

Doświadczenia z fizyki z MiLAB™



Dystrybucja i reprodukcja tej książki bez zgody Fourier Systems surowo zakazane.
Obecna wersja aplikacji MiLAB 2.0 kompatybilna z tabletem einstein™ oraz urządzeniami z systemem operacyjnym Android oraz iOS (współpracującymi z zestawem czujników einstein™Labmate™)
Copyright © Fourier Systems. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Spis treści

1. Spis treści	1
2. Doświadczenia według czujników.....	4
3. Wstęp.....	7
4. Dopasowywanie wykresów ruchu	16
5. Pomiary położenia i prędkości	20
6. Ruch po równi pochyłej.....	22
7. Współczynnik tarcia	26
8. Trzecia zasada dynamiki Newtona	29
9. Działanie stałej siły na poruszający się obiekt	32
10. Druga zasada dynamiki Newtona	35
11. Energia podrzuconej piłki.....	40
12. Prawo Hooke'a: wyznaczanie stałej sprężystości.....	43
13. Ruch harmoniczny prosty	46
14. Energia w ruchu harmonicznym prostym.....	50
15. Ciepło właściwe	54
16. Ładunek wytwarzany przez tarcie.....	58
17. Przepływ prądu w wyniku dotyku	61
18. Ładunek wytwarzany przez indukcję	64
19. Przewodniki i izolatory	67
20. Pomiary napięcia	70
21. Opór przewodów.....	73
22. Oporniki połączone szeregowo.....	77
23. Oporniki połączone równolegle.....	81
24. Oporniki połączone szeregowo-równolegle	85
25. Łączenie baterii.....	89
26. Pomiary ładunku na okładkach kondensatora	93

27. Ładowanie i rozładowywanie kondensatora	97
28. Pole magnetyczne magnesu sztabkowego	102
29. Pole magnetyczne w pobliżu przewodu z prądem.....	105
30. Pole magnetyczne Ziemi	109
31. Prąd indukcyjny a siła elektromotoryczna.....	112
32. Transformator	115
33. Kondensator w prądzie przemiennym	118
34. Pomiar prędkości dźwięku	124

Doświadczenia według czujników



Ładunek

13. Ładunek wytwarzany przez tarcie	57
14. Przepływ prądu w wyniku dotyku	60
15. Ładunek wytwarzany przez indukcję	63
16. Przewodniki i izolatory	66
23. Pomiary ładunku w kondensatorze płaskim	92



Prąd

12. Ciepło właściwe	53
18. Opór przewodów	72
19. Oporniki połączone szeregowo	76
20. Oporniki połączone równolegle	80
21. Oporniki połączone szeregowo-równolegle	84
22. Łączenie baterii	88



Odległość

1. Dopasowywanie wykresów ruchu	15
2. Pomiary położenia i prędkości	19
3. Ruch po równi pochyłej	21
8. Energia podrzuconej piłki	39
9. Prawo Hooke'a: wyznaczenie stałej sprężystości	42
10. Ruch harmoniczny prosty	45
11. Energia w ruchu harmonicznym prostym	49



Siła

4. Współczynnik tarcia	25
5. Trzecia zasada dynamiki Newtona	28
5. Prawo Hooke'a: wyznaczanie stałej sprężystości	42
10. Ruch harmoniczny prosty	45
11. Energia w ruchu harmonicznym prostym	49



Pole magnetyczne

25. Pole magnetyczne magnesu sztabkowego	101
26. Pole magnetyczne w pobliżu przewodu z prądem	104
27. Pole magnetyczne Ziemi	108
28. Prąd indukcyjny a siła elektromotoryczna	111



Dźwięk

31. Pomiar prędkości dźwięku	122
------------------------------	-----



Temperatura

12. Ciepło właściwe	53
---------------------	----



Napięcie

12. Ciepło właściwe	53
17. Pomiary napięcia	69
18. Opór przewodów	72
19. Oporniki połączone szeregowo	76
20. Oporniki połączone równolegle	80

21. Oporniki połączone szeregowo-równolegle	84
22. Łączenie baterii	88
24. Ładowanie i rozładowywanie kondensatora	96
28. Prąd indukcyjny a siła elektromotoryczna	111
29. Transformator	114
30. Kondensator w prądzie przemiennym	117

Wstęp

Niniejsza książka zawiera 31 doświadczeń z fizyki dla uczniów przeznaczonych do użycia z oprogramowaniem MiLAB i czujnikami einstein™. Oprogramowanie MiLAB jest instalowane fabrycznie na tabletach einstein™Tablet, ale można je także zainstalować na dowolnym tablecie zaopatrzone w system Android lub iOS i sparować z zestawem czujników einstein™LabMate. Najnowsze oprogramowanie MiLAB można pobrać ze strony edukacyjnej FOURIER einsteinworld.com.

Dla wygody użytkowników dodaliśmy indeks, w którym doświadczenia podzielono na grupy według użytych czujników.

Tablet einstein™ Tablet+ i zestaw czujników einstein™ LabMate

Tablet einstein™ Tablet+

Tablet einstein™Tablet zawiera następujące elementy:

8 wbudowanych czujników:

- tętna: 0-200 uderzeń/min
- światła: 0-600 lx, 0-6000 lx, 0-150 klx
- wilgotności względnej: zakres: 0-100%
- temperatury: -30°C do 50°C
- ultrafioletu: 10 W/m², 200 W/m², długości fali UV 290-390 nm
- GPS
- mikrofon (czujnik dźwięku)
- akcelerometr

+ 4 złącza do czujników zewnętrznych

Zestaw czujników einstein™ LabMate

Zestaw czujników einstein™LabMate zawiera następujące elementy:

6 wbudowanych czujników:

- tętna: 0-200 uderzeń/min
- temperatury: -30°C do 50°C
- wilgotności względnej: zakres: 0-100%
- ciśnienia: 0-400 kPa
- ultrafioletu: 10 W/m², 200 W/m², długości fali UV 290-390 nm
- światła: 0-600 lx, 0-6000 lx, 0-150 klx

+ 4 złącza do czujników zewnętrznych

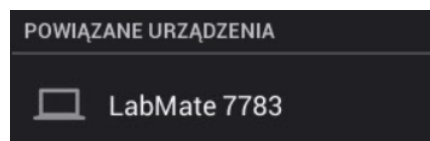
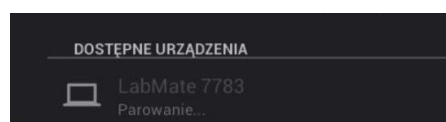
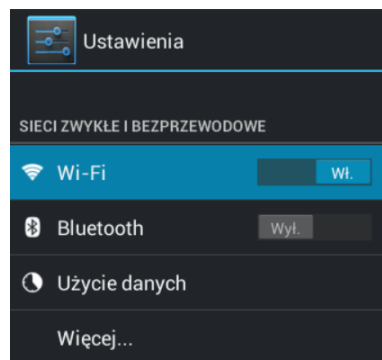
Czujniki zewnętrzne można podłączyć do dowolnego z tych urządzeń poprzez połączenie przewodu czujnika z jednym ze złączy czujników tego urządzenia.

Korzystanie z zestawu czujników einstein™ LabMate

Aby korzystać z oprogramowania MiLAB na urządzeniu innym niż einstein™, należy najpierw je sparować z zestawem czujników einstein™LabMate przez Bluetooth.

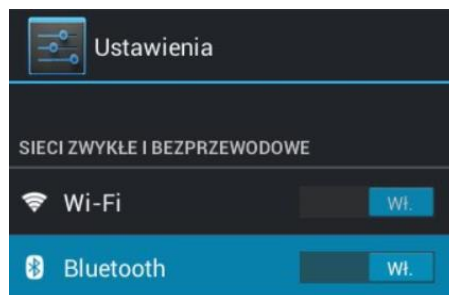
Parowanie z urządzeniem wyposażonym w system Android

1. Sprawdźcie, czy zestaw czujników einstein™LabMate jest włączony i niesparowany z żadnym innym urządzeniem.
2. Na tablecie wybierzcie przycisk Menu główne, a następnie ikonę Ustawienia systemowe.
3. Wybierzcie opcję Bluetooth OFF/ON i włączcie łączność Bluetooth.
4. Ustawienie włącznika funkcji Bluetooth będzie ustawiony w pozycji ON spowoduje rozpoczęcie wyszukiwania urządzeń obsługujących Bluetooth.
5. Po wykryciu przez urządzenie zestawu czujników einstein™LabMate pojawi się on na liście wykrywalnych urządzeń.
6. Aby się połączyć, wybierzcie zestaw czujników einstein™LabMate. Na urządzeniu wyświetli się krótka informacja dotycząca parowania, a następnie żądanie sparowania Bluetooth.
7. Aby zatwierdzić proces parowania, wybierzcie polecenie **Paruj**.
8. Po sparowaniu zestaw czujników einstein™LabMate pojawi się na liście sparowanych urządzeń.
9. UWAGA: Zachowajcie cierpliwość. Ponieważ urządzenia się różnią, czas parowania może wynieść od kilku sekund do kilku minut.



Rozłączanie

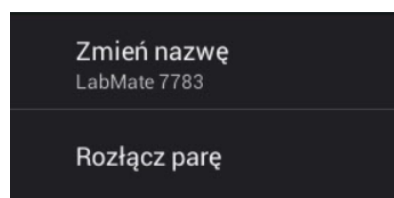
1. Na urządzeniu wyposażonym w system Android wybierzcie przycisk Menu główne > ikonę Ustawienia systemowe > Bluetooth.



2. Wybierzcie ikonę obok zestawu czujników einstein™LabMate na liście Sparowanych urządzeń.



3. Pojawi się nowe okno z poleceniem **Zmień nazwę** i poleceniem **Rozłącz**. Wybierzcie polecenie **Rozłącz**.



Parowanie z urządzeniem wyposażonym w system iOS

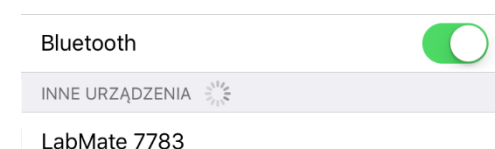
1. Sprawdźcie, czy zestaw czujników einstein™LabMate jest włączony i niesparowany z żadnym innym urządzeniem.
2. Wybierzcie opcję Ustawienia.

3. Wybierzcie opcję Bluetooth OFF/ON i włączcie Bluetooth.

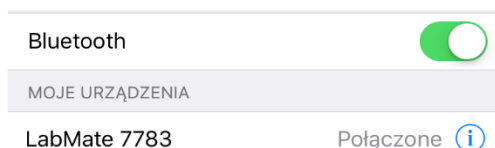


4. Ustawienie przełącznika funkcji Bluetooth w pozycji ON spowoduje rozpoczęcie wyszukiwania urządzeń obsługujących Bluetooth.

5. Po wykryciu przez urządzenie zestawu czujników einstein™LabMate pojawi się on na liście wykrywalnych urządzeń.



6. Aby się połączyć, wybierzcie zestaw czujników einstein™LabMate.



7. Po sparowaniu obok zestawu czujników einstein™ LabMate pojawi się słowo Połączony.

Rozłączanie

1. Wybierzcie opcję Ustawienia.
2. Wybierzcie sparowany zestaw czujników einstein™ LabMate.

Praca z wykresami w aplikacji MiLAB

Przeprowadzanie doświadczeń opisanych w tej książeczce wymaga użycia oprogramowania MiLAB do analizy wyników.

Odczytywanie wykresów

Generalnie wykresy w oprogramowaniu MiLAB przedstawiają dane pochodzące z co najmniej jednego czujnika na osi y (czyli pionowej) w czasie na osi x (poziomej).

Domyślnie wykresy w oprogramowaniu MiLAB są autoskalowane, co oznacza, że cały wykres jest widoczny.

Aby powiększyć jedną część wykresu, dotknijcie ekranu i rozsuńcie 2 palce.

Aby pomniejszyć, zsuńcie palce ze sobą.



Zsuń, aby zmniejszyć



Rozsuń, aby powiększyć

Uwaga: Można także rozsuwać albo zsuwać wzdłuż osi x lub y , co pozwoli powiększyć lub zmniejszyć osie.

Aby powrócić do wykresu w oryginalnej skali, dotknijcie go dwa razy.

Można także przesuwać wykres lub osie, dotykając je lub je przeciągając.

Analizowanie wykresu

Analizowanie informacji zawartych na wykresie to jedna z najistotniejszych i najbardziej rozbudowanych funkcji oprogramowania MiLAB.

Aby dokonać analizy wykresu:

- Wykonajcie doświadczenie.
- Aby skorzystać z funkcji analizy oprogramowania MiLAB, wybierzcie co najmniej jeden punkt na wykresie – jest on określany mianem kursora. Wiele z funkcji wymaga dwóch kursorów.

Uwaga: Jeżeli korzystacie z więcej niż jednego czujnika, oba punkty muszą się znajdować na tej samej linii wykresu.

Praca z kursorami

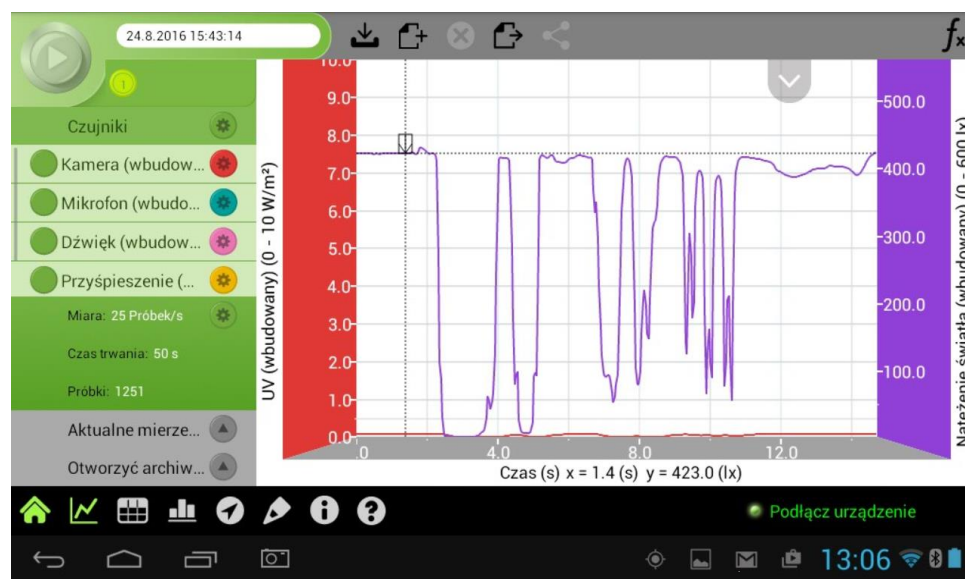
Na wykresie można wyświetlić jednocześnie maksymalnie dwa kursory.

Użyjcie jednego kursora, aby wyświetlić wartości poszczególnych danych, wybrać krzywą albo – jeżeli korzystacie z co najmniej trzech kursorów – odkryć ukrytą oś y .

Za pomocą dwóch kursorów dokonajcie analizy danych na wykresie.

Aby wyświetlić pierwszy kursor:

W widoku wykresu dotknijcie dowolnego punktu na linii wykresu. Teraz oprogramowanie MiLAB wyświetli wartości współrzędnych.



Aby wyświetlić drugi kursor:

Gdy pierwszy kursor zostanie umieszczony, dotknijcie dowolnego punktu na tej samej linii wykresu.



Po wybraniu 2 punktów danych na dole okna z wykresem pojawią się różnice między wartościami x i y tych dwóch punktów.

- dx to różnica między wartościami x tych 2 punktów.
- dy to różnica między wartościami y tych 2 punktów.

