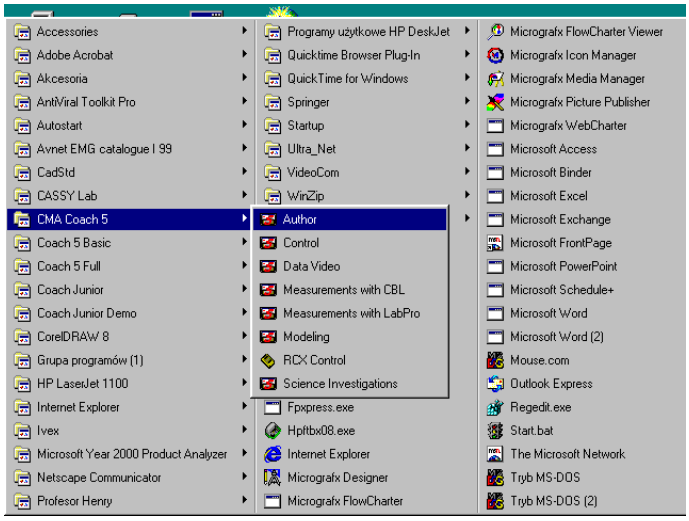
11. POMIARY Z COACHLAB II

Henryk Szydłowski, Grażyna Dudziak, Ewa Ziółkowska
Wydział Fizyki Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu

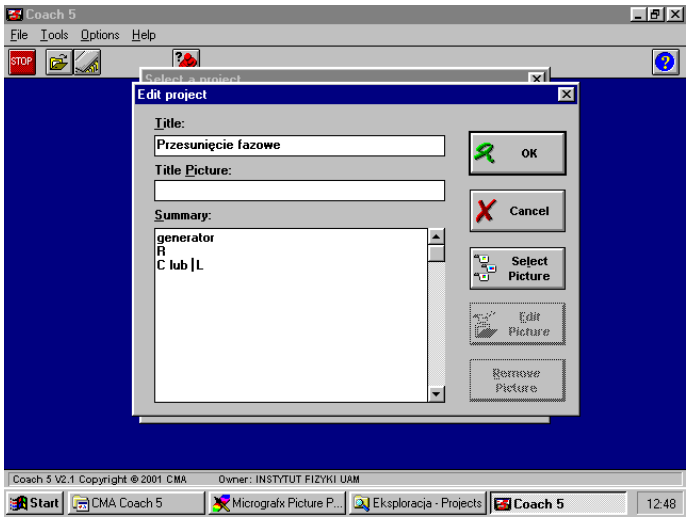
Literatura do rozd. 11 - 16

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. Program Coach: http://www.cma.science.uva.nl/english/Polen

Uruchomienie programu

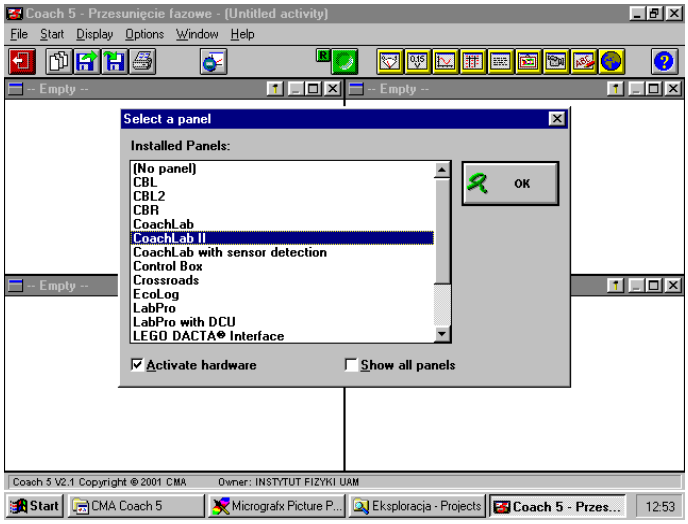


Uruchamiamy program „**Autor**" aby utworzyć „**projekt**" o podanej nazwie i zapisać na dysku.
„**Projekt**" będzie zawierał wszystkie nastawienia do wykonania pomiarów o określonej specyfice.

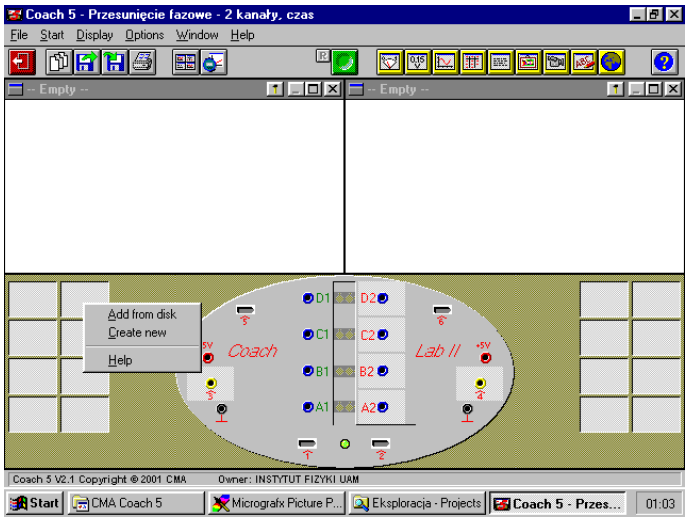


Rysunek obok ilustruje tworzenie projektu o nazwie „**przesunięcie fazowe**" .

Po potwierdzeniu projekt zostanie zapisany na dysku.

