciem a natężeniem  
Zastosowanie komputera do tworzenia wykresów i analizy danych.

### Krótki opis ćwiczenia:

Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy układ elektryczny jak na Rys. 1.



Rys. 1. Układ elektryczny do pomiaru zależności między natężeniem prądu a napięciem dla żarówki.

### Wymagana wiedza ucznia:

Przyłączanie czujników i interfejsu  
Wybór mierzonych wielkości  
Rejestracja wyników pomiaru  
Analiza wykresów za pomocą narzędzi dostępnych w programie

### Badane zjawisko

Obwód elektryczny zawierający przynajmniej jeden element nieliniowy nazywamy obwodem nieliniowym. Elementem nieliniowym nazywamy element, którego charakterystyka prądowo-napięciowa nie jest linią prostą. Charakterystyka prądowo-napięciowa żarówki jest nieliniowa. Przy małych wartościach napięć natężenie prądu szybko wzrasta, ale przy dużych zmienia się wolniej.

Dla elementów nieliniowych wprowadza się pojęcie rezystancji statycznej  $R$  i dynamicznej  $r$ . Rezystancją statyczną w danym punkcie charakterystyki prądowo-napięciowej nazywamy stosunek wartości napięcia do wartości prądu w tym punkcie. Rezystancją dynamiczną nazywamy pochodną napięcia względem prądu w tym punkcie.

Rezystancja statyczna zawsze przyjmuje wartości dodatnie, natomiast rezystancja dynamiczna może przyjmować wartości dodatnie lub ujemne w zależności od znaku przyrostów napięcia i prądu.

### Przyrządy pomiarowe:

Interfejs pomiarowy  
Czujniki napięcia i natężenia  
Żaróweczka (3,5 V)

Opornik suwakowy (np. 20 ohm)  
Baterijka (lub zasilanie z konsoli CoachLab)  
Przewody łączące

### **Wykonanie doświadczenia:**

1. Przyłącz oba końce opornika suwakowego do baterii.
2. Przyłącz suwak na oporniku suwakowym do żarówki i zamknij obwód dołączając czujniki zgodnie ze schematem. (Zwróć uwagę na polaryzację przy przyłączaniu czujników).
3. Ustaw czas pomiaru tak, aby rejestrować natężenie prądu i napięcie przez około 60 sekund. Rozpocznij rejestrację wyników pomiaru.
4. Powoli przesuwaj suwak na oporniku tak, aby napięcie rosnęło od 0 do maksymalnej wartości, a następnie malało do 0.
5. Obserwuj wykresy pokazujące zmiany napięcia i natężenia w czasie.

### **Analiza wyników:**

1. Przegląd wyników

Zauważ, że kształt otrzymanych wykresów jest inny niż dla opornika. Więcej informacji o różnicach możesz uzyskać odtwarzając przebieg pomiaru za pomocą kursorów i wykresów słupkowych. Włącz opcję Analiza/Odczyty i ciągnij powoli kursor wzdłuż osi X, obserwuj uważnie jak zmienia się wysokość słupków.

W szczególności można zauważyć, że wzrostom i spadkom napięcia towarzyszą inne zmiany natężenia prądu (inaczej niż dla opornika). Jest to pierwsza przesłanka do stwierdzenia, że zależność jest nieliniowa; zmiany natężenia prądu wydają się być mniejsze niż odpowiadające im zmiany napięcia.

2. Odczyt wyników z wykresu

Zapisz wartości natężenia prądu dla napięć 1.0, 2.0 i 3 V i szukaj potwierdzenia nieliniowego związku między tymi wielkościami.

3. Zmiana osi wykresu

Zmień osie wykresu, aby otrzymać zależność natężenia prądu od napięcia.

Kształt wykresu potwierdza nieliniowy związek między tymi wielkościami. Poza tym przebieg wykresu jest trochę inny w czasie wzrostu napięcia niż spadku. Natężenie prądu było mniejsze w czasie zmniejszania napięcia. Można zasugerować uczniom, żeby pomyśleli o wpływie zmian temperatury włókna żarówki na jej opór.

4. Obliczenie oporu

Zastosuj dostępne narzędzia do obliczenia nowego zestawu danych - wartości oporu żarówki z zależności:  $R = V / I$ . Wykresy zależności oporu od napięcia lub oporu od czasu potwierdzają zmiany oporu w czasie trwania doświadczenia.

### **Dalsza praca:**

Sprawdź jak wpływa na kształt wykresu szybkość zmiany napięcia na żarówce. Wynik można wyjaśnić zmianami temperatury włókna żarówki, które wpływają na zmiany oporu. Powtórz doświadczenie termistorem i porównaj wyniki. Ta sama metoda pomiarów może być stosowana do badania zwykłej diody czy diody świecącej (LED). Należy pamiętać o dodatkowym oporniku zabezpieczającym, połączonym szeregowo z diodą.

### **Literatura**

1. H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.

2. H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.
3. H. Szydłowski (red), *Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.
4. Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>
5. <http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>

## 7. SZEREGOWE I RÓWNOLEGŁE ŁĄCZENIE OPORNIKÓW

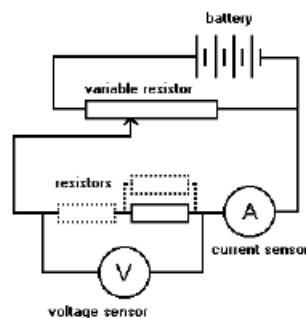
### Cel ćwiczenia:

Otrzymanie wykresów natężenia od napięcia dla pojedynczego opornika, dwóch oporników połączonych szeregowo i równoległe.

Wyznaczenie oporu wypadkowego dla oporników połączonych szeregowo i równoległe na podstawie wykresów. Przewidywanie stopnia nachylenia (gradientu) wykresu przed odczytem.

### Krótki opis ćwiczenia:

Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy układ elektryczny jak na Rys. 1.