Poruszanie kursorem

- Dotknijcie kursora i przytrzymajcie go, a następnie przeciągajcie go w lewo i prawo po jednej linii wykresu.
- Aby przesunąć kursor do linii wykresu innego czujnika, dotknijcie jej.

Aby usunąć kursor:

- Dotknijcie kursora i przytrzymajcie go, a następnie szybkim ruchem przesuniecie kursor poza ekran w dowolnym kierunku.
Kursor zniknie z linii wykresu.

Praca z funkcjami

Wybranie kursora aktywuje przycisk **Funkcja** (f_x).

Aby zobaczyć listę dostępnych narzędzi, dotknijcie przycisku **Funkcja**.



Aby zastosować wybraną funkcję, dotknijcie jednego z nich.

Po wybraniu funkcji na wykresie pojawi się nowa linia wykresu z wyświetlonymi na niej wynikami.

Niektóre funkcje, jak na przykład **Odejmowanie**, wymagają porównania dwóch linii wykresu. Aby porównać dwie linie wykresu:

- Umieśćcie dwa kursory na jednej z linii wykresu.
- Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
- Dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (\otimes) obok wybranej funkcji.
- W menu **Konfiguracja G1** oznacza wybraną linię wykresu.

Funkcja matematyczna

Nazwa: Dodawanie(Natężenie światła (wbudowany) + Natężenie światła (wbudowany))

Jednostka: lx

$$(A \cdot G1) + (B \cdot G2)$$

G1: Natężenie światła (wbudowany) A: 1

G2: Natężenie światła (wbudowany) B: 1

Anulować OK

- Aby wybrać linię wykresu, z którą chcecie ją porównać, użyjcie rozwijanego menu w polu **G2**.
- Dotknijcie **OK**.
- Na wykresie pojawi się nowa linia wykresu z wyświetlonymi na niej wynikami.

Uszczelnianie

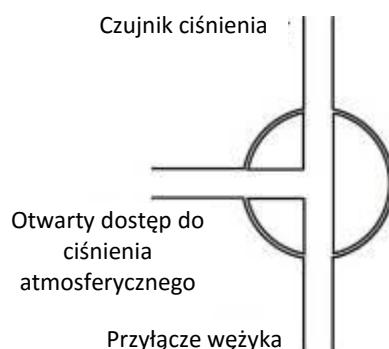
W wielu doświadczeniach w tej książeczce, zwłaszcza w doświadczeniach dotyczących pomiarów ciśnienia, należy dokładnie uszczelnić kolby lub probówki. Poniżej znajdują się wskazówki, które zapewnią sprawny przebieg tych doświadczeń.

Uwaga: Do zapewnienia dokładnego uszczelnienia mogą być potrzebne takie materiały jak modelina, która pozwoli uszczelnić wszelkie otwory.

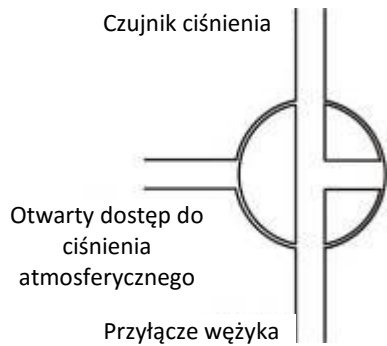
Uwaga: Można nabyć zestaw do pomiarów ciśnienia einstein™ przeznaczony specjalnie do tego typu doświadczeń.

Po uszczelnieniu kolby lub probówki możecie zbadać uszczelnienie.

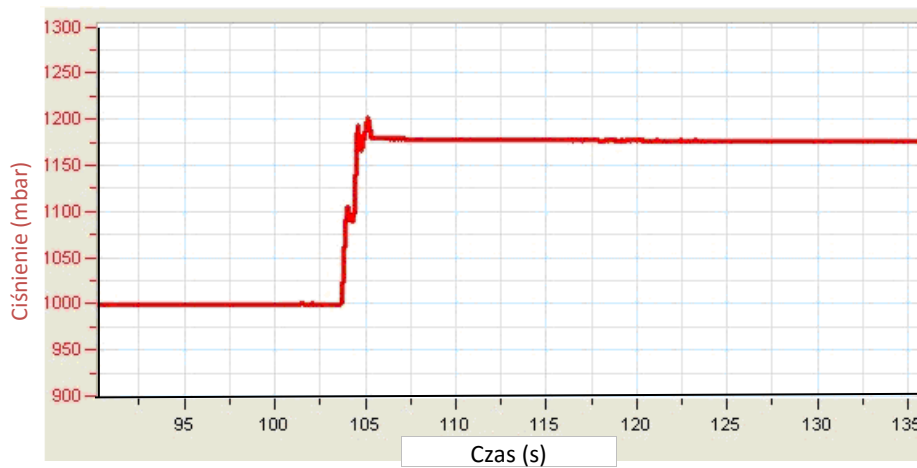
1. Dotknijcie polecenia **Start** (🟢), aby rozpocząć rejestrowanie danych.
 2. (Jeżeli Wasz zestaw zawiera zawór trójdrogowy) Obróćcie zawory trójdrogowe w taki sposób, aby umożliwić swobodny przepływ powietrza z otoczenia.
- Teraz odczyt powinien wskazywać wartość ciśnienia atmosferycznego.



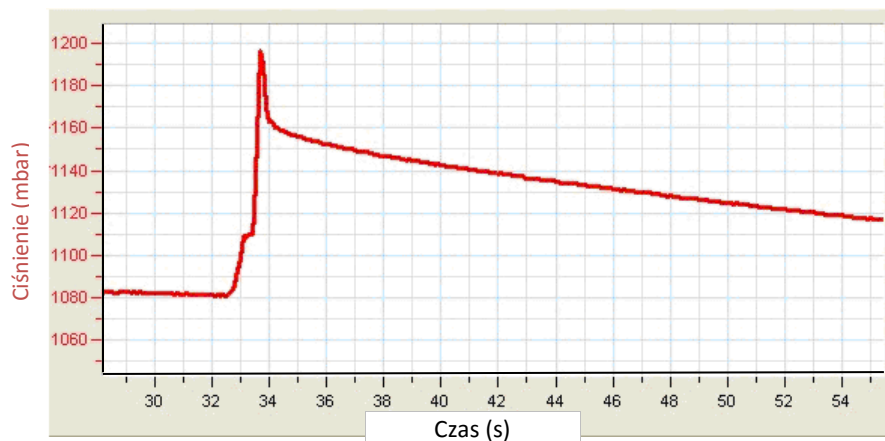
3. (Jeżeli Wasz zestaw zawiera zawór trójdrogowy) Obróćcie zawory trójdrogowe w taki sposób, aby odciąć dopływ powietrza z otoczenia do układu.




Dociśnijcie zatyczki. Ciśnienie powinno nieco wzrosnąć, a następnie pozostać na stałym poziomie.



4. Jeżeli ciśnienie spadnie (zob. Rys. poniżej), istnieje wyciek. Dokładnie sprawdźcie uszczelnienie i użycie takiego materiału jak modelina do uszczelnienia wszelkich ewentualnych otworów. Powtórzcie krok 4. Jeżeli to nie pomoże, wymieńcie zatyczkę.



5. Gdy upewnicie się, że pojemniki są uszczelnione, dotknijcie polecenia **Stop** ().



Plan doświadczenia

Każdy doświadczenie obejmuje następujące części:

- **Wstęp:** Krótki opis pojęcia i teorii
- **Wyposażenie:** Wyposażenie potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia
- **Przygotowanie wyposażenia:** Ilustrowane instrukcje organizacji doświadczenia
- **Przygotowanie doświadczenia:** Zalecana konfiguracja
- **Procedura:** Szczegółowe instrukcje do przeprowadzenia doświadczenia
- **Analiza danych**
- **Pytania**
- **Więcej pomysłów**

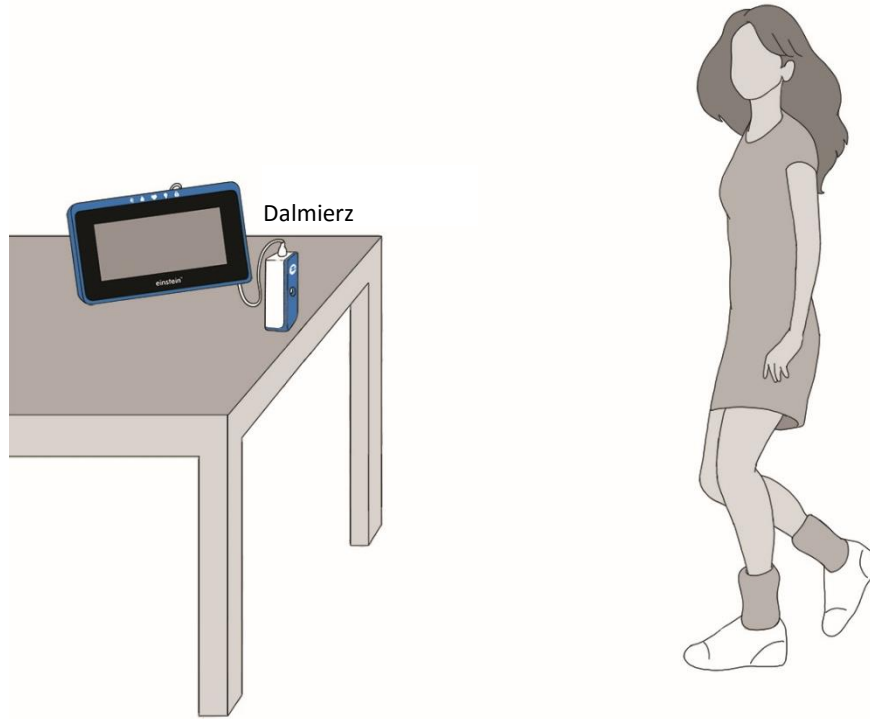


Środki ostrożności

- Postępujcie zgodnie ze standardowymi procedurami bezpieczeństwa przewidzianymi dla ćwiczeń laboratoryjnych w pracowni.
- Należy podjąć odpowiednie środki ostrożności w celu ochrony nauczycieli i uczniów w czasie przeprowadzania doświadczeń opisanych w tej książeczce.
- Nie ma możliwości podania wszystkich środków ostrożności ani ostrzeżeń!
- Firma Fourier nie ponosi odpowiedzialności za korzystanie z wyposażenia, materiałów i opisów podanych w tej książeczce.

Rozdział 1

Dopasowywanie wykresów ruchu



Rys. 1



Wstęp

W tym doświadczeniu zbadamy korzystanie z dalmierza do tworzenia wykresów opisujących położenie i prędkość. Waszym zadaniem będzie chodzenie do przodu i do tyłu przed dalmierzem i obserwowanie wykresu ruchu. Waszym zadaniem będzie stworzenie wykresu odpowiadającego zaprezentowanemu wykresowi.




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dalmierz
- Adapter dalmierza
- Taśma maskująca

123 Przygotowanie wyposażenia

Uwaga: Upewnijcie się, że zasilacz AC/DC jest podłączony, ponieważ dalmierz potrzebuje stosunkowo dużej mocy.

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ()
2. Podłączcie dalmierz z adapterem dalmierza do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko dalmierz.

Dopasowywanie wykresów zależności położenia od czasu:






Przygotowanie doświadczenia

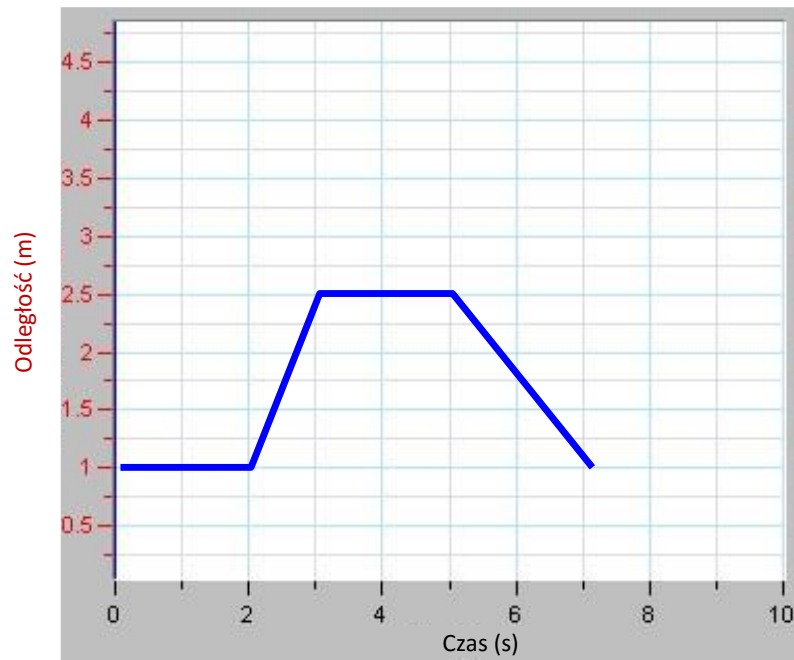
Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Dalmierz	Odległość (m)
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min



Procedura

1. Umieście dalmierz na stole w taki sposób, by był skierowany na otwartą przestrzeń o długości co najmniej 4 m (zob. Rys. 1).
2. Za pomocą krótkich pasków taśmy maskującej zaznaczcie na podłodze położenie w odległości 1 m, 2 m, 3 m i 4 m od dalmierza.
3. Stwórzcie wykres ruchu, przemieszczając się od dalmierza ze stałą prędkością. W tym celu stańcie w odległości około 1 m od dalmierza i poproście innego uczestnika doświadczenia, by dotknął przycisku **Start** () , by rozpocząć rejestrowanie danych. Wolno przejdźcie w kierunku od dalmierza.
4. Gdy osiągniecie znacznik 3 m, poproście innego uczestnika doświadczenia, by dotknął przycisku **Stop** () .
5. Dotknijcie **Zapisz** () , aby zapisać zarejestrowane dane.
6. Powtarzajcie kroki 3 do 5 tak, aby uzyskać wykres jak najbardziej podobny do poniższego (Rys. 2):



Rys. 2: Wykres zależności położenia od czasu

Dopasowywanie wykresów zależności położenia od czasu:






Przygotowanie doświadczenia

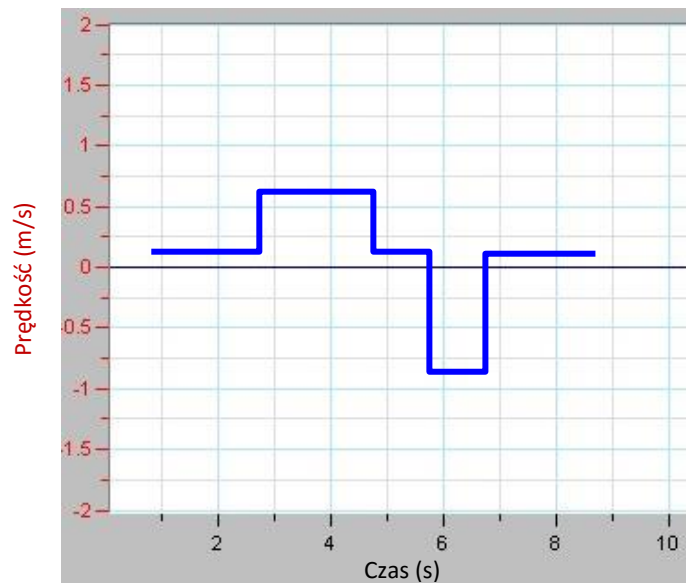
Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