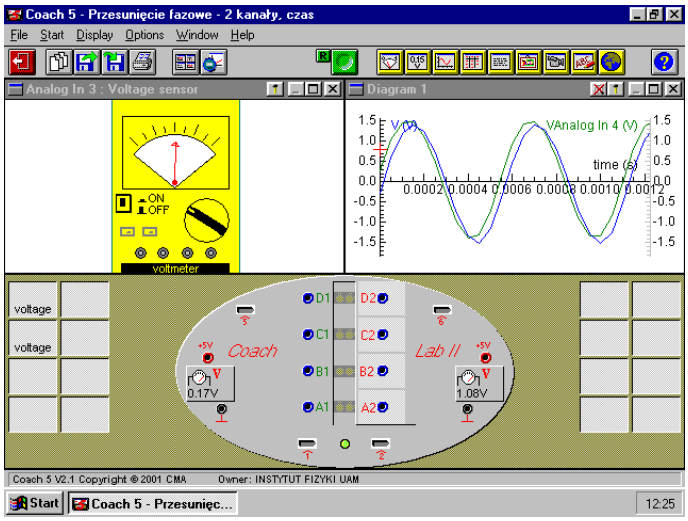


Po wyborze opcji „**new activity**" następuje wybór z plików programu sterującego pracą interfejsu podłączonego do komputera.
Wybieramy **CoachlabII**.



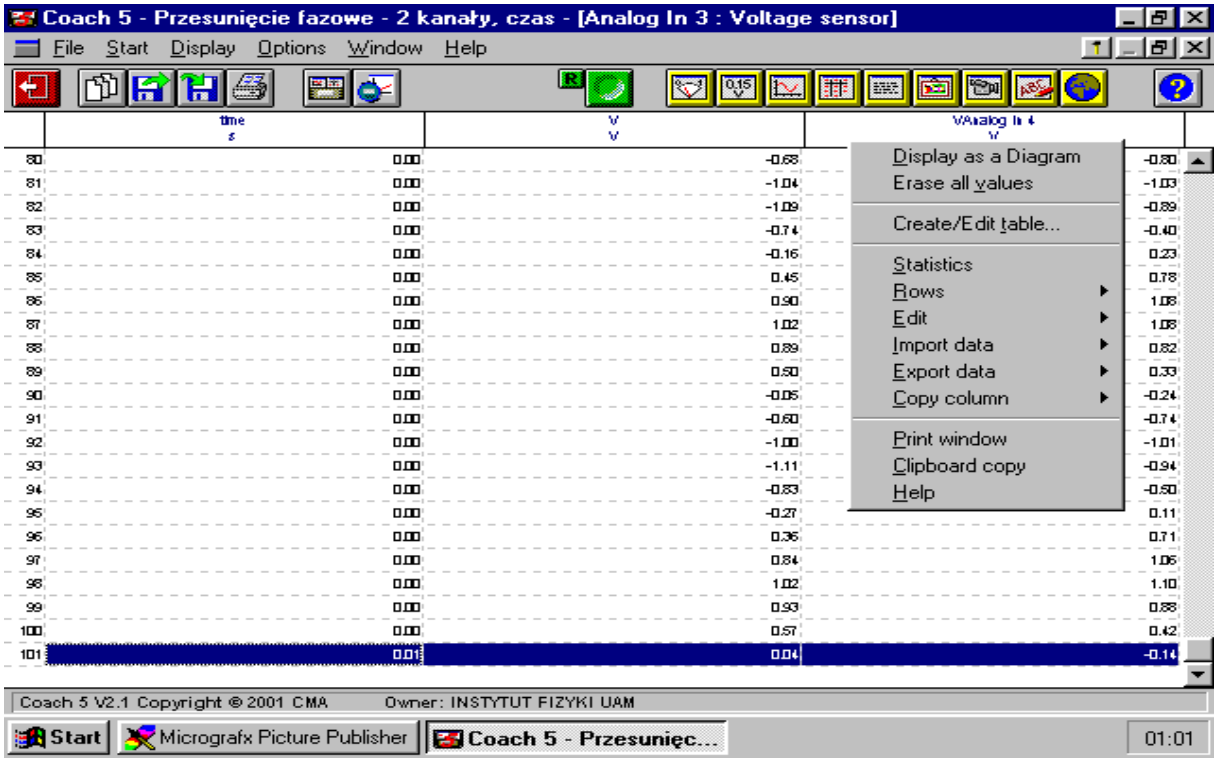
Klikając na pustym miejscu przeznaczonym pod ikonę oznaczającą kalibrację podłączonego czujnika wybieramy, z podanych po wyborze „**Add from disc**", właściwą kalibrację.

Można teraz rozpocząć pomiary.
By uzyskać wyświetlanie wyników na 2 pustych teraz polach należy wybrać ikonę z prawej strony górnej linii, np. miernik analogowy i wykres.