Rys. 1. Układ elektryczny do badania szeregowego i równoległego połączenia oporników.

### Wymagana wiedza ucznia:

Przyłączanie czujników i interfejsu

Wybór mierzonych wielkości

Rejestracja wyników pomiaru

Stosowanie narzędzi do odczytu wyników z wykresu

### Badane zjawisko

Połączenie szeregowo (obwód szeregowy) jest to taki rodzaj połączenia elementów elektrycznych, w którym koniec jednego elementu łączy się z początkiem następnego. Połączenie takie tworzy szereg (łańcuch) elementów, w którym prąd elektryczny musi przepływać kolejno przez wszystkie elementy (natężenie prądu ma więc taką samą wartość dla wszystkich elementów w połączeniu szeregowym). Dla szeregowego połączenia  $n$  rezystorów można wyliczyć rezystancję wypadkową (opór wypadkowy),  $R$  jako sumę rezystancji składowych:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Połączenie równoległe (obwód równoległy) jest to taki rodzaj połączenia elementów elektrycznych, w którym wszystkie końce oraz wszystkie początki składowych elementów są połączone razem. Połączenie takie tworzy odpowiednią ilość gałęzi, w których mogą płynąć różne prądy, ale które zasilane są takim samym napięciem elektrycznym. Dla równoległego połączenia  $n$  oporników można wyliczyć rezystancję wypadkową (opór wypadkowy),  $R$ , który jest mniejszy od najmniejszego oporu składowego:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

### **Przyrządy pomiarowe:**

Interfejs pomiarowy

Czujniki napięcia i natężenia

Dwa identyczne oporniki (np. 10 ohm)

Opornik suwakowy (np. 20 ohm)

Baterijka

Przewody łączące

### **Wykonanie doświadczenia:**

1. Podłącz oba końce opornika suwakowego do baterii.
2. Połącz suwak na oporniku suwakowym z badanym opornikiem i zamknij obwód dołączając czujniki zgodnie ze schematem.
3. Ustaw pomiar tak, aby rejestrować prąd i napięcie przez około 60 sekund. Ustaw wykresy do wyświetlania wartości natężenia i napięcia od czasu. Rozpocznij rejestrację wyników pomiaru.
4. Powoli przesuwaj suwak na oporniku tak, aby napięcie rosło od 0 do maksymalnej wartości, a następnie malało do 0.
5. Obserwuj wykres i zastanów się, jak wartość oporu wpływa na stopień nachylenia wykresu.
6. Dołącz szeregowo drugi opornik i powtórz pomiar. Porównaj stopień nachylenia nowego wykresu z poprzednim.
7. Powtórz pomiar przy równoległym połączeniu drugiego opornika.

### **Analiza wyników:**

1. Odczyt wyników z wykresu

Dla każdego wykresu zapisz wartości natężenia prądu dla napięć 1.0, 2.0 i 3 V i szukaj związku między wartościami.

2. Porównanie wykresów

Zauważ, że każdy z tych trzech wykresów (dla pojedynczego opornika, dwóch oporników połączonych szeregowo, dwóch oporników połączonych równolegle) ma inny stopień nachylenia (gradient). Zgadnij, który wykres odpowiada najmniejszej wartości oporu.

3. Obliczanie oporu

Wykorzystaj wartości odczytane w pkt. 1 do obliczenia oporu opornika ze wzoru:  $R = V / I$

Wskaż przy jakim połączeniu oporników występuje największy opór, a kiedy najmniejszy.

### **Literatura**

1. H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.
2. H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.

3. *H. Szydłowski (red), Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.
4. Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>
5. <http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>



## 8. PRAWO STYGNIĘCIA NEWTONA

### Cel ćwiczenia:

Pomiar temperatury w procesie stygnięcia wody.

Porównanie wyników doświadczalnych z prawem stygnięcia Newtona.

### Krótki opis ćwiczenia:

Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy sondę do pomiaru temperatury jak na Rys. 1.



Rys. 1. Układ elektryczny do pomiaru temperatury wody.

### Wymagana wiedza ucznia:

- Znajomość prawa stygnięcia Newtona.
- Znajomość funkcji eksponentyjnej.
- Obsługa programu komputerowego CoachLab II.

### Badane zjawisko

Już w momencie nalewania gorącej herbaty do kubka rozpoczyna się proces jej ostygnięcia. Tempo stygnięcia cieczy zależy od różnicy między jej temperaturą a temperaturą otoczenia i jest do niej w przybliżeniu proporcjonalne. Prawidłowość ta nosi nazwę prawa stygnięcia Newtona.

W przypadku stygnięcia gorącej wody umieszczonej w temperaturze pokojowej możemy zapisać:

$$\text{szybkość ostygnięcia} = \frac{\Delta T}{\Delta t} = -kT_{\text{róż}},$$

gdzie:  $\Delta T$  reprezentuje niewielką zmianę temperatury cieczy, która nastąpiła w krótkim czasie  $\Delta t$ ;  $T_{\text{róż}}$  określa różnicę temperatury cieczy i otoczenia;  $k$  jest stałą proporcjonalności.

Rozwiązaniem powyższego równania jest funkcją opisująca zmianę różnicy temperatury ciecz - otoczenie w czasie postaci:

$$T_{\text{róż}} = T_0 e^{-kt},$$

gdzie  $T_0$  jest wartością początkową różnicy temperatur.

Funkcja eksponentyjna jest zależnością często spotykaną w opisie przyrody. Układy, w których tempo zmian jednej z opisujących go wielkości jest proporcjonalne do innej jego charakterystyki zazwyczaj mogą

być opisane z pomocą funkcji eksponentialnej. Celem ćwiczenia jest obserwacja zmian temperatury wody w zlewce i obserwacja czy proces stygnięcia wody podlega prawu Newtona.

### **Przyrządy pomiarowe:**

Interfejs CoachLab II;

Czujnik temperatury;

Zlewki wykonane z różnych materiałów;

Gorąca woda.