Dalmierz	Prędkość (m/s)
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min



Procedura

- Umieście dalmierz na stole w taki sposób, by był skierowany na otwartą przestrzeń o długości co najmniej 4 m (zob. Rys. 1).
- Za pomocą krótkich pasków taśmy maskującej zaznaczcie na podłodze położenie w odległości 1 m, 2 m, 3 m i 4 m od dalmierza.
- Stwórzcie wykres ruchu, przemieszczając się od dalmierza ze stałą prędkością.
W tym celu stańcie w odległości około 1 m od dalmierza i poproście innego uczestnika doświadczenia, by wybrał polecenie **Start** (), by rozpocząć rejestrowanie danych. Wolno przejdźcie w kierunku od dalmierza.
- Gdy osiągniecie znacznik 3 m, poproście innego uczestnika doświadczenia, by wybrał polecenie **Stop** ().
- Dotknijcie **Zapisz** (), aby zapisać zarejestrowane dane.
- Powtarzajcie kroki 3 do 5 tak, aby uzyskać wykres jak najbardziej podobny do poniższego (Rys. 3):



Rys. 3: Wykres zależności prędkości od czasu



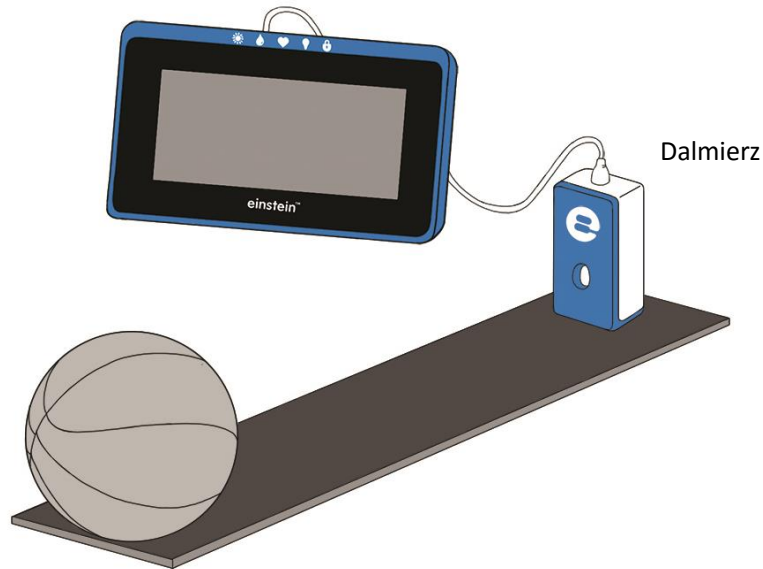
Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Opiszcie, w jaki sposób się poruszaliście, by dopasować wartości do wykresu.
2. Wyjaśnijcie znaczenie nachylenia wykresu zależności położenia od czasu. Zamieście omówienie nachylenia dodatniego i ujemnego.
3. Jaki rodzaj ruchu pojawia się, gdy nachylenie wykresu zależności położenia od czasu wynosi zero?
4. Jaki rodzaj ruchu pojawia się, gdy nachylenie wykresu zależności położenia od czasu jest stałe?
5. Jaki rodzaj ruchu pojawia się, gdy nachylenie wykresu zależności położenia od czasu jest zmienne? Sprawdźcie swoją odpowiedź na to pytanie za pomocą dalmierza.
6. Opiszcie, w jaki sposób się poruszaliście, aby dopasować wartości do wykresu na Rys. 3.
7. Jaki rodzaj ruchu pojawia się, gdy nachylenie wykresu zależności prędkości od czasu wynosi zero?
8. Jaki rodzaj ruchu pojawia się, gdy nachylenie wykresu zależności prędkości od czasu jest inne od zera? Sprawdźcie swoją odpowiedź za pomocą dalmierza.

Rozdział 2

Pomiary położenia i prędkości



Rys. 1



Wstęp

Ruch opisujemy na wykresie przedstawiającym zależność między położeniem ciała a czasem. Ten sam wykres pozwala nam określić prędkość, z jaką ciało się porusza.

Prędkość oznaczamy w fizyce symbolem v i definiujemy jako tempo, w jakim ciało zmienia swoje położenie.

Prędkość średnią można obliczyć wzorem:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

gdzie:

Δx = przemieszczenie

Δt = czas, który upłynął


W tym doświadczeniu użyjemy dalmierza do prześledzenia ruchu piłki.



Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dalmierz
- Adapter dalmierza
- Piłka do koszykówki lub inna okrągła piłka

123 Przygotowanie wyposażenia




1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie dalmierz z adapterem dalmierza do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Upewnijcie się, że ustawieniach pomiarów zaznaczono tylko czujnik Dalmierz.

Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Dalmierz	Odległość (m)
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min


Procedura

1. Umieśćcie dalmierz na podłodze lub innej gładkiej, płaskiej powierzchni, po której popchnięta piłka do koszykówki będzie bez przeszkód toczyć się przez kilka metrów (zob. Rys. 1).
2. Umieśćcie piłkę na podłodze w odległości pół metra od dalmierza.
3. Dotknijcie widocznego na górnym pasku narzędzi polecenia **Start** (). Aplikacja rozpocznie gromadzenie danych.
4. Delikatnie popchnijcie piłkę, wprawiając ją w ruch po podłodze w kierunku przeciwnym, niż ten, w którym znajduje się dalmierz.
5. Gdy piłka osiągnie koniec toru lub pokona przewidzianą dla niej w tym doświadczeniu odległość 10 m, dotknijcie polecenia **Stop** (.
6. Zapiszcie dane, dotykając na górnym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** (.

Analiza danych

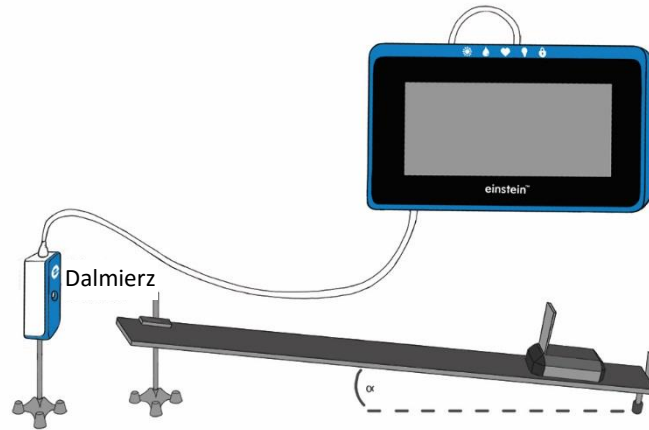
Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

Spójrzcie na wykres i odpowiedzcie na następujące pytania:

1. Czy nachylenie wykresu zmienia się w czasie?
2. Użyjcie wzoru (1) i obliczcie średnią prędkość piłki w każdym z trzech przedziałów czasu. W jaki sposób zmienia się w nich prędkość?
3. Umieśćcie kursor na linii wykresu.
4. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (.
5. Z menu **Funkcje matematyczne** wybierzcie funkcję **Pochodna** i użyjcie jej, by na podstawie wykresu obliczyć prędkość w funkcji czasu. Omów wykres.
6. Porównajcie wyniki z prędkościami obliczonymi za pomocą wzoru (1).

Rozdział 3

Ruch po równi pochyłej



Rys. 1



Wstęp

Obiekt położony na równi pochyłej będzie się poruszał w dół nachylenia ze stałym przyspieszeniem. Jeżeli obiekt odbije się w górę równi, gdy dotrze do jej końca, a równia nie ma tarcia, przyspieszenie obiektu w ruchu w górę równi będzie równe przyspieszeniu w ruchu w dół. W tym doświadczeniu umieszczamy wózek na równi pochyłej i badamy właściwości ruchu.




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dalmierz
- Adapter dalmierza
- Wózek
- Kwadratowy kawałek kartonu o wymiarach 10 x 10 cm (*znacznik*)
- Równia pochyła (o możliwie jak najmniejszym tarcu)
- Statyw laboratoryjny z zaciskiem ALBO książki do zmiany wysokości równi pochyłej

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie dalmierz z adapterem dalmierza do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
4. Umieście dalmierz na górnym końcu równi pochyłej.

5. Umieśćcie korek na dole równi.
6. Odległość początkowa między wózkiem a dalmierzem powinna wynosić co najmniej 50 cm.
7. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko dalmierz.



Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Dalmierz	Odległość (m)
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	10 sek.



Procedura




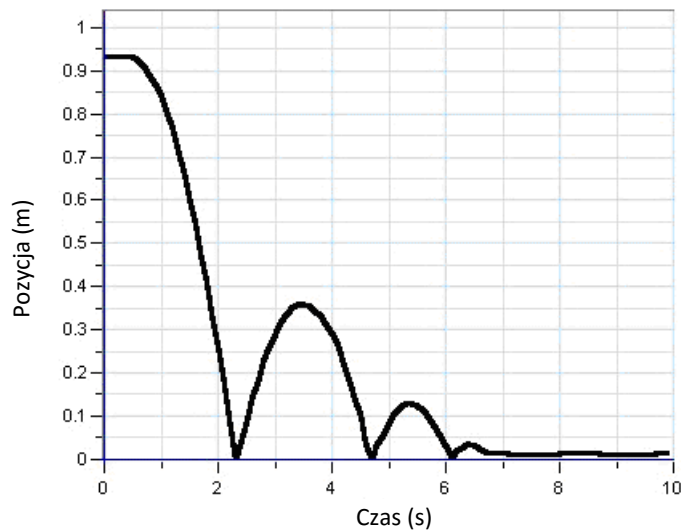
1. Ustawcie wysokość równi pochyłej na ~5 cm. Odnotujcie wysokość w tabeli danych.
2. Przytrzymajcie wózek na górze równi pochyłej.
3. Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć gromadzenie danych.
4. Gdy usłyszycie kliknięcie czujnika, puśćcie wózek.
5. Gdy wózek dotrze na dół równi pochyłej, dotknijcie przycisku **Stop** () . Wózek może podskoczyć kilka razy przed zakończeniem pomiaru, w miarę jak będzie się odbijał od korka.
6. Powtórzcie kroki 3 do 5 jeszcze dwa razy. Odnotujcie wszystkie dane w tabeli danych.
7. Zmieńcie wysokość równi, umieszczając ją na wys. 15 cm, i powtórzcie kroki 3 do 5. Odnotujcie wszystkie dane w tabeli danych.
8. Zmieńcie wysokość równi, umieszczając ją na wys. 20 cm, i powtórzcie kroki 3 do 5. Odnotujcie wszystkie dane w tabeli danych.
9. Zapiszcie dane, dotykając na górnym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** () .

Tabela danych

Wysokość równi pochyłej (w cm)	Przyspieszenie (m/s ²)			Średnie przyspieszenie (m/s ²)
	Próba 1	Próba 2	Próba 3	



Rys. 2



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Za pomocą dwóch kursorów zaznaczcie nachylenie opadające wykresu. Jeżeli wózek odbił się w górę więcej niż jeden raz, wybierzcie pierwsze (i największe) nachylenie opadające na wykresie.
2. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
3. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (\otimes) znajdującego się obok funkcji **Pochodna**.
4. W oknie **Funkcje matematyczne**, które się pojawi, wybierzcie dane dotyczące Odległości z listy rozwijanej **G1**.
5. Narysowana na wykresie linia przedstawia prędkość wózka.
6. Za pomocą dwóch kursorów wybierzcie dwa punkty na powstałej linii prędkości znajdujące się w dużej odległości od siebie.
7. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
8. Dotknijcie przycisku **Funkcja liniowa** w menu **Dopasowanie krzywej**.
9. Na wykresie pojawi się funkcja liniowa dopasowana do wybranych danych, a poniżej osi x wyświetli się odpowiedni wzór. Wartość nachylenia tego wykresu stanowi przyspieszenie. Odnotujcie wartość przyspieszenia w tabeli danych.
10. Powtórzcie tę analizę dla każdej wysokości równi pochyłej.
Jaka jest zależność między wysokością równi pochyłej a przyspieszeniem?



Więcej pomysłów

1. Możecie sprawdzić, czy wykres odległości ma kształt paraboli:
 - a. Za pomocą dwóch kursorów wybierzcie tylko jeden *skok*.
 - b. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - c. W menu **Dopasowanie krzywej** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (\otimes) znajdującego się obok funkcji **Wielomianowa**.
 - d. W oknie **Funkcje matematyczne**, które się pojawi, wybierzcie **2** z listy rozwijanej **Kolejność** i dane dotyczące Odległości z listy rozwijanej **G1**. Na pasku informacyjnym na dole okna z wykresem

wyświetli się pasujące równanie.

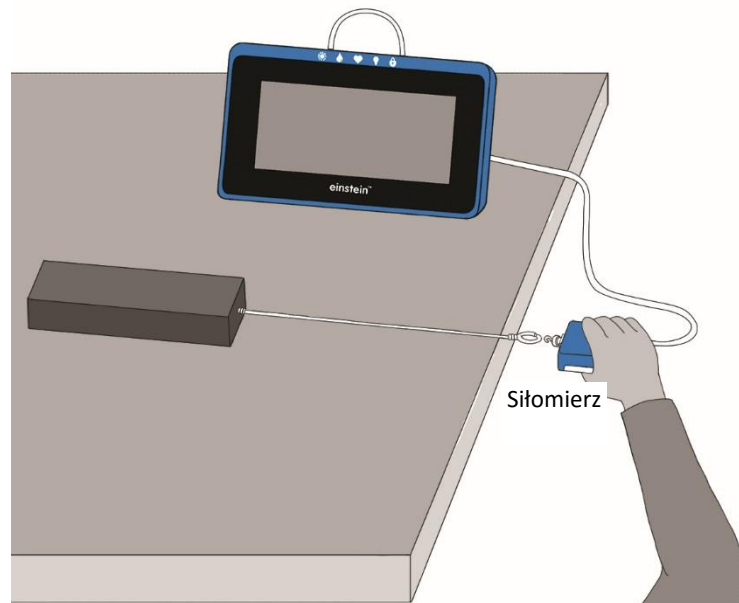
2. Jeżeli między wózkiem a równią istnieje znaczne tarcie, wózek będzie się poruszał w górę i w dół równi z różnym przyspieszeniem. Zmierzcie α kąt nachylenia równi (zob. Rys. 1) i przyspieszenie osiągnięte, gdy wózek porusza się w dół, w celu obliczenia współczynnika tarcia między wózkiem a równią:

$$\mu = \frac{g \sin \alpha - a_{down}}{g \cos \alpha}$$

3. Rozpoczynajcie ruch wózka w różnych punktach równi i w różnych kierunkach i spróbujcie przewidzieć kształty wykresu zależności odległości od prędkości.
4. Umieście czujnik na górnym końcu równi pochyłej i spróbujcie z góry przewidzieć formę wykresu zależności odległości od prędkości.

Rozdział 4

Współczynnik tarcia



Rys. 1

Wstęp

Siła tarcia to siła działająca między dwoma stykającymi się powierzchniami, przemieszczającymi się względem siebie z poślizgiem lub dążącymi do przemieszczania się względem siebie. W przypadku powierzchni suchych, tarcie zależy od ich typu i od działającej między nimi tzw. siły normalnej, czyli prostopadłej do płaszczyzny styku siły dociskającej powierzchnie je do siebie.

Gdy powierzchnie znajdują się względem siebie w spoczynku, tarcie jest tarciem statycznym, jego wartość może zawierać się między zerem a wartością maksymalną:

$$f_s \leq \mu_s N \quad (1)$$

gdzie:

f_s = tarcie statyczne

μ_s = współczynnik tarcia statycznego

N = siła normalna

Tarcie statyczne jest siłą, która uniemożliwia ciało postawionemu na równi pochyłej zsuwanie się z niej.

Jeżeli obie stykające się powierzchnie poruszają się między sobą, oznacza to, że tarcie statyczne ma mniejszą wartość od tarcia kinetycznego. Tarcie kinetyczne wyraża wzór:

$$f_k = \mu_k N \quad (2)$$

gdzie:

f_k = tarcie kinetyczne

μ_k = współczynnik tarcia kinetycznego

W opisanym tu doświadczeniu przyjrzymy się tym zależnościom na przykładzie kilku różnych powierzchni.