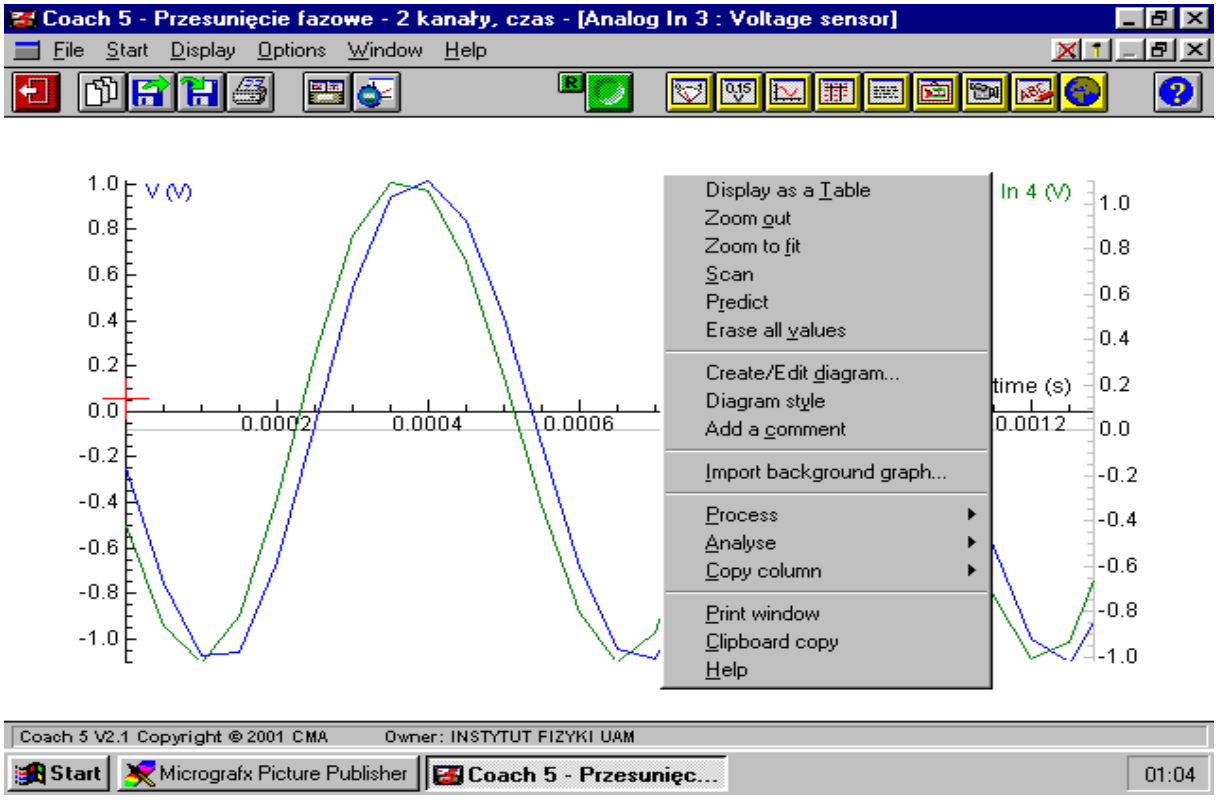


Czas pomiaru i częstotliwość próbkowania ustalamy po kliknięciu ikony „**measurement settings**".
Pomiar rozpoczyna się po kliknięciu ikony „**Start**".

Wygląd ekranu edycji tabeli



Wygląd ekranu analizy wykresu



12. POMIAR NAPIECIA I NATĘŻENIA PRĄDU PRZEMIENNEGO

Henryk Szydłowski, Grażyna Dudziak, Ewa Ziółkowska
Wydział Fizyki Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu

Cel doświadczenia

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

Stosowane przyrządy i materiały

Zestaw komputerowy.
Interfejs pomiarowy z programem COACH
Transformator sieciowy o przekładni rzędu 80/1 (napięcie na wyjściu transformatora musi
być mniejsze od 4V). Możnz stosować generator napięcia sinusoidalnego.
Oporniki radiowe i tablica do połączeń, lub oporniki laboratoryjne.
Przewody elektryczne

Badane zjawisko

Prąd przemienny I popularnie nazywany zmiennym jest prądem , który zmienia się w czasie według wzoru:

$$I = I_0 \sin \omega t$$

i I_0 n ś s ną i i ę t – s ω - n ęs ś ą ną ni ż ęs i ś ią s ę ą ią i

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

i T s s ń ν - ęs ś ią. n ż się n ię i n

$$U = U_0 \sin \omega t$$

3

i n i n i n n ię i i n ęż ni ą i ni się ni ż i ś i n ą i nn żn ę i s n ię i n ęż ni s n ą i nn ini n ś n ęż ni n ię i ą s i ą s ą n ię i ni ą i nn ś i s n n ęż ni n ię i są n n i i ś i s i ś i

$$I_s = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0 \qquad \text{lub} \qquad U_s = \frac{1}{\sqrt{2}} U_0$$

Wykonanie doświadczenia

A. Pomiar napięcia

s s ni s żn ś i n ię i n ęż ni ą N si ię ini n s *t* n s N si ę n s n ię i *U*
ą n i n ię i Ź n ię i s ns n ię i ś i n J ś i ą s s ś i n i s
3 n s ę n ię i s s i

B. Pomiar natężenia

ą n i n ęż ni ą n n s n Ź ą s ns n ię i ś i n i ni i ż ni i s s si ą n ni
ą i n ni N ię i ni ą n i s n ni
n s ę n ęż ni ą ni n ię i s s i

Obliczenia

A. Obliczenia napięcia

s n ię i s n ę n ną sin s s s ą i n *tools* n ę i *funktion fit* s ni n i n s ę ni s ni s i i ę U_0
i ęs ś ą ω i ęs ś ν
3 i n ię i s n U_s
s ą ę i n *tabele* ni n s ę ni *tools* i ś i ę n n ię i n s ę ni n n i ni ś i ś ni n ś ni inn n ś i n ię i s n i n

B. Obliczenia natężenia

i ni s ni n n i n ęż ni ą
n ni i ą ni i n ię i
3 i ś n ęż ni s n n s s n i ni 3
i