### **Wykonanie doświadczenia:**

1. Połącz czujnik temperatury do wejścia interfejsu CoachLab II.
2. Uruchom program Coach 5, otwórz projekt 'Pomiary w fizyce' i wybierz ćwiczenie 'Prawo stygnięcia Newtona'.
3. Określ wartość temperatury otoczenia umieszczając czujnik w powietrzu (nic nie może dotykać czujnika).
4. Zapisz wartość temperatury otoczenia.
5. Umieść czujnik temperatury w zlewce wypełnionej gorącą wodą.
6. Uruchom pomiar naciskając zielony przycisk Start.

### **Analiza**

1. Ponieważ zmienną modelu Newtona opisującego stygnięcie wody jest różnica pomiędzy temperaturą cieczy i otoczenia, należy od otrzymanych w doświadczeniu wartości temperatury odjąć zmierzoną wartość temperatury pokojowej.
2. Utwórz wykres zależności zmian temperatury  $T_{róż}$  w funkcji czasu.
3. Porównaj prawo stygnięcia Newtona z wynikami eksperymentu dopasowując do jego rezultatów funkcję eksponentialną.
  - Naciśnij prawy klawisz myszy, gdy kursor znajduje się w oknie wykresu i wybierz opcję 'Analiza > Dopasowanie funkcji'
  - Wybierz jako funkcję dopasowywaną:  $y=a*\exp(b*y)+c$ .
  - Naciśnij przycisk 'Auto'.

### **Pytania i dodatkowe polecenia**

1. Powtórz eksperyment kilka razy.
2. Przeprowadź pomiar zmian temperatury umieszczając czujnik w pojemniku z lodem a następnie wyjmij go i pozostaw w temperaturze pokojowej. Czy otrzymana w ten sposób zależność  $T_{róż} = f(t)$  jest zgodna z funkcją eksponentialną?
3. Wykonaj eksperymenty dla zlewek wykonanych z różnych materiałów (na przykład ceramiki, tworzywa sztucznego, styropianu). W którym z pojemników woda utrzymywała wysoką temperaturę przez najdłuższy czas? Która część równania prawa stygnięcia Newtona jest związana z rodzajem materiału, z którego wykonany jest użyty w doświadczeniu pojemnik na ciecz?

4. Przedstaw wyniki doświadczeń w skali logarytmicznej i z zastosowaniem procedury linearyzacji.

### Literatura

1. H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.
2. H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.
3. H. Szydłowski (red), *Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.
4. Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>
5. <http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>

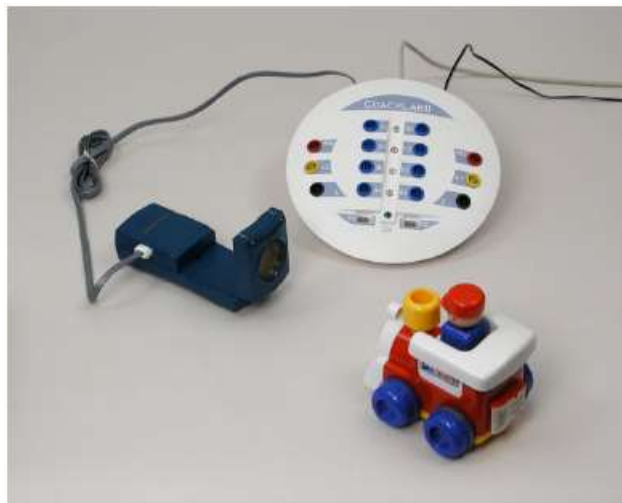
## 9. POMIAR POŁOŻENIA I PRĘDKOŚCI

### Cel ćwiczenia:

- Analiza ruchu poszczególnych obiektów.
- Przewidywanie i tworzenie wykresów zależności położenia oraz prędkości w funkcji czasu.
- Wyznaczanie prędkości oraz przyspieszenia poruszających się obiektów.

### Krótki opis ćwiczenia:

Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy układ elektryczny jak na Rys. 1.



Rys. 1. Układ do pomiaru położenia i prędkości.

### Wymagana wiedza ucznia:

- Znajomość ruchu jednostajnego
- Znajomość ruchu zmiennego
- Obsługa programu komputerowego CoachLab II.

### Badane zjawisko

Jednym z najbardziej efektywnych sposobów przedstawienia i opisu ruchu jest sporządzenie wykresu zależności położenia, prędkości i przyspieszenia w czasie. Z takiej graficznej prezentacji ruchu można określić jego prędkość i przyspieszenie.

Celem ćwiczenia jest pomiar położenia poruszającego się obiektu z wykorzystaniem ultradźwiękowego czujnika położenia oraz interfejsu CoachLab II.

Stosowany czujnik położenia wysyła krótkie impulsy ultradźwiękowe i rejestruje te, które zostały odbite od przeszkody. Dzięki znajomości czasu jaki upływa od momentu wysłania impulsu do momentu zarejestrowania jego echa i prędkości ultradźwięków w powietrzu możliwe jest określenie odległości od przeszkody i określenie położenia mierzonego obiektu.

Wartości położenia w określonych chwilach służą do wyliczenia prędkości lub przyspieszenia poruszającego się obiektu.

Pracę czujnika sygnalizuje cichy metaliczny dźwięk oraz świecąca zielona dioda LED. Minimalna odległość, którą można rejestrować z użyciem tego czujnika wynosi 50 centymetrów, maksymalna 6 metrów.

W doświadczeniu ultradźwiękowy czujnik położenia posłuży do rejestracji ruchu następujących obiektów: uczeń w klasie;

wahadło sprężynowe;

samochód - zabawka wjeżdżający i zjeżdżający z równi pochyłej;

piłka podrzucana w powietrzu.

### **Przyrządy pomiarowe:**

- Interfejs CoachLab II;
- Ultradźwiękowy detektor ruchu;
- Wahadło sprężynowe, wózki, piłka, równia pochyła itp.