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Siłomierz
- Klocki wykonane z różnych materiałów (np. klocek drewniany, cegła, ...)
- Sznurek
- Waga do pomiaru masy klocków



123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ()
2. Podłączcie siłomierz do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
4. Przymocujcie jeden koniec sznurka do klocka.
5. Drugi koniec sznurka przymocujcie do zaczepu siłomierza tak, aby pociągając za siłomierz, można było ciągnąć klocek po stole lub innej powierzchni, na której przeprowadzacie to doświadczenie. Siłomierz będzie wówczas mierzyć siłę oddziaływającą na klocek.
6. Upewnijcie się, że ustawieniach pomiarów zaznaczono tylko czujnik Siłomierz.





Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

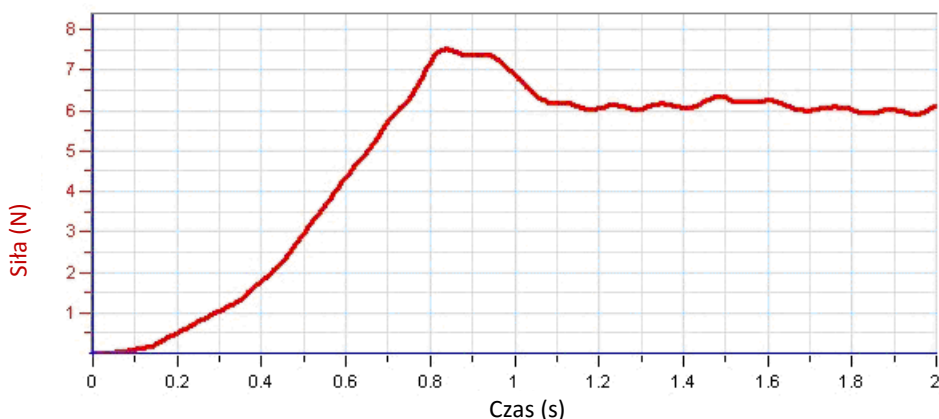
Siłomierz	Siła ciągnięcia – dodatnia (± 10 lub ± 50 (N))
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min



Procedura

1. Zmierzcie masę każdego z klocków i zapiszcie zmierzone wartości w zeszyte.
2. Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć rejestrowanie danych.
3. Umieście klocek na stole lub innej użytej w tym celu powierzchni.
4. Przytrzymując siłomierz ręką, pociągnijcie za niego, powoli i stopniowo zwiększając siłę i pilnując, aby sznurek łączący siłomierz z klockiem pozostawał poziomo, równoległe do powierzchni podłoża. Gdy klocek zacznie się poruszać, postarajcie się przesuwać go z jednostajną prędkością. Tylko wówczas, gdy ciągnięty klocek nie zwalnia ani nie przyspiesza, można mianowicie powiedzieć o nim, że siła tarcia jest dokładnie zrównoważona przez działającą na niego siłę, z jaką go ciągniesz.
5. Po przesunięciu klocka o pewną niewielką odległość dotknijcie przycisku **Stop** () .

- Zapiszcie dane, dotykając na górnym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** (↓).
- Powtórzcie doświadczenie z każdym z pozostałych klocków wykonanych z innych materiałów. Pamiętaj, aby zapisać dane zarejestrowane w trakcie każdej powtórki doświadczenia pod inną nazwą, najlepiej taką, która będzie sugerować materiał klocka.



Rys. 2



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

- Użyjcie jednego kursora, aby zmierzyć maksymalną wartość siły zmierzoną przez siłomierz tuż przed rozpoczęciem ruchu przez klocek. To jest właśnie maksymalna wartość tarcia statycznego. Użyjcie jej, aby obliczyć μ_s — współczynnik tarcia statycznego.
- Następnie ustal średnią wartość siły wymaganej do poruszenia klocka:
 - Za pomocą dwóch kursorów zaznaczcie część wykresu odpowiadającą ruchowi klocka.
 - Obliczcie średnią wartość siły dla tej części wykresu i zanotujcie ją.
- Używając obliczonej wartości średniej siły i wzoru (2) obliczcie współczynnik tarcia kinetycznego.
- Powtórzcie powyższe obliczenia, używając danych zarejestrowanych przy powtórkach doświadczenia z klockami wykonanymi z pozostałych materiałów i porównajcie je ze sobą.

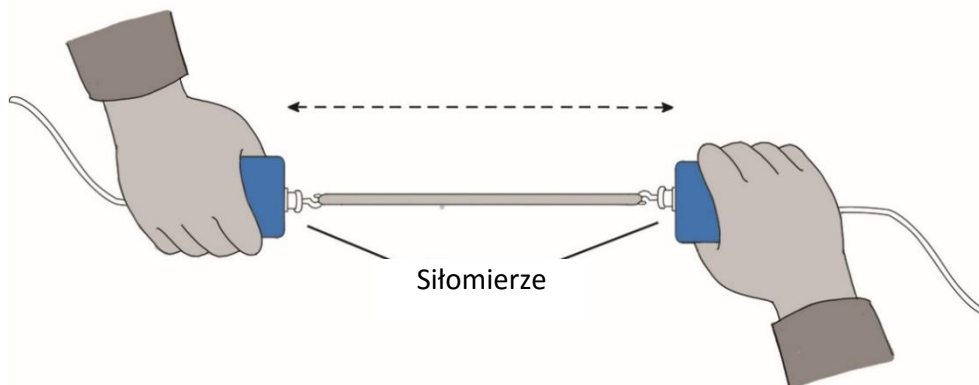


Więcej pomysłów

- Do ciągnięcia sznurka możecie użyć silnika elektrycznego, co pozwoli uzyskać bardziej jednostajną prędkość.
- Możecie również zbadać wpływ prędkości, z jaką ciągnięty jest klocek, na tarcie (teoretycznie nie powinna ona mieć żadnego wpływu!), używając silnika i za każdym razem ciągnąc ten sam klocek z inną prędkością obrotową silnika.
- Możecie wykonać serię doświadczeń w celu ustalenia wpływu siły normalnej (przypomnimy - jest to prostopadła do powierzchni siła docisku) na tarcie, zmieniając za każdym razem masę klocka (np. przez ustawianie na nim dodatkowych odważników), a jednocześnie zachowując tę samą powierzchnię, na której on spoczywa. Użyjcie następnie arkusza kalkulacyjnego, aby utworzyć wykres ilustrujący zależność tarcia od wartości siły normalnej i ustalić współczynnik tarcia na podstawie nachylenia linii uzyskanego wykresu.

Rozdział 5

Trzecia zasada dynamiki Newtona



Rys. 1

Wstęp

Trzecią zasadę dynamiki Newtona często określa się w następujący sposób:

Każda akcja wywołuje równą jej i skierowaną przeciwnie reakcję.


Stwierdzenie to oznacza, że jeżeli jedno ciało działa na drugie ciało, to drugie ciało także działa na pierwsze ciało. Istnieją tu dwie siły działające na dwa obiekty pozostające w interakcji. Wielkość siły wywieranej przez pierwsze ciało jest równa wielkości siły wywieranej przez drugie ciało. Kierunek siły wywieranej przez pierwsze ciało jest przeciwny do kierunku siły wywieranej przez drugie ciało. Siły zawsze występują w parach – równe i przeciwne siły akcji i reakcji.

W tym doświadczeniu użyjecie siłomierza, by udowodnić trzecią zasadę dynamiki Newtona.

Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Siłomierz (2)
- Sznurek
- Gumka recepturka

123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie siłomierze do złącza tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko siłomierze.







Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Siłomierz	Siła ciągnięcia – dodatnia (± 50 N) (N)
Ustaw na zero	WŁ.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	50 sek.



Procedura

- Zwiąż ze sobą dwa siłomierze za pomocą sznurka o długości około 20 cm. Weź jeden siłomierz do ręki i poproście innego uczestnika doświadczenia, by wziął drugi siłomierz, tak byście mogli pociągać z obu stron (zob. Rys. 1).
- Dotknijcie widocznego na górnym pasku narzędzi polecenia **Start** () . Aplikacja rozpocznie gromadzenie danych.
- Delikatnie pociągnijcie za siłomierz kolegi swoim siłomierzem, upewniając się, że wykres nie wyjdzie poza skalę. Ponadto poproście innego uczestnika doświadczenia, by pociągnął Wasz czujnik. Będziecie mieli 50 sekund na wypróbowane różnych pociągnięć.
- Zapiszcie dane, dotykając na górnym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** () .
- Powtórzcie doświadczenie z każdym z pozostałych klocków wykonanych z innych materiałów. Pamiętaj, aby zapisać dane zarejestrowane w trakcie każdej powtórki doświadczenia pod inną nazwą, najlepiej taką, która będzie sugerować materiał klocka.
- Co by się stało, gdybyś zamiast sznurka użył gumki recepturki? Przygotujcie prognozę, korzystając z narzędzia **Szacowanie**.
 - W **panelu sterowania czujników** otwórzcie okno **Czujniki** () .
 - Włączcie narzędzie **Szacowanie** i zamknijcie okno konfiguracji. Dotknijcie narzędzia **Szacowanie** () i postępujcie zgodnie z instrukcją, by naszkicować prognozę na wykresie.
 - Powtórzcie kroki 2-4, zamiast sznurka używając gumki recepturki.



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB**.

- Zbadajcie wykres.
 - Co możecie powiedzieć o tych dwóch siłach (sile ciągnięcia wywieranej przez ciebie na kolegę i sile ciągnięcia wywieranej przez kolegę na ciebie)?
 - Jaka jest zależność między wartościami siły?
 - Jaka jest zależność między znakami?
- W jaki sposób gumka recepturka zmienia wyniki – albo czy w ogóle je zmienia?
- Gdy razem z drugim uczestnikiem doświadczenia pociągacie za swoje siłomierze, czy wasze siłomierze mają ten sam dodatni kierunek? Jaki wpływ ma wasza odpowiedź na analizę pary sił?
- Czy istnieje sposób, by pociągnąć siłomierz drugiej osoby, tak by ona nie ciągnęła w przeciwnym kierunku? Spróbujcie.

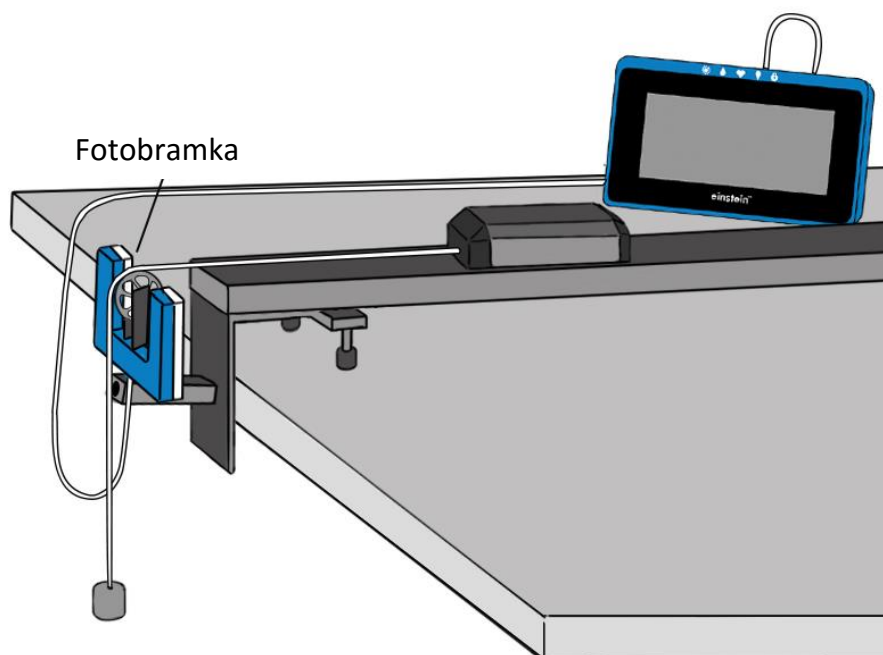


Więcej pomysłów

1. Przymocujcie siłomierz do ławki w laboratorium i powtórzcie doświadczenie. Czy ławka ciągnie w przeciwnym kierunku, gdy wy ją ciągniecie? Czy fakt, że drugi siłomierz nie jest przez nikogo trzymany, ma znaczenie?
2. Zamiast sznurka do połączenia siłomierzy użyjcie sztywnego drążka i poeksperymentujcie, wykorzystując wzajemne popchnięcia zamiast pociągnięć. Powtórzcie doświadczenie. Czy drążek zmienia sposób, w jaki ta para sił oddziałuje na siebie?

Rozdział 6

Działanie stałej siły na poruszający się obiekt



Rys. 1

Wstęp

W tym doświadczeniu będziecie badać wpływ stałej siły na wózek. Do wózka zostanie zastosowana siła grawitacji za pomocą sznurka zawieszono nad błočkem i połączonego z zawieszonym ciężarkiem (zob. Rys. 1).


Zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona zastosowanie stałej siły na ciało wywołuje ruch o przyspieszeniu stałym.

Prędkość wózka będzie rejestrowana za pomocą błočka inteligentnego.

Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Błoček inteligentny
- Tor do doświadczeń z dynamiki
- Wózek do doświadczeń z dynamiki
- Ciężarek (~100 g)
- Sznurek

123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ()
2. Złóżcie bloczek inteligentny, montując bloczek na czujniku fotobramki za pomocą drążka.
3. Zamontujcie bloczek inteligentny na końcu toru za pomocą wspornika montażowego bloczka.
4. Podłączcie bloczek inteligentny do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
5. Umieśćcie wózek na drugim końcu toru.
6. Przymocujcie sznurek do wózka.
7. Do drugiego końca sznurka przymocujcie ciężarek o wadze 100 g.
8. Przeciągnijcie sznurek nad bloczkiem.
9. Wyrównajcie tor i ustawcie wysokość bloczka inteligentnego w taki sposób, by sznurek był równoległy do toru.
10. Upewnijcie się, że w ustawieniach pomiarów zaznaczono tylko bloczek inteligentny.

Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:




Bloczek inteligentny

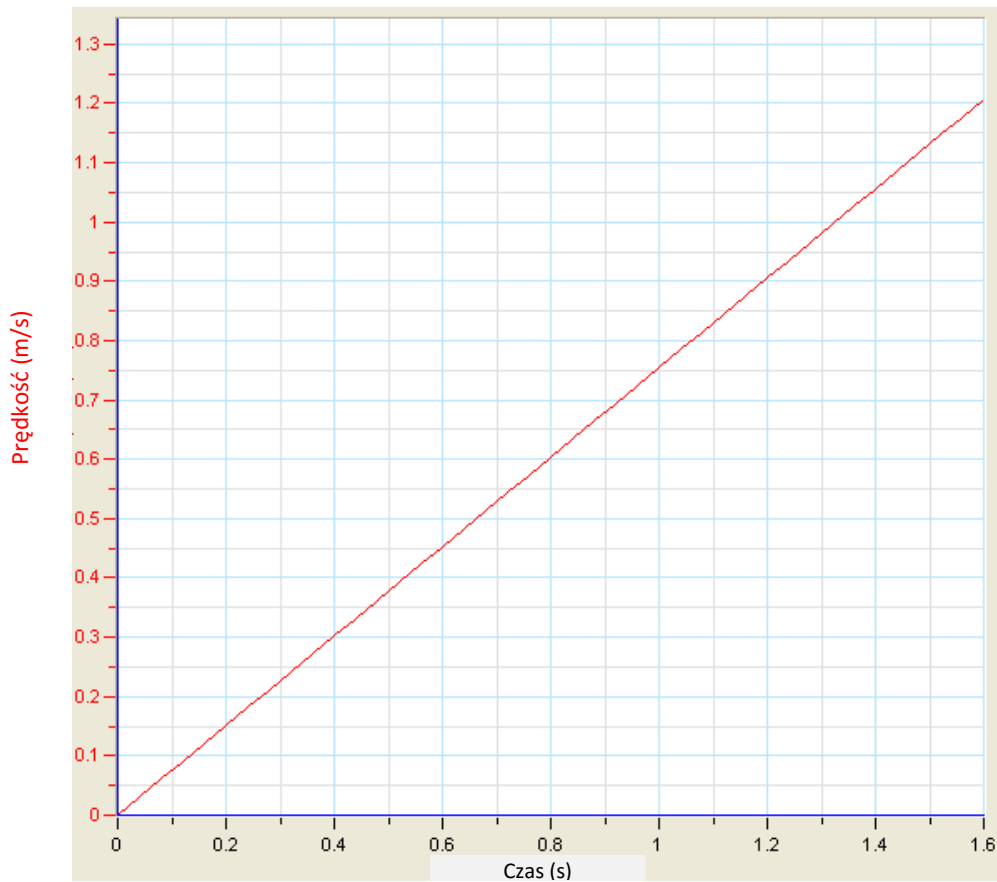
Częstotliwość pomiarów: 25/sek.