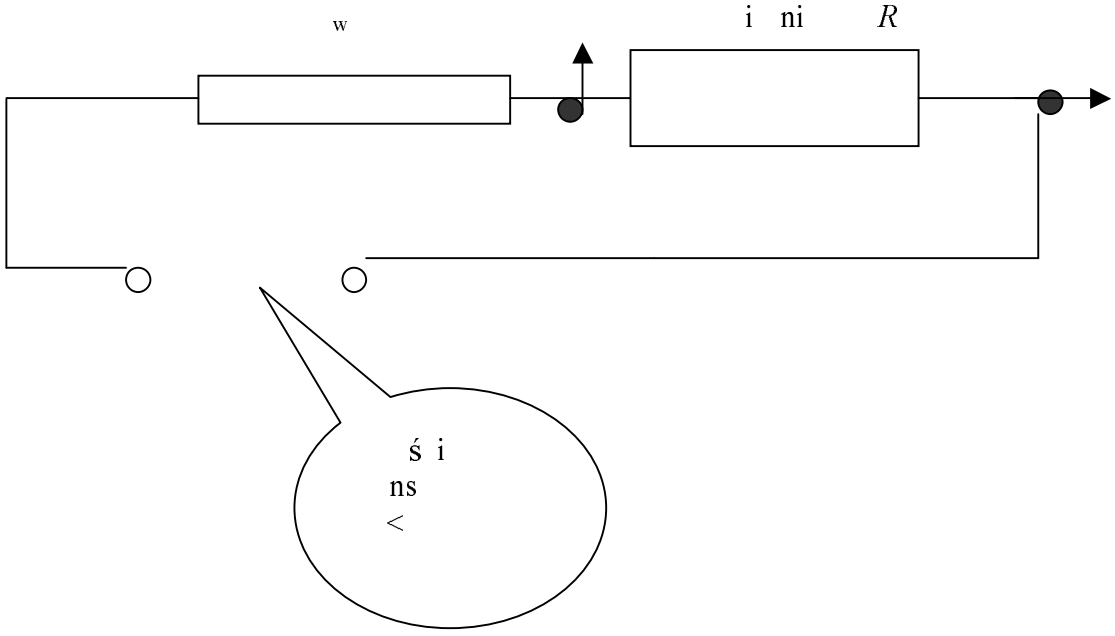
Dyskusja wyników i wnioski

s n się ęs ś ąω i ęs ś ν i n są n
ą i ą ą i i nn
n ą U_0 i n ię i s n U_s i s n się n n ś ią
n ni n s ą i ą ną ą i n
3 ń n ś ni n ś i s n n ię i
n 3 i

Literatura

s i *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem* N s
3
2 s i *nformatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyk*i N
n ń 7
3 *H Szydłowski (red), Pomiary* i n ą N
n ń
n ś i ni s n
i n

s s i n ęż ni i n ię i ą i nn n s i ą
n ęż ni ą s n i ą n ię i n ę ni ż s ni
ż



13. POMIAR PRZESUNIĘCIA FAZOWEGO W OBWODZIE PRĄDU PRZEMIENNEGO

n s i ż n i i s
Wydział Fizyki Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu

Cel doświadczenia

i n ię i ą i nn ą
i n ęż ni ą i nn ą
s s ni ni i i n n ię i si
s s ni n i n n si
s s ni n ni s nię i ię
ż n n ię i i ą

Stosowane przyrządy i materiały

s
n s i
n n ię i sin s i n ns si i ni ę
n ię i n ś i ns si ni s
ni i n ns
i ą ń i n

Badane zjawisko

N ię i ą i nn U i ni się si

$$U = U_0 \sin \omega t$$

i U_0 n ś s ną i i ę t s ω ną ęs ś ą ną ni ż ęs i ś ią s ę ą ią i

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

i s s ń ν ęs ś ią
i n i ni i in n i są
ni ż n ns i n ęż ni ą ż się

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

i φ s s nię i ię n ię i n ęż ni ą
i n i n i n n ię i i n ęż ni ą i ni się ni ż
i ś i n ą i nn żn ę i s n ię i
n ęż ni s n ą i nn ini n ś n ęż ni
n ię i ą s i ą s ą n ię i ni ą i nn

ś i s n n ęż ni n ię i są n n i i ś i s i ś i

$$I_s = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0 \qquad \text{lub} \qquad U_s = \frac{1}{\sqrt{2}} U_0$$

ą i nn i n i ą i nn s ę s nię i ż się

$$P = U_s \, I_s \cos\varphi$$

s nięci o s ią n i ości i c ąc i c ę s c nni in c i sn L on ns o o noś n s ę ąc i ią i

$$tg\varphi = \frac{\omega L}{R} \qquad tg\varphi = \frac{1}{R\,\omega C}$$

Wykonanie doświadczenia

o s o o o s o ni c so żności n ięci ą osi o cię c o ini n c s *t* n o s osi ę n c s n ięci U o c o i n s o o o o s o ni c so żności n ęż ni ą I o ąc c n i o s n o i o o o i n ięci i n ęż ni ą sc o n o n s n Ź n ięci s ns o o o n ięci ścio o n o o io ni i o o ni io s o s o io ni i si ąc on o o ni o co $_w$ o n n o o c n i ę o o o io ni ąc o o i o on o co ni n i ąc o n ęż ni ięci ąc o n o n o i o c n n ięci s o o o o on o co ni n i ąc o n ęż ni ą ięci o o ni o co o ąc o n o i o o s o o o on s cę n ięci i n ęż ni c s c s o o i

Obliczenia

o ź o i o n s i ąc c so i i n ięci i n ęż ni ą n n s s i sin soi s nię i i c s ni n o o s c i o s n ięci n ęż ni o ą n o s ięc ni s is o n o s o on s i nos c c s o oś *t* n c c s c n o s o ni oż s o on n ści o c s o s o c i o c n i on *t* o c ic s nięci o o

$$\varphi = 2\pi \frac{t}{T}$$

5. o s ąc s c n o o c i on t n s ę ni t o n o ni o ic i oc n n ięci i n ęż ni nożąc ni i is n o o i nic o n c ni i s os ci n si ąc ni ni i n ięci i n ęż ni ą s n c so n osi o o i ąc oc ą o i t_p i ońco i t_k n o o s

6. os ąc o c ę i on t ni n s ę ni t s ń ni i ni i s c ąc się i c so o o i ąc n o so i $(t \le t_p, \quad t \ge t_k)$ i o ic ości ś ni no o o on o n n ś ni s n ości oc ś ni i n o o i