### **Wykonanie doświadczenia:**

1. Połącz ultradźwiękowy detektor ruchu do wejścia Sonic interfejsu CoachLab II (wejście znajdujące się z tyłu konsoli pomiarowej).

2. Uruchom program Coach 5, otwórz projekt 'Pomiary w fizyce' i wybierz ćwiczenie 'Pomiar położenie i prędkości'.

3. Jeśli chcesz zmienić czas pomiaru i częstotliwości próbkowania naciśnij przycisk 'Ustawienia pomiaru'.

4. Przygotuj wybraną konfigurację doświadczenia:

- Uczeń poruszający się po klasie: Uczeń zbliża się lub oddala od czujnika umieszczonego na wysokości jego klatki piersiowej.

- Wahadło sprężynowe: Umieść czujnik w odległości około 1 m pod wahadłem zbudowanym z ciężarka zawieszonym na sprężynie (odległość w położeniu równowagi). Ciężarek nie powinien w żadnym z momentów ruchu znajdować się w odległości mniejszej niż 0,5 m od czujnika.

- Samochód - zabawka poruszający się po równi pochyłej: Umieść zwrócony w stronę zabawki czujnik na szczycie równi pochyłej. Uruchom auto.

- Piłka podrzucana w powietrzu: umieść skierowany w stronę sufitu czujnik na podłodze. Tuż nad nim połów chroniący go przed uderzeniem spadającej piłki kosz (zrobiony np. ze sznurka - pamiętaj jak działa czujnik). Podrzucić piłkę nad koszem tak, by poruszała się stale nad czujnikiem.

5. Uruchom pomiar naciskając zielony przycisk Start.

6. Zapisz położenie poruszającego się obiektu.

### **Analiza**

1. Przed rozpoczęciem pomiarów spróbuj przewidzieć jak będzie wyglądał wykres zależności położenia w funkcji czasu. Podobnych przewidywań można dokonać dla zależności prędkości w funkcji czasu.

2. Opisz otrzymany w doświadczeniu wykres  $x=f(t)$ . Odczytaj maksymalną i minimalną odległość badanego obiektu od czujnika.
3. Opisz jaki rodzaj ruchu zarejestrowałeś.
4. Wyjaśnij znaczenie wykresu położenia w funkcji czasu. Rozważ, co oznacza wartość nachylenia prostej ilustrującej zależność. Jaki rodzaj ruchu obserwujemy, gdy nachylenie opisującego go wykresu położenia w funkcji czasu jest: równe zero, stałe (ujemne lub dodatnie), zmienia się.
5. Opisz wykres zależności prędkości w funkcji czasu. Odczytaj wartości maksymalnej i minimalnej prędkości, z którą poruszał się badany obiekt.
6. Wyjaśnij znaczenie dodatniego i ujemnego znaku prędkości.

### Literatura

1. H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.
2. H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.
3. H. Szydłowski (red), *Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.
4. Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>
5. <http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>

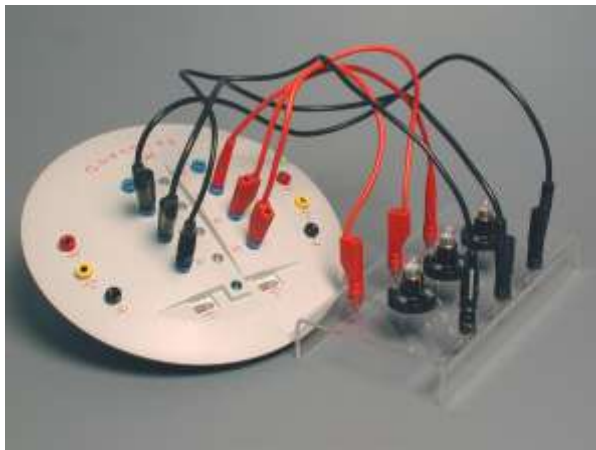
## 10. STEROWANIE LAMPKAMI – ELEMENTY MODELOWANIA

### Cel ćwiczenia:

- nabycie umiejętności sterowania układem elektronicznym przy pomocy komputera

### Krótki opis ćwiczenia:

Do przygotowanego zestawu pomiarowego (komputer + CoachLab II) podpinamy układ jak na Rys. 1.



Rys. 1. Układ elektryczny do sterowania lampkami.

### Wymagana wiedza ucznia:

- Obsługa programu komputerowego CoachLab II.
- Elementy programowania

### Badane zjawisko

W ćwiczeniu mamy do dyspozycji przystawkę złożoną z trzech żarówek i połączoną przewodami z wyjściami interfejsu CoachLab II. Komputer, przy pomocy konsoli CoachLab II, może włączać i wyłączać - sterować tymi lampkami.

### Przyrządy pomiarowe:

- Zestaw komputerowy.
- Interfejs pomiarowy z programem CoachLab II.
- Podstawa z lampkami.
- Tablica do połączeń.
- Przewody elektryczne.

### Wykonanie doświadczenia:

#### Część 1

1. Uruchom program Coach 5. Otwórz projekt 'Sterowanie przykłady programów' i wybierz ćwiczenie 'Sterowanie trzema lampkami'.
2. Lista instrukcji w oknie Programowanie zawiera: 'Lampka', która włącza lub wyłącza żarówkę, 'Czekaj', która określa czas oczekiwania.
3. Napisz program sterujący używając instrukcji z listy.

4. Naciśnij zielony przycisk Start.
5. W oknie Monitor, naciśnij mały zielony przycisk Start.
6. Naciśnij prawy klawisz myszy, gdy kursor znajduje się w oknie programu głównego i usuń program.
7. Napisz nowy program.

Uwaga:

- Użyj klawisz <Del>, aby usunąć linię programu.
- Użyj klawisz <Ins>, aby utworzyć nową pustą linię programu.
- Stosując klawisz <Enter> można wprowadzać zmiany w linii programu.