Czas trwania pomiaru: 4 sek.

Uwaga: Upewnijcie się, że zaznaczono tylko bloczek inteligentny, a nie fotobramkę.

Procedura

1. Przytrzymajcie wózek na końcu toru.
2. Dotknijcie przycisku **Start** () na górnym pasku narzędzi.
3. Puśćcie wózek.
4. Gdy zawieszony obciążnik osiągnie poziom podłogi, dotknijcie przycisku **Stop** () na górnym pasku narzędzi.
5. Zapiszcie dane, dotykając na górnym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** ()



Rys. 2



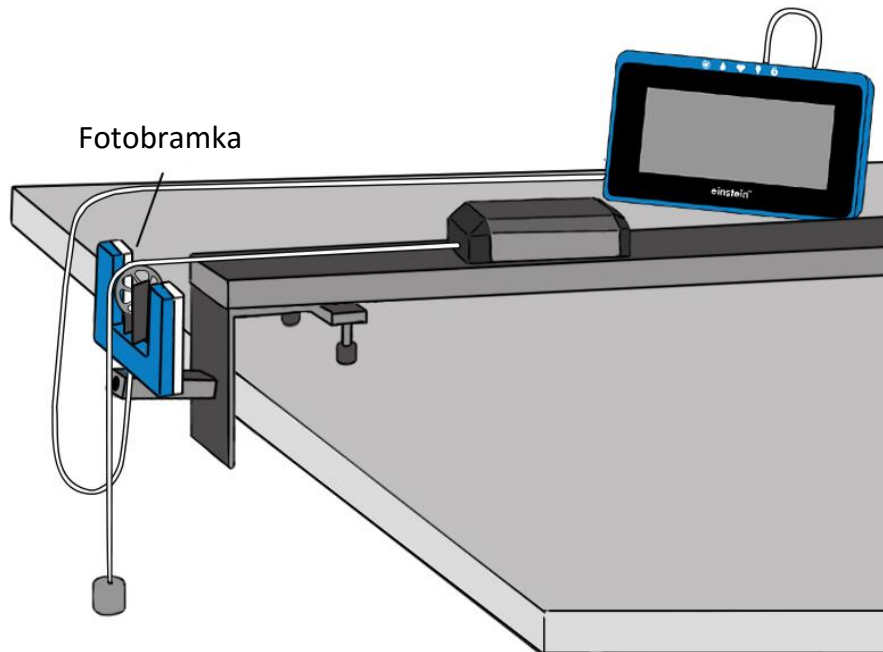
Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Omówcie powstały w ten sposób wykres. Czy jest zgodny z drugą zasadą dynamiki Newtona?
2. Co można powiedzieć o zmianach prędkości w równych odstępach czasu?
3. Narysujcie linię prostą na swoich danych, która przechodzi przez punkty danych:
 - a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. Dotknijcie przycisku **Funkcja liniowa** w menu **Dopasowanie krzywej**.
 - c. Na wykresie pojawi się funkcja liniowa dopasowana do wybranych danych, a poniżej osi x wyświetli się odpowiednie równanie.
 - d. Nachylenie dopasowanej funkcji liniowej wskazuje przyspieszenie wózka.

Rozdział 7

Druga zasada dynamiki Newtona



Rys. 1

Wstęp

Isaac Newton po raz pierwszy dokładnie zdefiniował relację między masą ciała m , zastosowaną do niego siłą F a przyspieszeniem a (tempo zmiany przyspieszenia) wywołanym tą siłą. Przyspieszenie jest wprost proporcjonalne do zastosowanej siły wypadkowej, czyli sumy wszystkich sił działających na obiekt. Obiekt przyspiesza w tym samym kierunku, w którym działa siła wypadkowa:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$


W tym doświadczeniu zbadacie zależność między siłą a przyspieszeniem. Będziecie korzystać z siły grawitacji do przyspieszania wózka po torze. Przyspieszenie będzie mierzone za pomocą czujnika ruchu obrotowego.

Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Błoczek inteligentny
- Tor do doświadczeń z dynamiki
- Wózek do doświadczeń z dynamiki
- Wspornik montażowy błoczka

- Ciężarki (jeden o wadze 10 g i dwa po 20 g)
- Sznurek

123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ()
2. Złóżcie bloczek inteligentny, montując bloczek na czujniku fotobramki za pomocą drążka.
3. Zamontujcie bloczek inteligentny na końcu toru za pomocą wspornika montażowego bloczka.
4. Podłączcie bloczek inteligentny do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
5. Umieście wózek na drugim końcu toru.
6. Przymocujcie sznurek do wózka. Sznurek musi być wystarczająco długi, by dosięgał poziomu podłogi, gdy wózek znajdzie się obok bloczka inteligentnego.
7. Do drugiego końca sznurka przymocujcie ciężarek o wadze 10 g.
8. Przeciągnijcie sznurek nad bloczkiem.
9. Wyrównajcie tor i ustawcie wysokość bloczka inteligentnego w taki sposób, by sznurek był równoległy do toru.
10. Załadujcie pozostałe ciężarki na wózek.
11. Upewnijcie się, że w ustawieniach pomiarów zaznaczono tylko bloczek inteligentny.




Przygotowanie doświadczenia

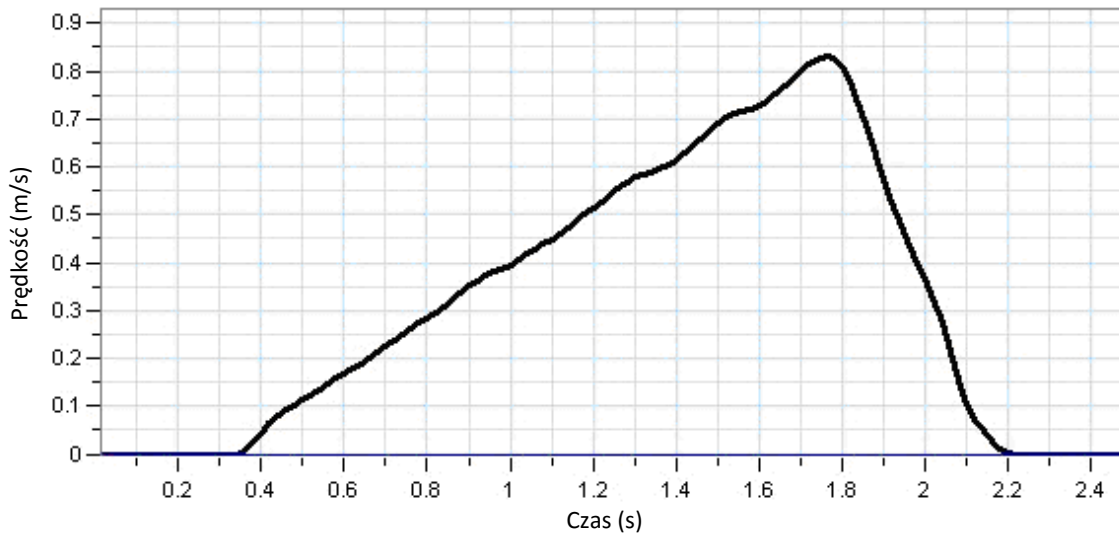
Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Bloczek inteligentny	Prędkość (m/s)
Częstotliwość pomiarów:	25/sek.
Czas trwania pomiaru:	20 sek.

Uwaga: Upewnijcie się, że zaznaczono tylko bloczek inteligentny, a nie fotobramkę.

Procedura

1. Jeżeli masy nie są znane, przed rozpoczęciem doświadczenia zmierzcie masy dwóch obiektów przyczepionych na obu końcach sznurka bloczka:
 - a. Zmierzcie masę wózka razem z załadowanymi ciężarkami. Odnotujcie wynik w zeszytcie jako $m_{\text{wózek}}$.
 - b. Zmierzcie masę ciężarka na drugim końcu bloczka. Odnotujcie wynik w zeszytcie jako $m_{\text{ciężarek}}$.
 - c. Możecie to zrobić zanim zestawicie tor i bloczek.
2. Przytrzymajcie wózek na końcu toru.
3. Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć gromadzenie danych.
4. Puśćcie wózek.
5. Gdy zawieszony obciążnik osiągnie poziom podłogi, dotknijcie przycisku **Stop** () .
6. Zapiszcie wyniki, dotykając przycisku **Zapisz** () .
7. Zastąp zawieszony ciężarek ciężarkiem o wadze 20 g z wózka. Upewnijcie się, że wszystkie inne ciężarki znajdują się na wózku i powtórzcie kroki 1 do 6.
8. Powtórzcie kroki 1 do 6 z zawieszonymi ciężarkami o wagach 30 g, 40 g i 50 g.



Rys. 2



Analiza danych

Aby zrozumieć, w jaki sposób druga zasada dynamiki Newtona działa na układ wózka przyczepionego do ciężarka, przeanalizujcie każdy z dwóch obiektów na dwóch końcach sznurka oddzielnie. Korzystając z drugiej zasady dynamiki Newtona (wzór (1)), możecie napisać wzór dla każdego obiektu, tworząc zależność siły od przyspieszenia. Ponieważ te dwa obiekty są połączone sznurkiem, poruszają się razem i w wyniku tego mają takie samo przyspieszenie, które można oznaczyć jako a .

$$F_{cart} = m_{cart}a \quad (2)$$

$$F_{weight} = m_{weight}a \quad (3)$$

Teraz musicie przeanalizować wszystkie siły działające na każdy obiekt, by ustalić siłę wypadkową każdego z nich.

Wózek

Wózek jest ciągnięty po torze w wyniku napięcia na kablu, T . Wózek może być zwalniany przez tarcie, f , w czasie gdy jest ciągnięty po torze. Możemy podsumować te siły za pomocą wzoru:

$$F_{cart} = T - f \quad (4)$$

Jeżeli zignorujemy tarcie (niektóre nowoczesne układy dynamiczne mają zaskakująco niski współczynnik tarcia), wzór ten można będzie uprościć:

$$F_{cart} = T \quad (5)$$

Ciężarek

Na ciężarek znajdujący się na końcu sznurka wpływ ma siła ciężkości ciągnąca go w kierunku podłogi i napięcie kabla, T , przymocowanego do wózka. Możemy podsumować te siły za pomocą wzoru:

$$F_{weight} = m_{weight}g - T \quad (6)$$

gdzie:

g = przyspieszenie siły ciężkości

Jeżeli podstawimy ten wzór do znalezionej już zależności dla napięcia na sznurku (wzór (5)):

$$F_{weight} = m_{weight}g - F_{cart} \quad (7)$$

Teraz podstawmy wartości do podstawowego wzoru drugiej zasady dynamiki Newtona (wzory (2) i (3)):

$$m_{weight}a = m_{weight}g - m_{cart}a \quad (8)$$

Po przekształceniu wzoru możecie znaleźć zależność między przyspieszeniem obiektów a ich masami:

$$a = \frac{1}{m_{cart} + m_{weight}} \cdot m_{weight}g \quad (9)$$

Ponieważ masa całkowita, $m_{wózek} + m_{ciężarek}$, pozostaje stała, wykres zależności przyspieszenia od zastosowanej siły, $m_{ciężarek}g$, to linia prosta ze spadkiem:

$$slope = \frac{1}{m_{cart} + m_{weight}} \quad (10)$$

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Na wykresie (Rys. 2) można zaobserwować, że prędkość wzrasta proporcjonalnie do czasu. Oznacza to, że przyspieszenie jest stałe, ponieważ przyspieszenie to tempo zmiany prędkości.
2. Za pomocą kursorów wybierzcie liniowy zakres wykresu.
3. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
4. Dotknijcie przycisku **Funkcja liniowa** w menu **Dopasowanie krzywej**.
5. Pod osią x wyświetli się pasujące równanie funkcji liniowej.
6. Nachylenie dopasowanej funkcji liniowej wskazuje przyspieszenie wózka.
7. Przygotujcie tabelę danych:

Tabela danych

$m_{ciężarek}$ (g)	a (m/s ²)	$F = m_{ciężarek}g$ (N)

1. Powtórzcie obliczenia dla każdego z zapisanych plików z danymi i uzupełnijcie tabelę danych.
2. Sporządźcie wykres zależności przyspieszenia od zastosowanej siły, $m_{ciężarek}g$, i znajdźcie nachylenie powstałej w ten sposób linii.
3. Porównajcie linię na wykresie z linią teoretyczną (zob. wzór 10)).
4. Policzcie wartość błędu względnego:

$$\text{Błąd względny (\%)} = \left| \frac{\text{Wart. teoretyczna} - \text{Wart. doświadczalna}}{\text{Wart. teoretyczna}} \right| \times 100\%$$

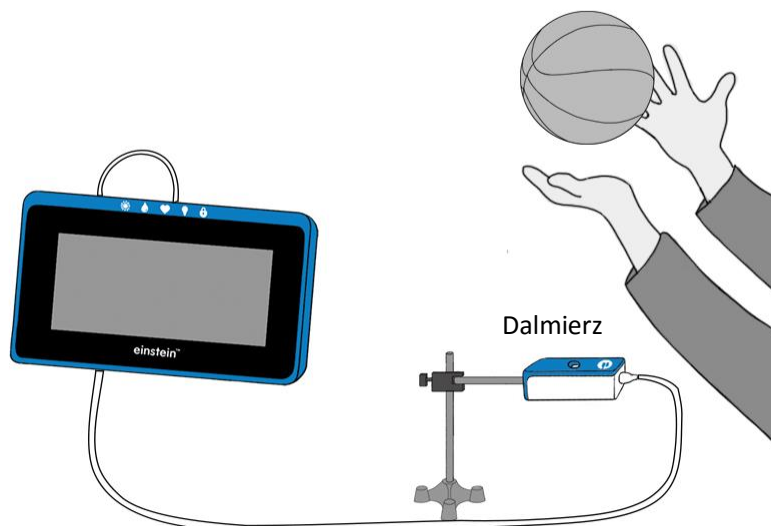


Więcej pomysłów

Jeżeli w zastosowanym przez was układzie istnieje znaczne tarcie, znajdźcie współczynnik tarcia na wykresie.