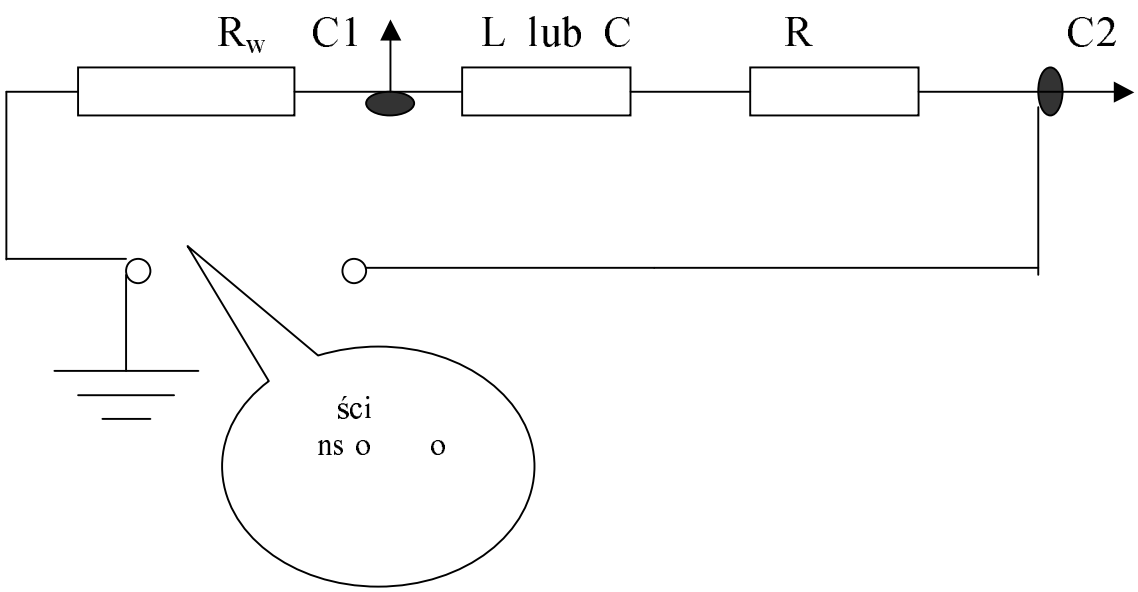
Dyskusja wyników i wnioski

s n się c c ęs ość o o ą i c ęs ość o ic on o są o n o ą i ą o ą i i nn n ąc U_0 o ic o n ięci s c n U_s i s n się n o nością o n o ni i ą o oc ną o ą i c n c ń o noś ni o n c ości s c n c n ięci n c i n ąc ni i o i oc P_w i ną o io ni ą o ic oną o o ni P o n n ci s ź o noś s n c ni n ni o ic ą ę n s o o ni o

$$B_p = \frac{P_w - P}{100}$$

5. o s ąc o oż s o ic o noś s oso n o on ns o s c nni in c i sn c i

Rys. 1 . Sposób pomiaru natężenia i napięcia prądu przemiennego. Sygnał C1 jest miarą natężenia prądu, a sygnał C2 – miarą napięcia, funkcję opornika R może spełniać mała żarówka.



14. PRAWO OHMA

Henryk Szydłowski, Grażyna Dudziak, Ewa Ziółkowska
Wydział Fizyki Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu

Cel doświadczenia

Pomiar napięcia prądu stałego za pomocą komputera.
Pomiar 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.

Stosowane przyrządy i materiały

Zestaw komputerowy.
Interfejs pomiarowy z programem COACH.
Źródło prądu – ogniwo elektryczne.
Oporniki radiowe i tablica do połączeń lub oporniki laboratoryjne.
Przewody elektryczne.

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. Mierzymy spadek napięcia występujący na tym oporniku U i z prawa Ohma: $U = R_w I$ obliczamy natężenie prądu

$$I = U/R_w. \qquad (1)$$

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 proprcjonalny do przyłożonego napięcia, co tradycyjnie zapisujemy w postaci:

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

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

$$U = R\,I \tag{3}$$

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:

$$U = \left(R + R_w\right) I \tag{4}$$

i opór elektryczny odbiornika R wyraża się wzorem:

$$R = \frac{U}{I} - R_w \tag{5}$$

który można przybliżyć postacią (3) tylko w przypadku, gdy $R >> R_w$

Wykonanie doświadczenia

1. Połącz układ elektryczny. Źródłem prądu o napięciu od 1 do 5V może być zasilacz, interfejs pomiarowy lub ogniwo. Opór opornika wzorcowego R_w musi być dokładnie znany.
2. Przygotuj zestaw komputerowy do równoczesnego rejestrowania czasowej zależności napięcia i natężenia prądu. Na osiach odciętych jest czas t np. do 10s. Na osi rzędnych wykresu odpowiednio: napięcie U (V) lub natężenie prądu I (A).
3. Wykonaj pomiar przy stałym napięciu. Ustaw maksymalne napięcie na potencjometrze P (pokrętło potencjometru P na rys. 1 w prawo do oporu). Włącz rejestrację wyników. Powinieneś otrzymać stała wartość (linie prostą) na obydwu wykresach.
4. Wykonaj pomiar przy zmiennym napięciu. Rejestrację wykonaj tak samo jak w punkcie 3, z tą różnicą, że po włączeniu rejestracji powoli zmieszaj napięcie kręcąc pokrętłem potencjometru w lewo w tak dobranym stałym (równomiernym) tempie, by pod koniec rejestracji osiągnąć zero (wtedy pokrętło jest obrócone w lewo do oporu). W przypadku otrzymania brzydkiego wykresu próbę można powtórzyć.

Obliczenia

(Obliczenia ograniczamy do wyników zarejestrowanych na końcowym wykresie)

1. Obliczenia tabelaryczne. Wyświetl tabelę wyników i wykonaj obliczenia w tejże tabeli. Tabela w kolejnych kolumnach zawiera: czas (C1), natężenie prądu (C2) i napięcie (C3). W kolumnie C4 obliczamy opór elektryczny z wzoru (3), a kolumnie C5 – z wzoru (5).
2. Korzystając z obliczeń statystycznych wykonaj obliczeń wartości średnich kolumn C4 i C5. Wyniki stanowią wartości średnie uzyskanych wyników oporu.
3. Tworzenie wykresu $U(I)$. Utwórz wykres zależności $U(I)$, czyli zależności wyników kolumn C3 o C2. Otrzymasz linię prosta biegnącą w przybliżeniu po przekątnej wykresu.