## Część 2

1. Uruchom program CoachLab. Otwórz projekt 'Sterowanie przykłady programów' i wybierz ćwiczenie 'Powtarzanie instrukcji'. Uruchom przykładowy program.
2. Zapoznaj się z działaniem komendy 'Powtórz'. Pamiętaj: Instrukcja 'Powtórz' zawsze jest zakończona przez 'Koniec Powtórz'.
3. Które linie programu nie są powtarzane?
4. Usuń przykładowy program. (Naciśnij prawy klawisz myszy, gdy kursor znajduje się w oknie Program główny).
5. Napisz program Kierunkowskaz, który będzie włączał i wyłączał dwie lampki.
6. Uruchom swój program.

## Literatura

1. H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, PWN Warszawa 2003r.
2. H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997 r.
3. H. Szydłowski (red), *Pomiary Fizyczne za pomocą komputera*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1999 r.
4. Szkolne doświadczenia wspomagane komputerowo: <http://labfiz.uwb.edu.pl/exp/rozne/>
5. <http://ifnt-old.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>



## 11. LABORATORYJNY MODEL ELEKTROWNI WIATROWEJ. BADANIE PRACY SIŁOWNIKA WIATROWEGO. WERSJA COACH.

### **Cel ćwiczenia, krótki opis:**

Badanie pracy siłownika wiatrowego.

### **Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:**

Podstawowy. Znajomość zasady zachowania energii. Umiejętność zapisania równania bilansu energetycznego dla koła wiatrowego.

### **Lista niezbędnych przyrządów:**

Eko-model elektrowni wiatrowej, opornica dekadowa (2 szt.), czujnik napięcia (2 szt.) przewody elektryczne (5 szt.)

### **Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:**

Wprowadzenie: Instruktaż obsługi programu CauchLabII. Instruktaż obsługi wiatromierza.

### **Cel ćwiczenia:**

Obserwacja pracy mini elektrowni wiatrowej. Wyznaczenie zależności napięcia oraz prądu w funkcji czasu. Wyznaczenie sprawności elektrowni.

### **Przebieg ćwiczenia:**

#### **1. Analiza pracy wiatraka.**

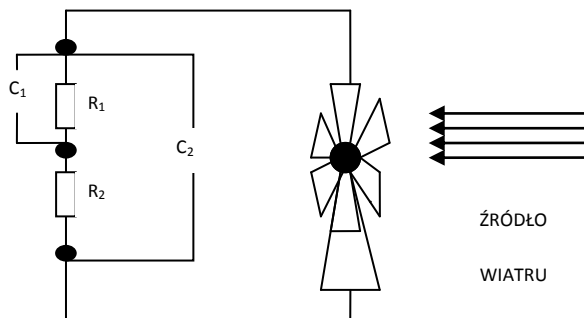
a) Uruchomiamy wentylator.

b) Wyznaczamy zależność prędkości wiatru  $v_1$  padającego na wiatrak od siły wiatru  $F$ . Umieszczamy wiatromierz w 3-5 odległościach pomiędzy wentylatorem i wiatrakiem, odczytujemy wskazanie wiatromierza  $v_1$  w  $\text{ms}^{-1}$ . Wyniki umieszczamy w tabeli.

c) Zdejmujemy charakterystykę pracy koła wiatrowego:

c1.) zależność napięcia od czasu. Określamy maksymalną wartość napięcia generowanego przez rotor wiatraka w zależności od 3 (różnych) prędkości wiatru.

- budujemy układ pomiarowy podłączając czujniki napięcia oraz rotor wiatraka wg schematu:



c2) zależność natężenia od czasu. Określamy maksymalną wartość natężenia generowanego przez rotor wiatraka w zależności od 3 (różnych) prędkości wiatru.

2. Wyznaczamy odpowiednio moce maksymalne wiatraka w funkcji prędkości wiatru.

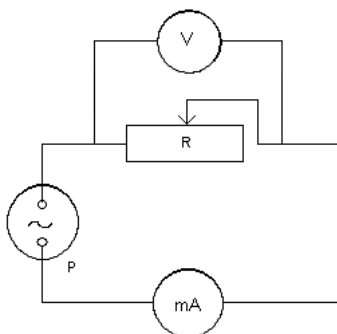
Wyniki umieszczamy w tabeli pomiarowej.

<i>L.p.</i>	<i>U ± dU, V</i>	<i>I ± dI, mA</i>	<i>P ± dP, mW</i>	<i>v<sub>i</sub> ± dv, ms<sup>-1</sup></i>
1.				
2.				
...				

3. Formułujemy wnioski z przeprowadzonych obserwacji.

4. Wyznaczanie sprawności wiatraka.

Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyk prądowo-napięciowych.



*P*- prądnicą, *V*- woltomierz, *A*- amperomierz, *R*- opornica dekadowa.

- a) Podłączamy układ według schematu na powyższym rysunku i ustawiamy stałą, wybraną wartość prędkości wiatru  $v_1$  przed kołem wiatrowym (najlepiej tę, dla której otrzymaliśmy największą wartość napięcia wyjściowego w pierwszej części ćwiczenia).
- b) Dobieramy najkorzystniejsze ustawienie czynnej powierzchni wiatraka względem kierunku wiatru uruchamiającego koło wiatrowe.
- c) Odczytujemy wskazania miliamperomierza  $I$  i woltomierza  $U$  stopniowo zwiększając obciążenie  $R$  (notujemy wszystkie wskazania mierników). Wykonujemy 8-10 pomiarów.

Wyniki umieszczamy w tabeli pomiarowej.

<i>L.p.</i>	<i><math>U \pm dU, V</math></i>	<i><math>I \pm dI, mA</math></i>	<i><math>R \pm dR, \Omega</math></i>	<i><math>v_{ij} \pm dv, ms^{-1} = const</math></i>
<b>1.</b>				
<b>2.</b>				
...				
<b>10.</b>				

- f) Sporządzamy wykresy zależności  $I = f(U)$  dla wybranej prędkości wiatru.
- h) Analizując wykres zależności  $I = f(U)$  wyznaczamy maksymalną moc układu, moc całkowitą oraz sprawność silniczka wiatraka.