Rozdział 8

Energia podrzuconej piłki



Rys. 1

Wstęp

Gdy ciało porusza się wyłącznie pod wpływem grawitacji, jego energia mechaniczna (suma energii kinetycznej, E_k , i energii potencjalnej, E_p) jest zachowana.


$$KE + PE = \text{constans} \quad (1)$$

W momencie, gdy podrzucamy piłkę w powietrze, jej ruch rozpoczyna się z energią kinetyczną. W miarę jak piłka się wznosi, zwalnia, tracąc energię kinetyczną, ale zyskując energię potencjalną. W drodze na dół piłka traci energię potencjalną, ale zyskuje energię kinetyczną.

Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dalmierz
- Adapter dalmierza
- Mały statyw
- Zacisk
- Piłka do koszykówki lub piłka o podobnych rozmiarach

123 Przygotowanie wyposażenia




1. Zmierzcie i zanotujcie masę piłki.
2. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
3. Podłączcie dalmierz z adapterem dalmierza do jednego ze złączy zestawu czujników einstein™LabMate.
4. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
5. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko dalmierz.

Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

Dalmierz	Odległość (m)
Częstotliwość pomiarów:	25/sek.
Czas trwania pomiaru:	20 sek.



Procedura

1. Poćwicz podzrucanie piłki prosto w górę obiema rękami. Należy zastosować zakres od około 0,5 m powyżej dalmierza do około 1,5 m powyżej dalmierza.
2. Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć gromadzenie danych.
3. Gdy usłyszycie kliknięcie dalmierza, podzrucić piłkę i odsunąć ręce.
4. Złapcie piłkę, gdy znajdzie się na wysokości 0,5 m powyżej dalmierza.
5. Dotknijcie przycisku **Stop** () .
6. Zapiszcie dane, dotykając przycisku Zapisz () .

Analiza danych


Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

Sporządźcie wykres energii kinetycznej


1. Wyświetlcie wykres prędkości, biorąc pochodną wykresu zależności odległości w czasie:
 - a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** () znajdującego się obok funkcji **Pochodna**.
 - c. Na liście rozwijanej **G1** wybierzcie dane dotyczące Odległości.
 - d. Narysowana na wykresie linia przedstawia prędkość wózka.
2. Skorzystajcie z danych dotyczących prędkości, by obliczyć energię kinetyczną piłki:
 - a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** () znajdującego się obok funkcji **Kwadrat**.
 - c. W oknie **Funkcje matematyczne**, które się pojawi, wybierzcie dane dotyczące obliczonej

- prędkości z listy rozwijanej **G1**.
- d. W polu edycji **A** wpiszcie połowę wartości masy piłki.
 - e. W polu edycji **Nazwa** wpiszcie E_k ; w polu edycji **Jednostka** wpiszcie J.

Sporządźcie wykres energii potencjalnej

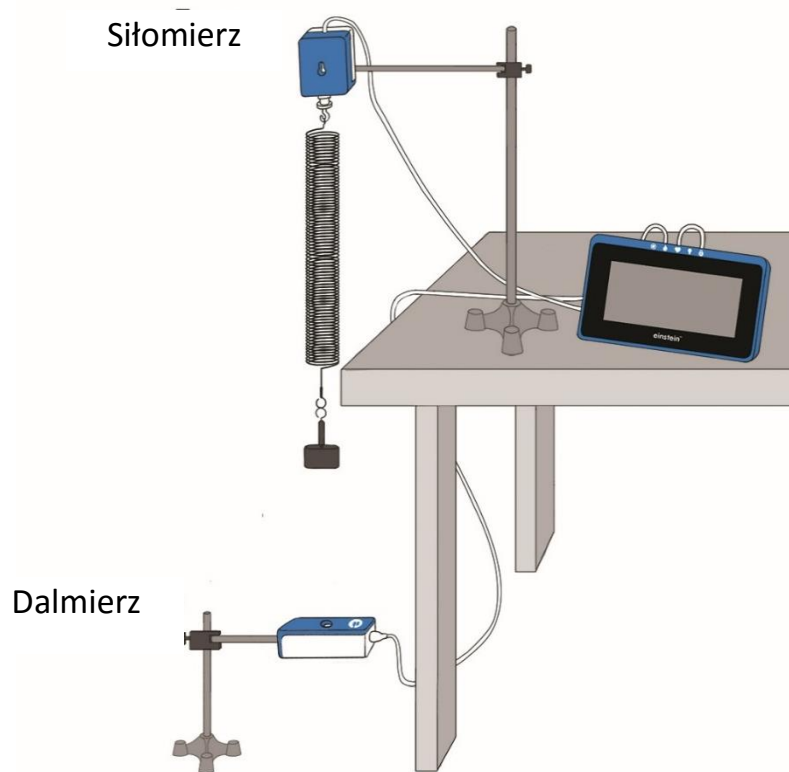
1. Za pomocą kursora wybierzcie dane dotyczące Odległości:
 - a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** () znajdującego się obok funkcji **Funkcja liniowa**.
 - c. W oknie **Funkcje matematyczne**, które się pojawi, wybierzcie dane dotyczące Odległości z listy rozwijanej **G1**.
 - d. W polu edycji A wpiszcie wynikową wartość masy piłki pomnożoną przez przyspieszenie ciał swobodnie spadających ($9,8 \text{ m/s}^2$).
 - e. W polu edycji B wpiszcie 0.
 - f. W polu edycji **Nazwa** wpiszcie E_p ; w polu edycji **Jednostka** wpiszcie J.

Sporządźcie wykres zależności energii kinetycznej i energii potencjalnej od położenia

1. Wyeksportujcie dane () w formie pliku .csv.
2. Stwórzcie wykres zależności energii potencjalnej od energii kinetycznej.
3. Omówcie wykres, odnosząc się do zmian między energią potencjalną a energią kinetyczną i zasady zachowania energii.

Rozdział 9

Prawo Hooke'a: wyznaczanie stałej sprężystości



Rys. 1

Wstęp

Jeżeli zadziałamy na sprężynę siłą, rozciągnie się lub skurczy. Rozciągnięcie lub skurczenie sprężyny jest proporcjonalne do zastosowanej siły:

$$F = kx \quad (1)$$

gdzie:

- F = zastosowana siła
- x = rozciągnięcie sprężyny
- k = stała sprężystości

Jest to prawo Hooke'a. Umożliwia nam skorzystanie z rozciągnięcia lub skurczenia sprężyny do zmierzenia siły.

W tym doświadczeniu użyjemy siłomierza i dalmierza do skalibrowania sprężyny w taki sposób, by służyła jako dynamometr (miernik siły).




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Siłomierz
- Dalmierz
- Adapter dalmierza
- Sprężyna (~15 N/m)
- Zestaw obciążników szczelinowych
- Haczyk do obciążników szczelinowych
- Statyw i drążek wspierający (2)
- Zacisk z haczykiem do powieszenia sprężyny

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie dalmierz z adapterem dalmierza do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie siłomierz do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
4. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
 - a. Upewnijcie się, że między zawieszonym obciążnikiem a dalmierzem nie znajdują się żadne przeszkody fizyczne.
 - b. Użyjcie obciążnika o wadze 100 g.
 - c. Odległość między obciążnikiem a czujnikiem powinna wynosić około 70 cm.
5. Upewnijcie się, że zaznaczony jest wyłącznie dalmierz i siłomierz.




Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Dalmierz	Odległość (m)
Siłomierz	Siła ciągnięcia – dodatnia (± 10 N) (N)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10 pomiarów / sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min



Procedura

1. Upewnijcie się, że zawieszony obciążnik jest w stanie spoczynku.
2. Dotknijcie widocznego na górnym pasku narzędzi polecenia Start (). Aplikacja rozpocznie gromadzenie danych.
3. Odczekajcie 20 sekund, a następnie dodajcie 50 g do zawieszonego obciążnika, tak by całkowite obciążenie wynosiło teraz 150 g. Doprowadźcie obciążnik w stan spoczynku.
4. Odczekajcie kolejne 20 sekund, znów dodajcie obciążnik o wadze 50 g i doprowadźcie go w stan spoczynku.



5. Powtórzcie krok 4 i zwiększajcie wagę zawieszanych obciążników o 50 g, dopóki nie osiągnie ona w sumie 500 g.
6. Dotknijcie przycisku **Stop** ().
7. Zapiszcie dane, dotykając na górnym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** ().
8. Za pomocą dwóch kursorów określ rozciąganie sprężyny dla każdego zawieszzonego obciążnika. Odnotujcie te wartości w tabeli danych.

Tabela danych

Zawieszony obciążnik (g.)	Zastosowana siła (N)	Rozciąganie (m)
100		
150		
200		
250		
300		
350		
400		



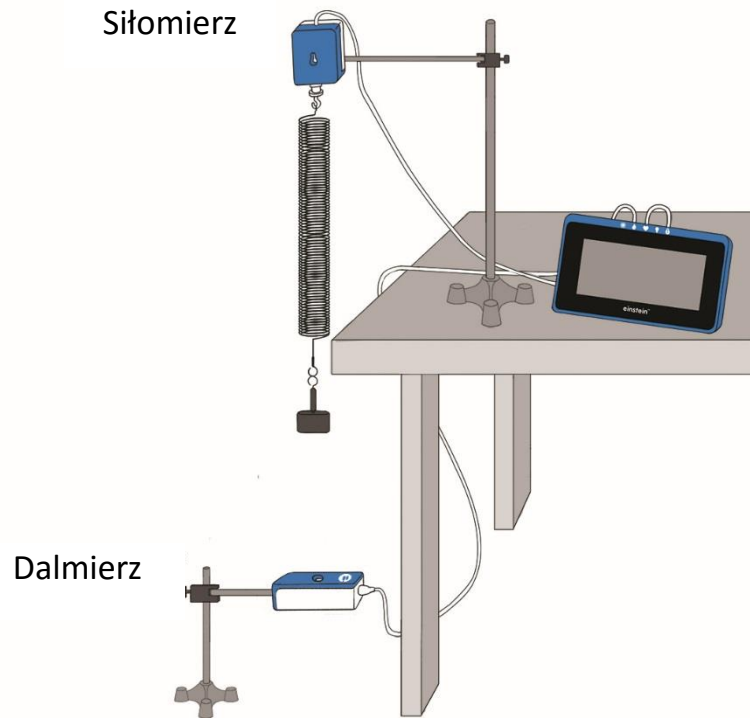
Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Z jaką siłą zadziałano na sprężynę przy zawieszonym obciążniku o wadze 100 g?
2. Do uzupełnienia kolumny **Zastosowana siła** w tabeli danych użyjcie danych z siłomierza, odnotowując siłę w niutonach.
3. Do uzupełnienia kolumny **Rozciąganie** w tabeli danych użyjcie danych z dalmierza, odnotowując rozciąganie w metrach.
4. Naszkicujcie wykres zależności zastosowanej siły od rozciągania sprężyny.
5. Narysujcie linię prostą wzdłuż swoich punktów danych, która przechodzi przez początek układu współrzędnych.
6. Jakie są jednostki nachylenia?
7. Użyjcie wykresu do obliczenia stałej sprężystości k .

Rozdział 10

Ruch harmoniczny prosty



Rys. 1

Wstęp

Gdy siła działająca na ciało jest wprost proporcjonalna do przemieszczenia tego ciała z jego położenia spoczynkowego (równowagi) i gdy ta siła działa w przeciwnym kierunku do przemieszczenia z położenia spoczynkowego, wówczas ciało przemieści się ruchem zwanym ruchem harmonicznym prostym. Ruch harmoniczny prosty to rodzaj ruchu okresowego.

Do obserwacji ruchu harmonicznego prostego można użyć sznurka z przyczepionym obciążnikiem. Gdy sprężyna i obciążnik znajdują się w pozycji pionowej, dzięki czemu grawitacja ciągnie obciążnik do ziemi, koniec sprężyny przemieszcza się w kierunku ziemi. Zgodnie z prawem Hooke'a siła sprężystości będzie ciągnęła sprężynę i przymocowany obciążnik z powrotem do położenia spoczynkowego. Stosunek siły F do przemieszczenia x z położenia równowagi wynosi:

$$F = -kx \quad (1)$$

gdzie:

k = stała sprężystości

Sprężyna z obciążnikiem będzie się poruszała okresowo w górę i w dół. Ten ruch opisuje poniższy wzór:

$$x = A \cos 2\pi ft \quad (2)$$

gdzie:

A = amplituda ruchu

f = częstotliwość ruchu

Okres ruchu to ilość czasu potrzebnego do jednokrotnego powtórzenia okresu ruchu. Jest powiązany ze stałą sprężystości i wielkością obciążnika (m , mierzona w kg):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3)$$

i może być także wyrażany jako odwrotność częstotliwości ruchu:

$$T = \frac{1}{f} \quad (4)$$

W tym doświadczeniu badamy ruch obciążnika przyzcpionego do sprężyny i drgającego w pionie. Siła działająca na sprężynę i położenie obciążnika są mierzone jednocześnie.




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Siłomierz
- Dalmierz
- Obciążnik przyzcpiony do sznurka (częstotliwość drgań powinna wynieść 0,5-2 Hz a amplituda – 5-20 cm)
- Obciążnik o wadze 1 kg (2)
- Statyw z zaciskiem do przytrzymania siłomierza i sprężyny
- Statyw z zaciskiem do przytrzymania dalmierza
- Zacisk typu C do przymocowania statywu do blatu
- Metrówka
- 1 duża fiszka o wymiarach 5 cm x 8 cm
- Waga do zmierzenia obciążnika

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie siłomierz do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie dalmierz do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
4. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1:
 - a. Zawieście sprężynę na siłomierzu.
 - b. Do sprężyny delikatnie przyzcpcie obciążnik o wadze 1 kg.
 - c. Umieście dalmierz dokładnie pod obciążnikiem. Gdy sprężyna będzie w pełni rozciągnięta, obciążnik i dalmierz muszą znaleźć się w pozycji co najmniej 40 cm od siebie.
5. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko siłomierz i dalmierz.



Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:




Siłomierz	Siła ciągnięcia – dodatnia ($\pm 50 \text{ N}$) (N)
Ustaw na zero	Wł.
Dalmierz	Odległość (m)
Częstotliwość pomiarów:	25/sek.
Czas trwania pomiaru:	40 sek.



Procedura

- Za pomocą metrówki i dwóch znanych mas zmierzcie stałą sprężystości k :
 - Umieście obciążnik o wadze 1 kg na końcu sprężyny. Delikatnie pozwól mu się zatrzymać. (Nie pozwól sprężynie drgać).
 - Gdy sprężyna zajmie położenie spoczynkowe (położenie równowagi), za pomocą metrówki zmierzcie odległość między podłogą a spodem 1-kilogramowego obciążnika. Odnotujcie tę odległość.
 - Umieście dodatkowy obciążnik o wadze 1 kg na sprężynie i pozwól jej powoli się zatrzymać. (Rób to ostrożnie!) Gdy sprężyna zajmie położenie równowagi, za pomocą metrówki zmierzcie odległość między podłogą a spodem pierwszego użytego 1-kilogramowego obciążnika. Wyznaczcie różnicę między zmierzonymi wartościami rozciągnięcia sprężyny.

Uwaga: Aby ustalić odległość, na jaką rozciągnęła się sprężyna, należy zmierzyć odległość do spodu pierwszego 1-kilogramowego obciążnika. Pomiarów należy zawsze dokonywać w odniesieniu do tego samego punktu na pierwszym obciążniku.