4. Obliczanie oporu elektrycznego jako nachylenia wykresu. Korzystając z: ikony *tools*, opcji *slope* wykonaj dopasowanie prostej o nachyleniu a występującym w równaniu

$$y \quad a\,x \quad b.$$

Porównaj to równanie z równaniem (3). Stwierdzisz, że następujące wielkości odpowiadają sobie: $y \to U,\ x \to I,\ a \to R,\ b$ nie ma odpowiednika, czyli $b \quad 0$. Zgodnie z interpretacją matematyczną $a \quad R$ jest oporem elektrycznym.

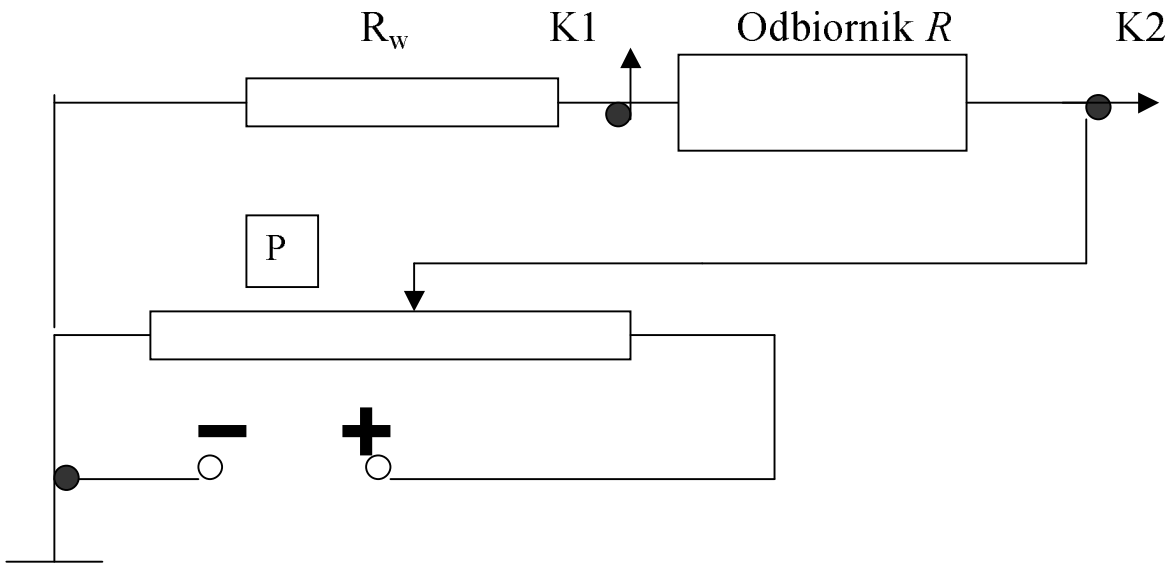
Dyskusja wyników i wnioski

1. Dokonaj dyskusji zgodności wyników otrzymanych trzema metodami:
   a. obliczanych z wzoru (3),
   b. obliczanych z wzoru (5),
   c. obliczonych z nachylenia prostej (obliczenia punkt 4).
2. Jeżeli znana jest wartość nominalna oporu elektrycznego mierzonego odbiornika, wtedy dokonaj analizy zgodności otrzymanych wyników z wartością nominalną. Ewentualnie oblicz błąd względny twoich wyników z wzoru:

$$B_p = \frac{P_{no\,\min} - P_{zmierzone}}{100}$$

3. Jaki wpływ na wynik pomiaru ma przybliżenie polegające na zaniedbaniu wpływu oporu opornika wzorcowego (wzór 2)?
4. W przypadku obliczeń tabelarycznych (obliczenia punkt 1) w wynikach obliczeń komputerowych podano również odchylenie standardowe, które jest miarą niepewności standardowej pomiaru. Dokonaj dyskusji dotyczącej porównania rozbieżności otrzymanych wyników i niepewności standardowej.

Rys. 1 . Sposób pomiaru natężenia i napięcia prądu. Sygnał K1 jest miarą natężenia pradu, a sygnał K2 – miarą napięcia



15. BADANIE ZJAWISKA INDUKCJI ELEKTROMAGNETYCZNEJ

Henryk Szydłowski, Grażyna Dudziak, Ewa Ziółkowska
Wydział Fizyki Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu

Cel doświadczenia:

Zapoznanie się z zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej.
Pomiar czasowego przebiegu napięcia indukowanego.
Zastosowanie komputera do pomiaru napięcia zmiennego.
Opanowanie metody komputerowej analizy wyników pomiarowych.

Stosowane przyrządy i materiały

Zestaw komputerowy.
Interfejs pomiarowy i program COACH.
Cewka do indukowania napięcia.
Magnes stały.

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 zamiany strumienia indukcji magnetycznej $\Delta\Phi$:

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

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

Wykonanie doświadczenia

1. Stosowaną cewkę przyłącz wprost do wejścia interfejsu zestawu komputerowego i ustaw pionowo.
2. Wstępne badanie może polegać na obserwacji napięcia przy szybkim wyjmowaniu magnesu z cewki.
3. W dalszym etapie wykonaj rejestrację zależności napięcia indukowanego od czasu. Dobierz czas pomiaru metodą prób (ułamki sekund).
4. Wykonaj badanie polegające na zarejestrowaniu zmian napięcia zachodzących przy:
    a. gwałtownym wyjęciu w górę magnesu znajdującego się wewnątrz cewki i skierowanego biegunem północnym w dół,
    b. wprowadzeniu magnesy do wnętrza cewki do pozycji, w której był na początku (biegun północny w dół),
    c. powtórzeniu badań omówionych w punktach a i b dla magnesu stawionego biegunem południowym w dół.
5. Następny eksperyment polega na zarejestrowaniu sygnału przy spadku magnesu ustawionego pionowo wzdłuż osi cewki.

Wszystkie wyniki zapisz w postaci plików w pamięci komputera i utwórz ich wydruki.