## 12. MINI MODUŁ FOTOWOLTAICZNY. PRODUKUJEMY PRĄD STAŁY.

### **Cel ćwiczenia, krótki opis:**

Wyznaczenie sprawności mini modułu fotowoltaicznego.

### **Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:**

Zaawansowany. Znajomość budowy i zasady działania złącza p-n. Pomiary elektryczne – zdejmowanie charakterystyk prądowo-napięciowych.

### **Lista niezbędnych przyrządów:**

lampka biurkowa (symulator Słońca), mini moduł fotowoltaiczny, przewody elektryczne (5 szt.), opornica suwakowa (1 szt.).

### **Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:**

Wprowadzenie: Wyjaśnienie (wcześniej przez nauczyciela) zasady działania złącza p-n.

### **Przebieg ćwiczenia:**

1. Cytrusowe ogniwo.

Cel ćwiczenia, krótki opis:

Zbudowanie i zademonstrowanie działania ogniwa

### **Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:**

Podstawowy. Znajomość zasady zachowania energii. Umiejętność zapisania równania bilansu energetycznego dla koła wiatrowego.

### **Lista niezbędnych przyrządów:**

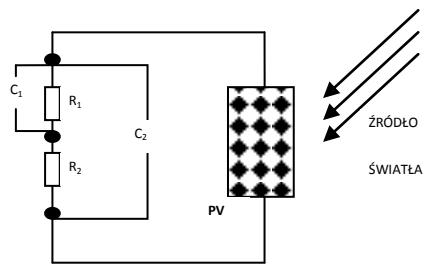
ćwiartka jabłka, cytryny (lub pomelo), druciki metalowe o długości około 8 cm wykonane z miedzi, aluminium, o średnicy 0.5-1 mm oraz kabelki wtykowe, krokodylki.

### **Sposób wykonania pomiarów:**

- a) Elektrody (miedziana i aluminiową) wbijamy w cytrynę. Do wystających przewodów przypinamy krokodylki.
- b) Do krokodylków przyłączamy czujnik napięcia podłączony do konsoli Coach.
- c) Wykonujemy pomiar napięcia w funkcji czasu.
- d) Wyniki umieszczamy w tabeli.
- e) Korygujemy pozycje elektrod w cytrynie, wybieramy różne długości i różne średnice (parami) elektrod. Wykonujemy pomiar kontrolny napięcia w funkcji czasu.
- f) Korygujemy wyniki umieszczone w tabeli.
- g) Formułujemy wnioski z obserwacji.

## 2. Analiza pracy modułu fotowoltaicznego.

a) Budujemy układ pomiarowy podłączając czujniki napięcia oraz moduł fotowoltaiczny wg schematu:



b) Włączamy źródło światła (możemy również prowadzić pomiary bez dodatkowego oświetlenia modułu).

c) wykonujemy charakterystykę oświetleniową źródła światła (gęstość powierzchniowa mocy w funkcji odległości od źródła światła). Gęstość powierzchniową mocy wyznaczymy bezpośrednio przy pomocy czujnika światła.

d) Wyznaczamy zależność napięcia wyjściowego w funkcji czasu dla wybranych 3-5 odległości modułu od źródła światła.

e) Dodatkowo: Wyznaczamy zależność natężenia prądu stałego w funkcji czasu dla wybranych 3-5 odległości modułu od źródła światła.

**Formułujemy wnioski z przeprowadzonych pomiarów.**

## 13. WYZNACZANIE SPRAWNOŚCI MODUŁU FOTOWOLTAICZNEGO.

### Cel ćwiczenia, krótki opis:

Wyznaczenie sprawności mini modułu fotowoltaicznego.

### Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Zaawansowany. Znajomość budowy i zasady działania złącza p-n. Pomiar elektryczny – zdejmowanie charakterystyk prądowo-napięciowych.

### Lista niezbędnych przyrządów:

lampka biurkowa (symulator Słońca), mini moduł fotowoltaiczny, przewody elektryczne (5 szt), opornica suwakowa (1 szt.).

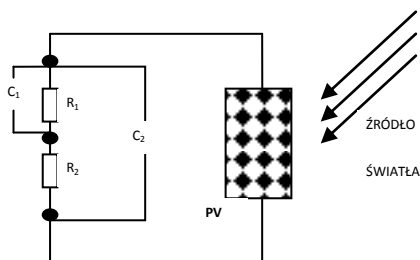
### Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie: Wyjaśnienie (wcześniej, przez nauczyciela) zasady działania złącza p-n.

### Przebieg ćwiczenia:

1. Analiza pracy modułu fotowoltaicznego.

a) Budujemy układ pomiarowy podłączając czujniki napięcia oraz moduł fotowoltaiczny wg schematu:



b) Włączamy źródło światła (możemy również prowadzić pomiary bez dodatkowego oświetlenia modułu).

c) Wyznaczamy zależność napięcia wyjściowego w funkcji czasu dla wybranych 3-5 odległości modułu od źródła światła (lub przysłaniając moduł koszulkami na papier).

d) Dodatkowo: Wyznaczamy zależność natężenia prądu stałego w funkcji czasu dla wybranych 3-5 odległości modułu od źródła światła.

### 2. Wyznaczamy Punkt Maksymalnej Mocy (PMM) modułu fotowoltaicznego.

a) Z pomocą programu Coach (lub tradycyjnie) wykonujemy charakterystykę prądowo-napięciową  $I(U)$  pracy modułu. Wybieramy najlepsze z określonych w punkcie 2.1. warunki. Możemy skorzystać z programu Excel lub Origin (w pracowni lub podczas opracowywania wyników pomiarów w klaso-pracowni we własnej szkole pod okiem nauczyciela).

b) Wyniki pomiarów umieszczamy w tabeli pomiarowej.