- Obliczcie i odnotujcie zmianę wartości siły, ΔF , korzystając z drugiej zasady dynamiki Newtona $F = ma$. W przypadku zastosowania dwóch obciążników o wadze 1 kilograma wyraża to wzór: $1 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$.
 - Obliczcie stałą sprężystości k , korzystając z prawa Hooke'a $F = kx$. Podzielcie wartość zmiany siły ΔF przez wartość zmiany przemieszczenia Δx pierwszego 1-kilogramowego obciążnika po dodaniu drugiego 1-kilogramowego obciążnika.
- Za pomocą 1-kilogramowego obciążnika zmierzcie okres drgań (T) obciążnika na końcu sprężyny:
 - Umieście 1-kilogramowy obciążnik na końcu sprężyny zawieszanej nad dalmierzem.
 - Przymocujcie fiszkę o wymiarach 5 cm x 8 cm do spodu obciążnika w taki sposób, by szersza strona fiszki była skierowana ku dalmierzowi. Delikatnie pociągnijcie 1-kilogramowy obciążnik w dół i puść go. Będzie drgał w górę i w dół.
 - Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć gromadzenie danych.
 - Po około 15 drganiach dotknijcie polecenia **Stop** () .
 - Zapiszcie dane, dotykając na górnym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** () .



Analiza danych


Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

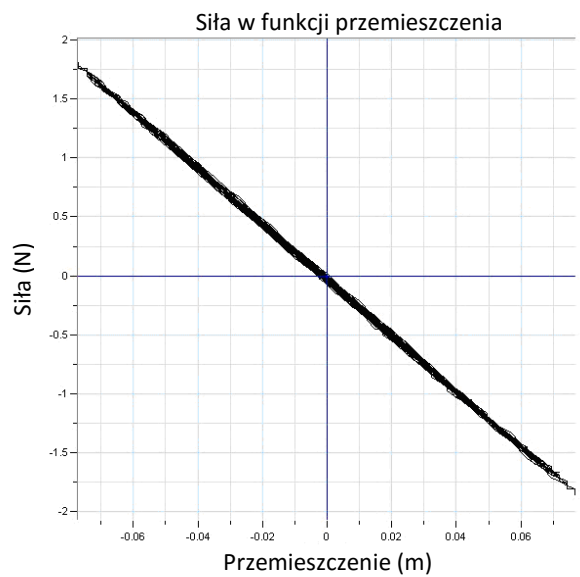
- W pracy z krzywą Siły lub krzywą Odległości zmierzcie okres drgań za pomocą dwóch kursorów. Umieście pierwszy kursor na pierwszej wartości szczytowej, a drugi kursor na 11. wartości szczytowej. Odnotujcie wartość Δt , która pojawi się w polu tekstowym na wykresie jako Δx . Okres, T , wyniesie

$\Delta t/10$. Odnotujcie tę wartość T .

2. Obliczcie stałą sprężystości k , wykorzystując wartość okresu drgań i poniższe przekształcenie wzoru (3):

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$$

3. Porównajcie wartości k obliczone za pomocą dwóch różnych metod.
4. Wyeksportujcie dane () w formie pliku .csv.
5. Stwórzcie wykres zależności siły od odległości.
6. Do powstałego w ten sposób wykresu dopasujcie linię prostą. Na podstawie wzoru (1) nachylenie tego wykresu stanowi stałą sprężystości k .
7. Porównajcie tę wartość k z wartościami uzyskanymi wcześniej.



Rys. 2



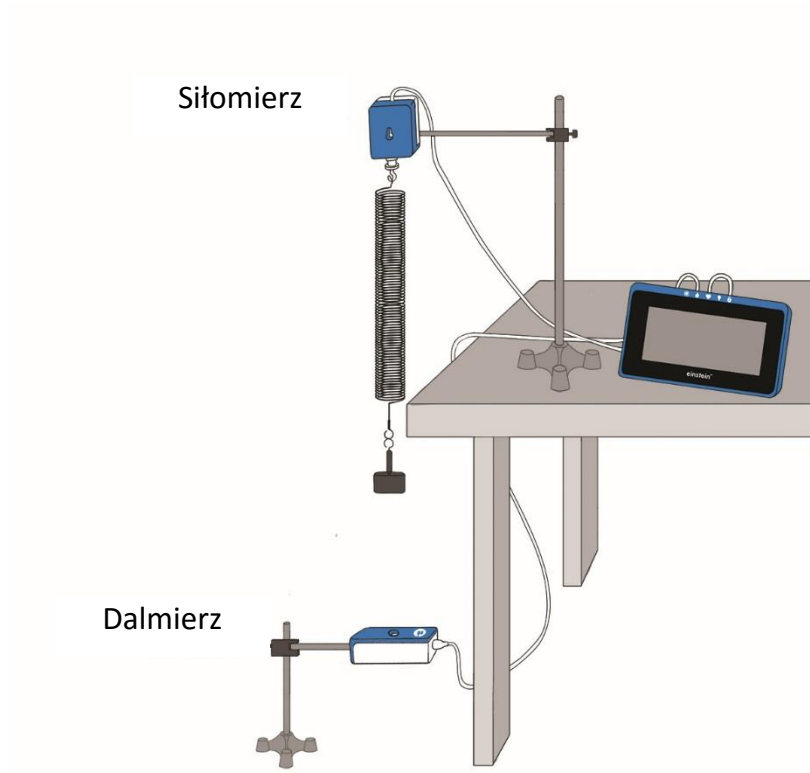
Więcej pomysłów

1. Dokonajcie pomiaru okresu drgań z wykorzystaniem 2-kilogramowego obciążnika i obliczcie stałą sprężystości k .
2. Zbadajcie zależność między prędkością a odległością:
 - a. Za pomocą dalmierza zmierzcie prędkość drgającej sprężyny.
 - b. Obliczcie amplitudę A dla maksymalnej prędkości:

$$V_{max} = \frac{2\pi}{T} A$$

Rozdział 11

Energia w ruchu harmonicznym prostym



Rys. 1

Wstęp

Ruch obciążnika zawieszonoego na sznurku to ruch pod wpływem sił zachowawczych: siły grawitacji i siły sprężystości.

Energię kinetyczną wyraża wzór:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

gdzie:

m = masa zawieszonoego obiektu

v = prędkość zawieszonoego obiektu

Energię potencjalną wyraża wzór:

$$PE = \frac{1}{2}kx^2 \quad (2)$$

gdzie:

k = stała sprężystości

x = pozycja zawieszonoego obiektu mierzona z punktu równowagi

Zasada zachowania energii mechanicznej zakłada, że:

$$E = KE + PE \quad (3)$$

gdzie:

E = stała reprezentująca całość energii mechanicznej układu




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dalmierz
- Sprężyna (~15 N/m)
- Zestaw obciążników szczelinowych
- Haczyk do obciążników szczelinowych
- Statyw i drążek wspierający
- Zacisk z haczykiem do powieszenia sprężyny
- Zacisk typu C do przymocowania statywu do blatu



Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB .
2. Podłączcie dalmierz do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1:
 - a. Upewnijcie się, że między zawieszonym obciążnikiem a dalmierzem nie znajdują się żadne przeszkody fizyczne.
 - b. Użyjcie obciążnika o wadze 200 g.
 - c. Odległość między zawieszonym obciążnikiem a dalmierzem powinna wynosić około 60 cm.
4. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko dalmierz.



Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:




Dalmierz	Odległość (m)
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	4 min



Procedura

Stała sprężystości

1. Upewnijcie się, że zawieszony obciążnik jest w stanie spoczynku.

- Dotknijcie polecenia **Start** (), aby rozpocząć gromadzenie danych.
- Do zawieszonoego obciążnika dodajcie obciążnik o wadze 400 g, żeby masa całkowita wynosiła teraz 600 g.
- Doprowadźcie zawieszony obciążnik w stan spoczynku, poczekaj, aż odczyt się ustabilizuje, a następnie dotknijcie polecenia **Stop** ().
- Zapisać dane, dotykając na górnym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** ().
- Za pomocą dwóch kursorów określcie, jak duże było rozciągnięcie sprężyny po dodaniu 400-gramowego obciążnika.
- Obliczcie k , stałą sprężystości, za pomocą prawa Hooke'a ($F = kx$) i siłę grawitacji działającą na zawieszony obciążnik, m ($F = mg$):



$$k = \frac{\Delta mg}{\Delta l} \quad (4)$$

gdzie:

Δl = przemieszczenie sprężyny

- Odnotujcie tę wartość w zeszytcie.

Energia w ruchu harmonicznym prostym





- Upewnijcie się, że zawieszony obciążnik jest w stanie spoczynku.
- Dotknijcie polecenia **Start** (), aby rozpocząć gromadzenie danych.
- Podnieście obciążnik około 5 cm ponad położenie równowagi i puść.
- Po 20 sekundach dotknijcie polecenia **Stop** ().



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

Naszkcujcie wykres energii potencjalnej – $E_p = \frac{1}{2}k(x-x_0)^2$

- Za pomocą kursora wyznaczcie położenie równowagi sprężyny x_0 . To jest położenie sprężyny przed rozpoczęciem drgań. Odnotujcie wartość x_0 w zeszytcie.
- Stwórzcie wykres zmian przemieszczenia sprężyny ($x-x_0$) w czasie w wyniku drgań:
 - Dotknijcie przycisku **Funkcja** ().
 - W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** () znajdującego się obok funkcji **Funkcja liniowa**.
 - W oknie **Funkcje matematyczne**, które się pojawi, wybierzcie dane dotyczące Odległości z listy rozwijanej **G1**.
 - W polu edycji **A** wpiszcie wartość ujemną położenia równowagi $-x_0$.
 - W polu edycji **Nazwa** wpiszcie *Przemieszczenie*, a w polu edycji **Jednostka** wpiszcie m .
- Stwórzcie wykres zmian energii potencjalnej w czasie w wyniku drgań:
 - Dotknijcie przycisku **Funkcja** ().
 - W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** () znajdującego się obok funkcji **Kwadrat**.
 - W oknie **Funkcje matematyczne**, które się pojawi, wybierzcie dane dotyczące przemieszczenia obliczone w poprzednim kroku z listy rozwijanej **G1**.
 - W polu edycji **A** wpiszcie $\frac{1}{2}k$, czyli połowę wartości stałej sprężystości.
 - W polu edycji **B** wpiszcie 0.

- f. W polu edycji **Nazwa** wpiszcie Ep , a w polu edycji **Jednostka** wpiszcie J.
- g. Ukryjcie funkcję liniową i wykres odległości. Powinien wyświetlić się wykres Ep .

Naszkcujcie wykres energii kinetycznej – $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

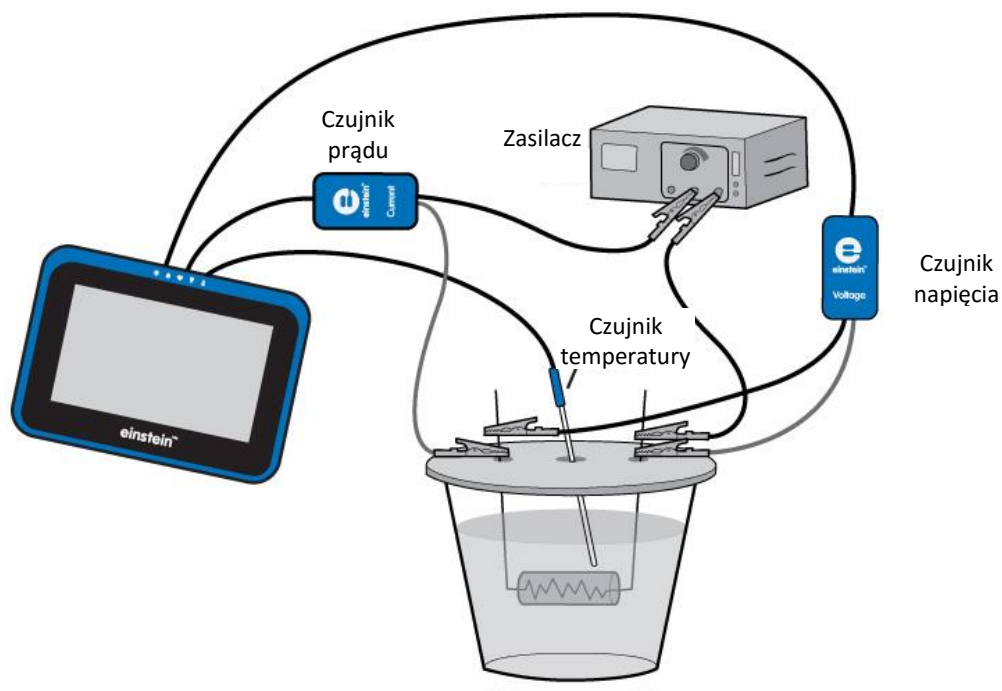
1. Stwórzcie wykres zmian prędkości sprężyny v w czasie w wyniku drgań:
 - a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (\otimes) znajdującego się obok funkcji **Pochodna**.
 - c. W oknie **Funkcje matematyczne**, które się pojawi, wybierzcie dane dotyczące Odległości z listy rozwijanej **G1**.
 - d. W polu edycji **Nazwa** wpiszcie *Prędkość*, a w polu edycji **Jednostka** wpiszcie *m/s*.
2. Stwórzcie wykres zmian energii kinetycznej w czasie w wyniku drgań:
 - a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (\otimes) znajdującego się obok funkcji **Kwadrat**.
 - c. W oknie **Funkcje matematyczne**, które się pojawi, wybierzcie dane dotyczące obliczonej prędkości z listy rozwijanej **G1**.
 - d. W polu edycji **A** wpiszcie połowę wartości masy ciężarka, m .
 - e. W polu edycji **Nazwa** wpiszcie E_k ; w polu edycji **Jednostka** wpiszcie J.

Stwórzcie wykres energii kinetycznej i energii potencjalnej jako funkcji położenia

1. Wyeksportujcie dane (↗) w formie pliku .csv.
2. Naszkicujcie energię kinetyczną i energię potencjalną jako funkcję położenia.
3. Obliczcie energię całkowitą ($Ep+Ek$) układu i także nanieście tę wartość na wykres.
4. Omówcie wykres, odnosząc się do zmian między energią potencjalną a energią kinetyczną i zasady zachowania energii.

Rozdział 12

Ciepło właściwe



Rys. 1

 Wstęp

Ciepło właściwe to ilość ciepła na jednostkę masy potrzebnego do zwiększenia temperatury substancji o jeden stopień Celsjusza. Zależność między ciepłem a zmianą temperatury wyraża się w następujący sposób:

$$Q = mc\Delta T \quad (1)$$

gdzie:

Q = ilość ciepła dostarczonego lub zabranego

m = masa podgrzewanej substancji

c = ciepło właściwe

ΔT = zmiana temperatury

Ta zależność nie obowiązuje, jeżeli ma miejsce przemiana fazowa, ponieważ ciepło dostarczone lub zabrane w trakcie przemiany fazowej nie zmienia temperatury substancji.