Obliczenia

1. Odczytaj wartości bezwzględne maksymalnego napięcia zarejestrowanego w eksperymentach wykonanych w punktach 4 i 5.
2. W przypadku eksperymentu 5 odczytaj również maksymalne i minimalne napięcie.
3. Korzystając z programu przetwarzanie (ikona *tools*, opcja *area*) dla wyników eksperymentu 5 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 magnesu.

Dyskusja wyników i wnioski

1. Wartości bezwzględne maksymalnego napięcia zarejestrowanego w eksperymentach 4a, 4b, 4c powinny być równe, jeżeli każdorazowo magnesy poruszały się z tą samą prędkością. Sprawdź, czy otrzymałeś wyniki zgodne.
2. W przypadku eksperymentu 5 należy przedyskutować przebieg uzyskanego wykresu. Należy również sprawdzić zgodność wartości bezwzględnych dla maksimum i minimum.
3. Dla wyników eksperymentu 5 obliczone powierzchnie są miarą całkowitego strumienia indukcji magnetycznej magnesu. Zatem dla jednego magnesu powinny być obydwie równe. Sprawdź czy istotnie taki jest wynik twojego eksperymentu
4. Prawo indukcji elektromagnetycznej jest wykorzystywane do wytwarzania prądu we wszystkich elektrowniach. Załóżmy, że istnieje czarodziej, który potrafiłby zawiesić działanie tego prawa. Co wtedy zmieniłoby się w naszym życiu?

16. POMIAR CIEPŁA TOPNIENIA LODU

Henryk Szydłowski, Grażyna Dudziak, Ewa Ziółkowska
Wydział Fizyki Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu

Cel doświadczenia:

Zapoznanie się z metodą kalorymetryczną.
Zapoznanie się z czujnikiem temperatury.
Zastosowanie komputera do badania przebiegu zmian temperatury w czasie.
Zastosowanie komputera do tworzenia wykresu i analizy danych.
Wykonanie ważenia z dokładnością nie mniejsza niż 1g.
Wyznaczanie ciepła topnienia lodu.

Stosowane przyrządy i materiały:

Zestaw komputerowy.
Interfejs pomiarowy i program COACH.
Czujnik temperatury.
Kubek styropianowy i zlewka szklanka lub inne naczynie.
Waga.
Ciepła woda.
Kostka lodu.
Chusteczka lub ręcznik z ligniny

Badane zjawisko

W czasie topienia ciało stałe pochłania ciepło. Celem doświadczenia jest wyznaczenie ciepła topnienia lodu q, czyli ciepła potrzebnego do stopienia jednego grama lodu. Badane zjawisko sprowadza się do stopienia kostki lodu wrzuconej do podgrzanej wody. Pomiary polegają na wyznaczeniu spadku temperatury $\Delta t = t_{\max} - t_{\min}$ podgrzanej wody m_w spowodowanego stopieniem kostki lodu o masie m_l. W celu wyznaczenia spadku temperatury badamy przebieg zależności temperatury wody w czasie topienia się kostki lodu wrzuconej do tej wody. Temperaturę mierzymy zestawem komputerowym.

W czasie topienia:

woda m_w traci ciepło $Q_w = m_w\, c_w\, \Delta t = m_w\, c_w\, (t_{\max} - t_{\min})$,

lód pobiera ciepło na stopienie $Q_t = m_l\, q$,

woda powstała z stopionego lodu pobiera ciepło $Q_l = m_l\, c\ \ t_{\min}$, gdzie przez c_w oznaczyliśmy ciepło właściwe wody.

Ciepło tracone przez wodę musi być równe sumie ciepła pobranego przez lód: $Q_w = Q_t + Q_l$. Po podstawieniu mamy:

$$m_w\, c_w\, (t_{\max} - t_{\min}) = m_l\, q + m_l\, c_w\, t_{\min}, \tag{1}$$

skąd obliczamy ciepło topnienia q

$$q = c_w\, \frac{(m_w - m_l)\, t_{\max} + m_w\, t_{\min}}{m_l}. \tag{2}$$

Masa lodu jest zazwyczaj mała w stosunku do początkowej masy wody w kalorymetrze: $m_w > m_l$ i w pierwszym przybliżeniu możemy pominąć m_l w liczniku ostatniego równania otrzymując wzór przybliżony:

$$q = c_w \frac{m_w}{m_l} \Delta t \,, \qquad \text{gdzie} \quad \Delta t = t_{\max} - t_{\min} \,. \tag{3}$$

Wykonanie doświadczenia

1. Do zestaw komputerowego przyłącz czujnik temperatury. Przygotuj układ do pomiaru i rejestracji zależności temperatury od czasu. Na osi rzędnych ( ) powinna być skala temperatury w przedziale 0-40^{0}C a na osi odciętych (x) czas w przedziale 0-300s.
2. Przygotuj kostki lodu do wykonania pomiarów. Do kubka styropianowego (lub innego naczynia) włóż kilka kostek lodu z zamrażalnika i dolej niewielką ilość wody. Po pewnym czasie powinna się ustalić temperatura wody równa 0^{o}C. Możesz kontrolować temperaturę za pomocą zestawy komputerowego umieszczając czujnik w naczyniu zawierającym wodę z lodem.
   Uwaga! Lód wyjęty z zamrażalnika ma temperaturę niższą od 0^{0}C. Lód współistniejący z wodą ma temperaturę 0^{0}C.
3. Przygotuj podgrzaną wodę. Możesz ją podgrzać w szklance lub czajniku elektrycznym.
4. Przygotuj do „kalorymetr", którego funkcję z powodzeniem pełni kubek styropianowy do gorących napojów. Kubek styropianowy umieść w ciężkim naczyniu (np. szklance), by w czasie pomiaru układ był stabilny (sam kubek styropianowy łatwo się przewraca).
5. Wykonaj ważenie tak przygotowanego pustego „kalorymetru" z dokładnością do ułamków grama (przynajmniej do 1g. Oznacz tę masę przez m_1 .
6. Wypełnij 2/3 objętości kubka wodą podgrzaną do około 30 ^{0}C i wykonaj ponowne ważenie. Oznacz wynik przez m_2.
7. Przygotuj lód. Jedną lub dwie kostki najlepiej rozdrobnić i umieścić na szmacie lub ligninowej serwecie, by je osuszyć.
8. Przygotuj zestaw komputerowy do pomiaru czasowego przebiegu temperatury w sposób omówiony w punkcie 1.
9. Wykonaj pomiary zmian temperatury. Wprowadź czujnik temperatury do „kalorymetru", zastartuj pomiar i po ok. 1 minucie (kiedy wskazania temperatury przestaną się zmieniać) wsyp do kalorymetru przygotowany uprzednio lód. Obserwuj zmiany temperatury do chwili jej ustalenia się (co widać na wykresie rysowanym na ekranie).
10. Wykonaj ważenie „kalorymetru" z wodą i stopionym lodem. Oznacz wynik jako m_3.
11. Odczytaj temperatury: początkową - t_p, oraz końcową t_k z wykresu. t_p jest ustabilizowana temperaturą przed wprowadzeniem lodu, a t_k ustabilizowaną wartością temperatury po stopieniu lodu.
12. Na komplet „surowych" wyników pomiarowych składają się:

Masa kalorymetru	$m_1 =$
Masa kalorymetru z wodą	$m_2 =$
Masa kalorymetru z wodą i lodem	$m_3 =$
Początkowa temperatura	$t_p =$
Końcowa temperatura	$t_k =$

Obliczenia

1. Oblicz masę wody : $m_w = m_2 - m_1$ otrzymując $m_w =$

2. Oblicz masę lodu: $m_l = m_3 - m_2$ otrzymując $m_l =$

3. Obliczamy przyrost temperatury $\Delta t = t_k - t_p$ otrzymując $\Delta t =$

4. Obliczamy ciepło topnienia z wzoru (3) otrzymując q =

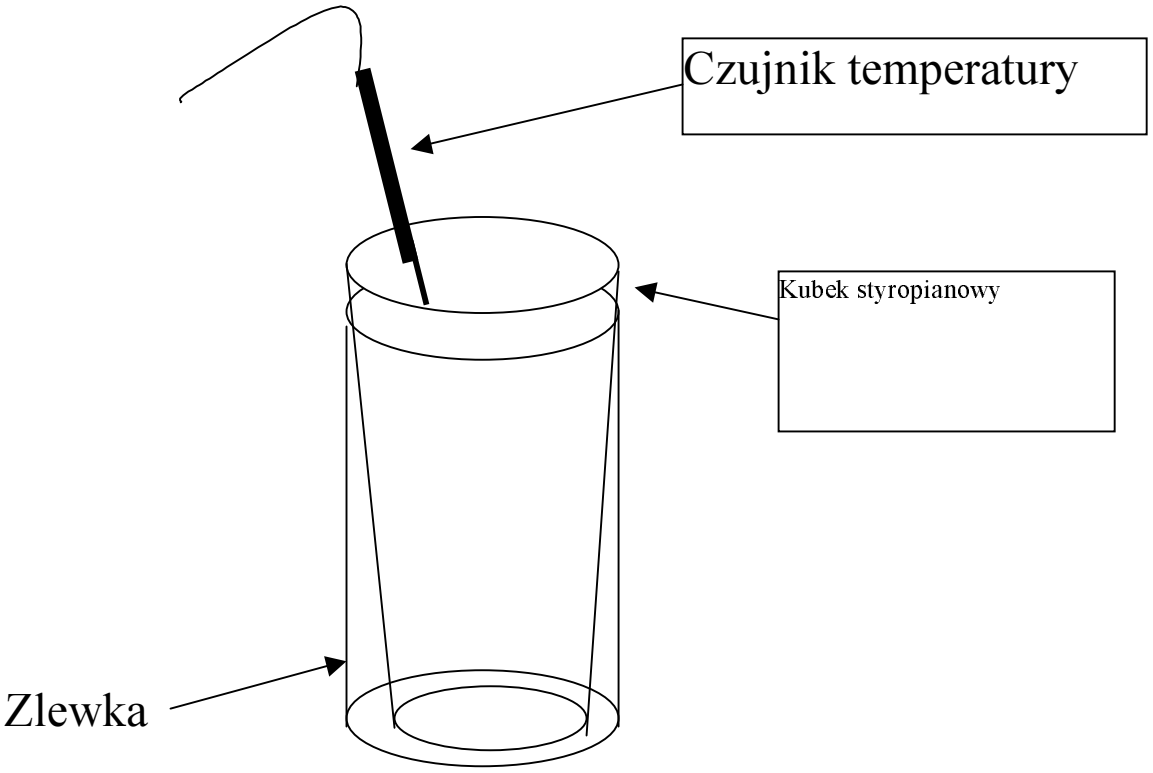
W obliczeniach przyjmujemy $c_w = 4{,}19$ J g^{-1}K^{-1}

Dyskusja wyników i wnioski

1. W tablicach podaje się dla ciepła topnienia lodu wartość q_t = 332 J g^{-1}. Oblicz procentowy błąd względny swojego wyniku z wzoru:

$$B_p = \frac{q - q_t}{q_t} 100$$

2. Jedną z przyczyn błędu jest stosowanie wzoru przybliżonego (3) zamiast dokładnego (2). Policz w domu wynik z wzoru (3) i oblicz błąd tego wyniku.
3. Przeanalizuj ewentualny wpływ innych błędów wynikających z niedoskonałości aparatury.
4. Porównaj ciepło topnienia lodu z ciepłem topnienia innych substancji spotykanych w otoczeniu. Jest ono bardzo duże. Czy tak jest?
5. Przedyskutuj wpływ dużej wartości ciepła topnienia lodu na klimat.



Rys.1. Zestaw do wyznaczania ciepła topnienia lodu za pomocą zestawu wspomaganego komputerowo.