<i>Lp.</i>	<i>U±dU, V</i>	<i>I±dI, mA</i>	<i>R±dR, Ω</i>	<i>(I±dI, cm) = const</i>
1.				
2.				
...				
10.				

- Wyznaczamy współrzędne punktu maksymalnej mocy ogniwa ( $U_{max}, I_{max}$ ).
- Pole pod krzywą, która jest obciążeniową charakterystyką prądowo-napięciową modułu określa całkowitą moc modułu  $P_c$ .
- Aby precyzyjnie wyznaczyć współrzędne punktu maksymalnej mocy  $P_{max}$  wykreślamy charakterystykę  $P=f(R)$ , dla ustalonych warunków oświetlenia (lub ustalonej odległości modułu od źródła światła).
- Wyznaczamy sprawność ogniwa:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_c} \cdot 100 \%,$$

gdzie  $P_{max}$  jest szczytową wartością odpowiedniego wykresu  $P=f(R)$ ,  $I_i=const$ ,

$P_c$  jest rezultatem graficznej lub numerycznej analizy odpowiedniego wykresu (na podstawie pomiarów i obliczeń). Pamiętajmy, by otrzymać te wartości w jednostkach mocy (mW).

- Zestawiamy wszystkie otrzymane doświadczalnie wyniki końcowe.
- Przeprowadzamy krytyczną analizę otrzymanych wyników pomiarów. Uwzględniamy straty energii.

## 14. WIATRAKI, CZYLI PRZETWARZANIE ENERGII MECHANICZNEJ NA ELEKTRYCZNĄ.

### Cel ćwiczenia, krótki opis:

Wyznaczenie mocy produkowanej energii wiatru przez dwa różne modele wiatraków.

### Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Zaawansowany, do części obliczeniowej: znajomość zasady zachowania energii. Umiejętność zapisania równania bilansu energetycznego dla koła wiatrowego.

### Lista niezbędnych przyrządów:

lampka biurkowa (symulator Słońca), wiatromierz, modele zabawkowe: wiatrowy generator prądu, wiatrak napędzany przy pomocy baterii słonecznej.

### Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie: Omówienie praktycznych zastosowań fotowoltaiki.

### Lista niezbędnych przyrządów:

Dwa identyczne wiatraki, w tym jeden jako wiatrowy generator prądu, drugi wiatrak solarny, dmuchawa elektryczna lub wentylator, lampka biurkowa.

### 1. Analiza pracy wiatrowego generatora prądu.

a) Uruchomiamy dmuchawę (nastawiamy jak najmniejszą moc, taka by wiatrak jednostajnie pracował).

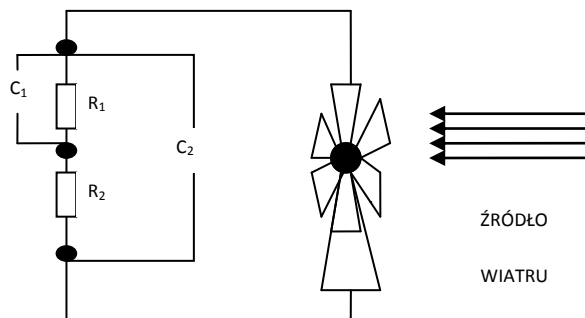
b) Wyznaczamy zależność prędkości wiatru  $v_1$  padającego na wiatrak od siły wiatru  $F$ . Umieszczamy wiatromierz w 3-5 odległościach pomiędzy wentylatorem i wiatrakiem, odczytujemy wskazanie wiatromierza  $v_1$  w  $\text{ms}^{-1}$ . Wyniki umieszczamy w tabeli.

c) Zdejmujemy charakterystykę pracy koła wiatrowego:

c1.) zależność napięcia od czasu. Określamy maksymalną wartość napięcia generowanego przez rotor wiatraka w zależności od 3 (różnych) prędkości wiatru.

- budujemy układ pomiarowy podłączając czujniki napięcia oraz rotor wiatraka wg schematu:





c2) zależność natężenia od czasu. Określamy maksymalną wartość natężenia generowanego przez rotor wiatraka w zależności od 3 (różnych) prędkości wiatru.

c3) Wyznaczamy odpowiednio moce maksymalne wiatraka w funkcji prędkości wiatru.

Wyniki umieszczamy w tabeli pomiarowej.

<i>L.p.</i>	<i>U ± dU, V</i>	<i>I ± dI, mA</i>	<i>P ± dP, mW</i>	<i>v<sub>i</sub> ± dv, ms<sup>-1</sup></i>
1.				
2.				
...				

## 2. Analiza pracy wiatraka solarnego.

- Wyznacz moc wiatraka na podstawie prędkości wiatru mierzonego za kołem wiatrowym.
- Wykorzystaj zasadę zachowania energii dla wyznaczenia tej wielkości.

## 3. Formułujemy wnioski z przeprowadzonych obserwacji.

## 4. Wyznacz sprawności obu wiatraków.

## 5. Porównujemy sposoby pracy obu badanych modeli wiatraka.

## 15. WYZNACZANIE MOCY MAKSYMALNEJ BATERII OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH.

### Cel ćwiczenia, krótki opis:

Obserwacja pracy i wyznaczenie sprawności baterii słonecznej.

### Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:

Zaawansowany. Znajomość budowy i zasady działania złącza p-n. Pomiary elektryczne – zdejmowanie charakterystyk prądowo-napięciowych.

### Lista niezbędnych przyrządów:

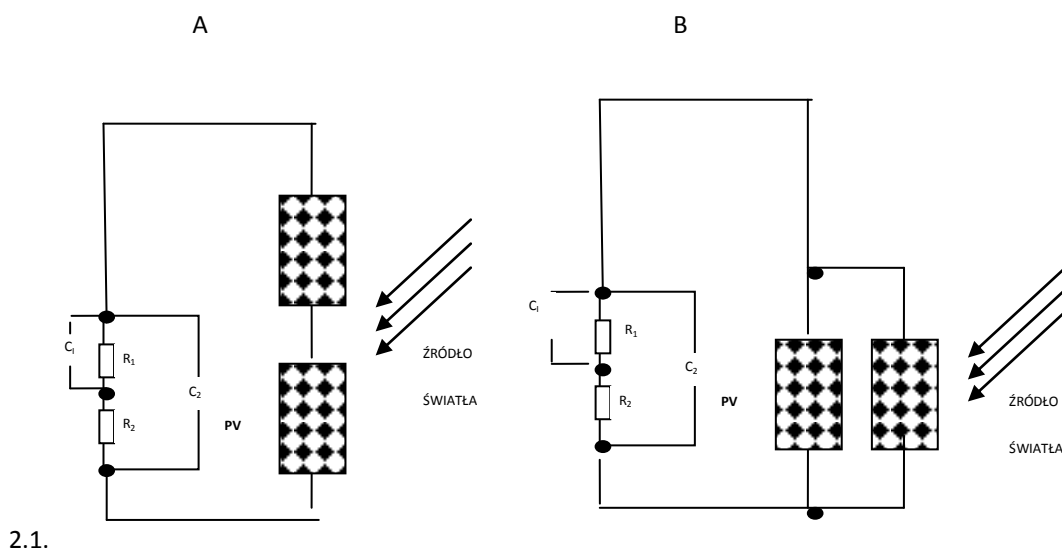
lampka biurkowa (symulator Słońca), zestaw szkolny mini modułów fotowoltaicznych, przewody elektryczne, opornica suwakowa (1 szt.), dwa czujniki napięcia, czujnik światła (CoachLabII)

### Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:

Wprowadzenie: Wyjaśnienie (wcześniej przez nauczyciela) zasady działania złącza p-n.

### Przebieg ćwiczenia:

2. Analiza pracy modułu fotowoltaicznego, analiza pracy baterii słonecznej (dwa moduły w konfiguracji połączenia szeregowego (A) oraz połączenia równoległego (B))



a) Budujemy układ pomiarowy podłączając czujniki napięcia oraz moduły fotowoltaiczne wg schematów kolejno A, potem B.

b) Włączamy źródło światła (możemy również prowadzić pomiary bez dodatkowego oświetlenia modułu).

c) Ustalamy parametry źródła światła: notujemy powierzchniową gęstość mocy jednokrotnie używając czujnika światła z bazy przyrządów CoachLabII

d) Wyznaczamy zależność napięcia wyjściowego w funkcji czasu dla wybranych 3-5 odległości modułu od źródła światła najpierw w układzie A, potem w układzie B.

e) Wyznaczamy punkty mocy maksymalnej układów w obu konfiguracjach.

**3. Formułujemy wnioski z przeprowadzonych pomiarów. Która konfiguracja jest korzystniejsza dla odbiorcy energii elektrycznej Twoim zdaniem?**

## 16. FOTOKONWERSJA, CZYLI JAK WYKORZYSTAĆ ENERGIE SŁONECZNĄ.

### **Cel ćwiczenia, krótki opis:**

Obserwacja pracy modeli karuzeli, wiatraka, rowerzysty, konika polnego, samochodu, siłownika wiatrowego, samochodu napędzanego przez ogniwo wodorowe.

### **Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:**

Podstawowy i średniozaawansowany (ogniwa wodorowe)

### **Lista niezbędnych przyrządów:**

lampka biurkowa (symulator Słońca), wiatromierz, modele zabawkowe: wiatrowy generator prądu, samochód na ogniwo wodorowe, karuzela, samochodzik, konik polny, rowerzysta, radio solarne, latarka solarna, solarne oświetlenie ogrodowe.

### **Procedura przeprowadzenia ćwiczenia, szacunkowy czas trwania:**

Wprowadzenie: Omówienie praktycznych zastosowań fotowoltaiki.

### **Cel ćwiczenia, krótki opis:**

Zademonstruj działanie dostępnych modeli przyrządów i wyjaśnij zasadę ich działania..

### **Stopień zaawansowania, wymagana wiedza ucznia:**

Podstawowy. Do części obliczeniowej: znajomość zasady zachowania energii. Umiejętność zapisania równania bilansu energetycznego dla koła wiatrowego, umiejętność zapisania równania elektrolizy wody.

#### 1. Analiza pracy wybranych modeli.

- a) Wybierz i przeprowadź sumienną analizę pracy co najmniej 5 wybranych modeli.
- b) Wyjaśnij zasadę pracy modeli na podstawie równań bilansu energetycznego (zasada zachowania energii, zamiana energii słonecznej na elektryczną, elektrycznej na mechaniczną itp.)
- c) Wyjaśnij zasadę pracy ogniwa wodorowego obserwując jak pracuje samochód wodorowy.
- d) Od jakich parametrów zależy czas „tankowania paliwa” wodorowego?

#### **Uwaga: w ćwiczeniu w wersji dla gimnazjalistów nie wykorzystujemy programu CoachLabII.**

#### 2. Dla modelu siłownika wiatrowego napędzanego z baterii słonecznej (obowiązkowo w wersji dla uczestników Projektu ze szkół ponadgimnazjalnych) wyznacz:

- a) sprawność wiatraka w funkcji powierzchniowej mocy promieniowania słonecznego.

- b) sprawność wiatraka w konfiguracji ze źródłem wiatru (dmuchawę elektryczną). Przeprowadź pomiar kontrolny dla minimalnej prędkości wiatru i bez zmiany natężenia oświetlenia.
- c) Wyznacz sprawność generatora wiatrowego w układzie z dmuchawą w zależności od prędkości wiatru. Prędkość wiatru nastawiaj ostrożnie – wystarczające są minimalne wartości nastawów.

**3. Formułujemy wnioski z przeprowadzonych obserwacji.**

**4. Porównujemy sposoby pracy siłownika wiatrowego w obu konfiguracjach.**