W tym doświadczeniu znajdziecie ciepło właściwe wody. Podgrzejecie wodę, przepuszczając prąd przez opornik elektryczny. Energię rozpraszającą przez opornik wyraża wzór:

$$Q = VI\Delta t \quad (2)$$

gdzie:

V = spadek napięcia na oporniku

I = prąd przechodzący przez opornik

Δt = czas podgrzewania

Znana wartość ciepła właściwego wody to 1 kaloria/gram °C = 4186 dżul/gram °C




Wyposażenie

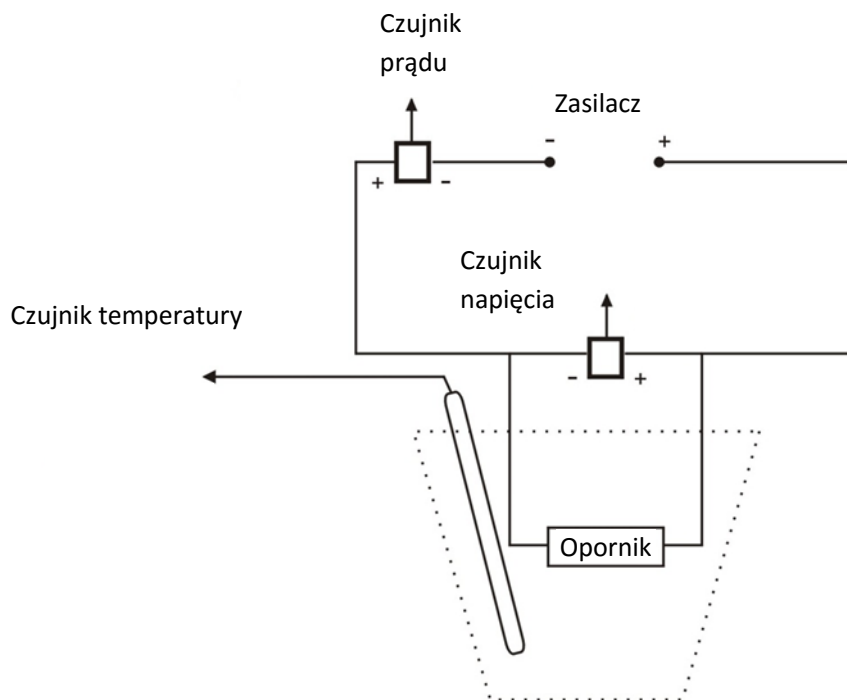
- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik temperatury (-40 °C do 140 °C)
- Czujnik prądu ($\pm 2,5$ A)
- Czujnik napięcia (± 25 V)
- Kubek z polistyrenu
- Płytkę ze szkła akrylowego służącą jako przykrycie kubka z polistyrenu z dwiema małymi dziurkami na nóżki opornika i jeszcze jedną dziurką na czujnik temperatury.
- Zasilacz (6 V, 2 A)
- Opornik (5 Ω , 10 W)
- Dwa zaciski szczękowe
- Kable

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB .
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie czujnik prądu do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
4. Podłączcie czujnik napięcia do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
5. Do kubka z polistyrenu wlej 40 ml wody. Zmierzcie objętość wody, której używacie, lub zmierzcie jej masę.
6. Przygotujcie i połączcie układ, jak pokazano na Rys. 1 i Rys. 2:
 - a. Zegnijcie dwie nóżki opornika i przepuść je przez dwie małe dziurki w pokrywie kubka.
 - b. Przytrzymajcie nóżki w miejscu za pomocą zacisku szczękowego, jak pokazano na Rys. 1. Połóżcie pokrywę na kubku. Opornik musi być zanurzony w wodzie.
 - c. Przez trzecią dziurkę w pokrywie wprowadźcie czujnik temperatury. Końcówka sondy powinna być zanurzona w wodzie, jak pokazano na Rys. 1.
7. Upewnijcie się, że zaznaczony jest tylko czujnik temperatury, czujnik napięcia i czujnik prądu.

Przygotujcie i połączcie układ, jak pokazano na Rys. 1:



Rys. 2



Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:


Czujnik temperatury (-40 °C do 140 °C)	Temperatura (°C)
Czujnik prądu (±2,5 A)	Prąd (A)
Ustaw na zero	Wł.
Czujnik napięcia (±25 V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	1/sek.
Czas trwania pomiaru:	8 min. 20 sek.

Uwaga: Upewnijcie się, że zaznaczony jest tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40 °C – 140 °C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30 °C – 50 °C).



Procedura

1. Dotknijcie widocznego na głównym pasku narzędzi polecenia **Start** (▶). Aplikacja rozpocznie gromadzenie danych.
2. Nastawcie zasilacz na 6V DC i włączcie go.
3. Obserwujcie wykres.
4. Po 6 minutach dotknijcie polecenia **Stop** (◻).

5. Zapiszcie dane, dotycząc przycisku **Zapisz** ().



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Jaka jest masa wody w kubku? Odnotujcie masę w zeszycie i wyjaśnijcie sposób ustalenia tej wartości (w drodze pomiarów czy obliczeń?).
2. Za pomocą kursora odczytajcie wartość napięcia. Odnotujcie wartość w zeszycie.
3. Za pomocą kursora odczytajcie wartość prądu. Odnotujcie wartość w zeszycie.
4. Patrząc na wykres temperatury, co można powiedzieć o zależności między ilością ciepła wprowadzonego do wody a zmianą temperatury, która nastąpiła?
5. Za pomocą obu kursorów zaznaczcie dwa punkty na wykresie temperatury. Upewnijcie się, że oba punkty zaznaczacie na odcinku wykresu, na którym temperatura rośnie. Odnotujcie różnicę w czasie i temperaturze między tymi dwoma punktami w zeszycie.
6. Za pomocą wzoru (2) obliczcie ilość ciepła rozproszonego przez opornik. Odnotujcie wartość w zeszycie.
7. Za pomocą wzoru (1) obliczcie ciepło właściwe wody. Odnotujcie wartość w zeszycie.
8. Porównajcie obliczoną przed chwilą wartość z wartością znaną (zob. Wstęp).

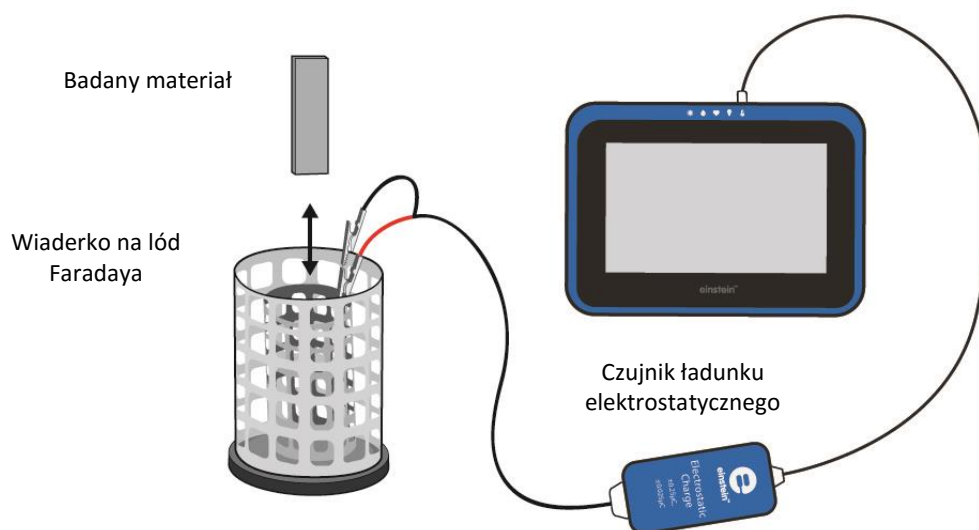


Więcej pomysłów

Powtórzcie doświadczenie, używając 80 ml wody, i porównajcie nachylenia tych dwóch wykresów.

Rozdział 13

Ładunek wytwarzany przez tarcie



Rys. 1


Wstęp

W tym doświadczeniu naładujecie parę przedmiotów, pocierając je o siebie. Niektóre materiały uwalniają elektrony łatwiej niż inne. Gdy pocieracie o siebie te dwa przedmioty, niektóre elektrony z jednego przedmiotu przechodzą na drugi. Na przykład, gdy potrzecie kawałek polichlorku winylu (PVC) o wełnę, zauważycie, że PVC zyskał elektrony, w wyniku czego stał się naładowany ujemnie, a wełna stała się naładowana dodatnio. To oznacza, że wełna oddaje elektrony łatwiej niż PVC. W tym doświadczeniu zmierzycie ładunki tych par przedmiotów za pomocą czujnika ładunku elektrostatycznego.

Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik ładunku elektrostatycznego
- Kable testowe ze złączem BNC
- Wiaderko na lód Faradaya
- Materiały: pręt szklany (najlepiej wykonany z pyreksu), pręt ebonitowy, pasek (albo rurka) z tworzywa PVC, kawałek jedwabiu, rękawica neoprenowa, tkanina wełniana
- Nić jedwabna

123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik ładunku elektrostatycznego do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.

3. Podłączcie kable testowe do czujnika ładunku elektrostatycznego.
4. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko czujnik ładunku elektrostatycznego.



Przygotowanie doświadczenia

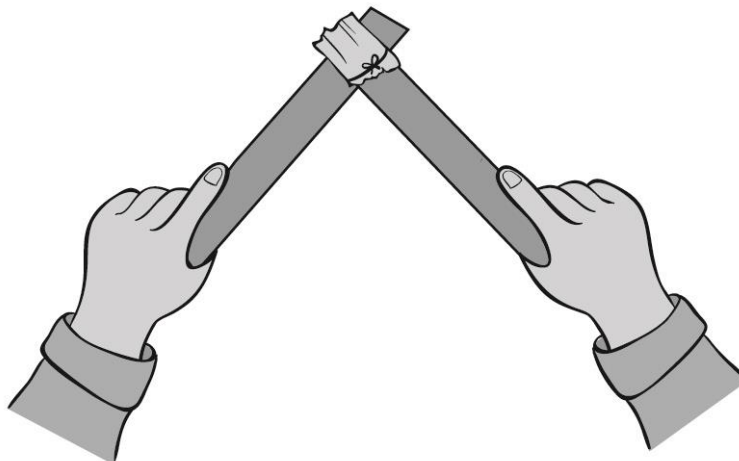
Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik ładunku elektrostatycznego	ładunek, 25 nC (nC)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min



Procedura

1. Owińcie małym kawałkiem wełnianej tkaniny koniec paska z tworzywa PVC albo szklany pręt. Przymocujcie ją mocno za pomocą nici jedwabnej (zob. Rys. 2).



Rys. 2

2. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego. Aby zewrzeć bieguny czujnika, połączcie dodatnią (czerwona) i ujemną (czarna) końcówkę.
3. Dotknijcie polecenia **Start** (▶), aby rozpocząć gromadzenie danych.
4. Potrzyjcie wełnianą tkaniną wzdłuż paska z tworzywa PVC (zob. Rys. 2).
5. Opuśćcie pasek z tworzywa PVC do niższej połowy wewnętrznego walca wiaderka Faradaya i utrzymajcie go tak w zawieszeniu, nie pozwalając, by dotknął wiaderka (zob. Rys. 1).
6. Dotknijcie polecenia **Stop** (■), aby przerwać rejestrowanie danych.
7. Dotknijcie polecenia **Zapisz** (⬇️), aby zapisać dane.
8. Wyjmijcie pasek z wiaderka Faradaya.
9. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego.
10. Następnie do wiaderka włóżcie wełnianą tkaninę i zanotujcie odczyt.
11. Powtórzcie kroki 3 do 8 z pozostałymi parami materiałów, pocierając tkaniną o pasek lub pręt.

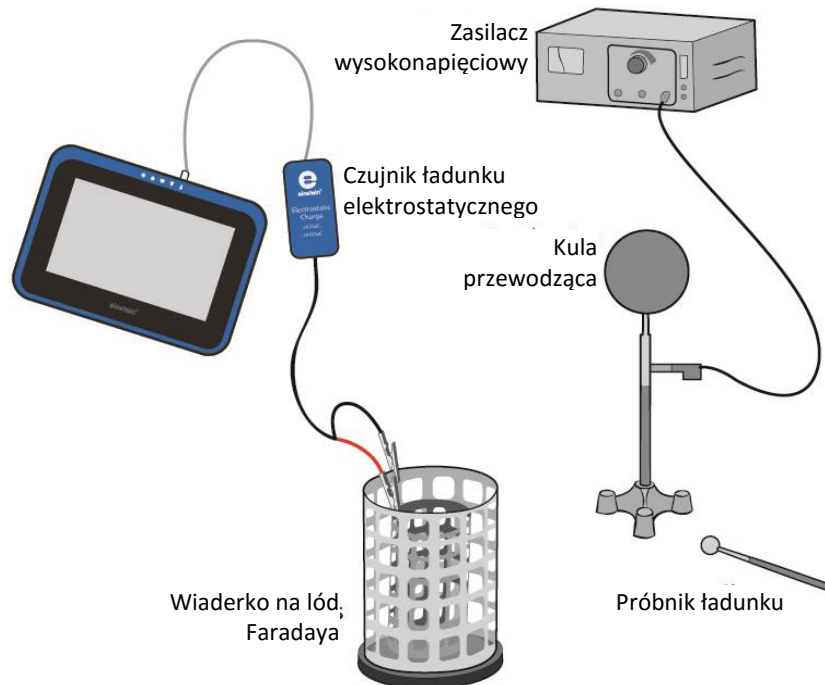


Pytania

1. Co się dzieje przy pocieraniu wełnianej tkaniny o tworzywo PVC?
2. Czy potarte o siebie przedmioty zawsze mają równe ładunki o przeciwnych wartościach, gdy je mierzycie? Wyjaśnijcie.
3. Które z par potartych o siebie materiałów łatwiej uwalniają elektrony?

Rozdział 14

Przepływ prądu w wyniku dotyku



Rys. 1

Wstęp


Gdy obojętny elektrycznie przedmiot przewodzący wejdzie w kontakt z przedmiotem naładowywanym ujemnie, oba razem funkcjonują jako jeden duży przedmiot. Nadmiarowe elektrony na przedmiocie naładowanym ujemnie, które się odpychają, mają teraz więcej miejsca, na którym mogą się rozprzestrzeniać, by rozprzewodzić ładunek ujemny. Elektrony z przedmiotu naładowanego przepływają na przedmiot nienaładowany, w ten sposób go ładując. Jeżeli wtedy oddzielimy przedmioty naładowane ujemnie, każdy z nich zachowa swój ujemny ładunek.

Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik ładunku elektrostatycznego
- Kable testowe ze złączem BNC
- Wiaderko na lód Faradaya
- Kula przewodząca
- Drążek izolacyjny
- Statyw
- Zasilacz wysokonapięciowy
- Próbnik ładunku

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie czujnik ładunku elektrostatycznego do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie kable testowe do czujnika ładunku elektrostatycznego.
4. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
 - a. Podłączcie czerwony kabel czujnika ładunku elektrostatycznego do wewnętrznego walca wiaderka na lód Faradaya.
 - b. Podłączcie czarny kabel do zewnętrznego walca wiaderka na lód Faradaya.
 - c. Podłączcie kulę przewodzącą do wyjścia wysokiego napięcia na zasilaczu wysokiego napięcia.
5. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko czujnik ładunku elektrostatycznego.

Uwaga: Może być potrzebne uziemienie zewnętrznego walca wiaderka na lód Faradaya.










Przygotowanie doświadczenia






Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik ładunku elektrostatycznego	ładunek, 25 nC (nC)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min



Procedura

1. Włączcie zasilacz.
2. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego. Aby zewrzeć bieguny czujnika, połączcie dodatnią (czerwona) i ujemną (czarna) końcówkę.
3. Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć gromadzenie danych.
4. Przygotujcie uziemienie próbnika, by usunąć z niego resztkowy ładunek.
5. Obniżcie próbnik do wewnętrznego kosza wiaderka na lód Faradaya. Obserwujcie powstały w ten sposób wykres.
6. Dotknijcie polecenia **Stop** () , aby przerwać rejestrowanie danych.
7. Dotknijcie polecenia **Zapisz** () , aby zapisać zarejestrowane dane.
8. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego.
9. Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć gromadzenie danych.
10. Dotknijcie kuli przewodzącej próbnikiem, a następnie obniżcie próbnik do wewnętrznego kosza wiaderka na lód Faradaya. Obserwujcie powstały w ten sposób wykres.
11. Dotknijcie polecenia **Stop** () , aby przerwać rejestrowanie danych.
12. Dotknijcie polecenia **Zapisz** () , aby zapisać zarejestrowane dane.
13. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego.
14. Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć gromadzenie danych.
15. Ponownie dotknijcie kuli przewodzącej próbnikiem, a następnie obniżcie próbnik do wewnętrznego kosza wiaderka na lód Faradaya. Czy wykres uległ zmianie? Wyjaśnijcie swoje spostrzeżenia.

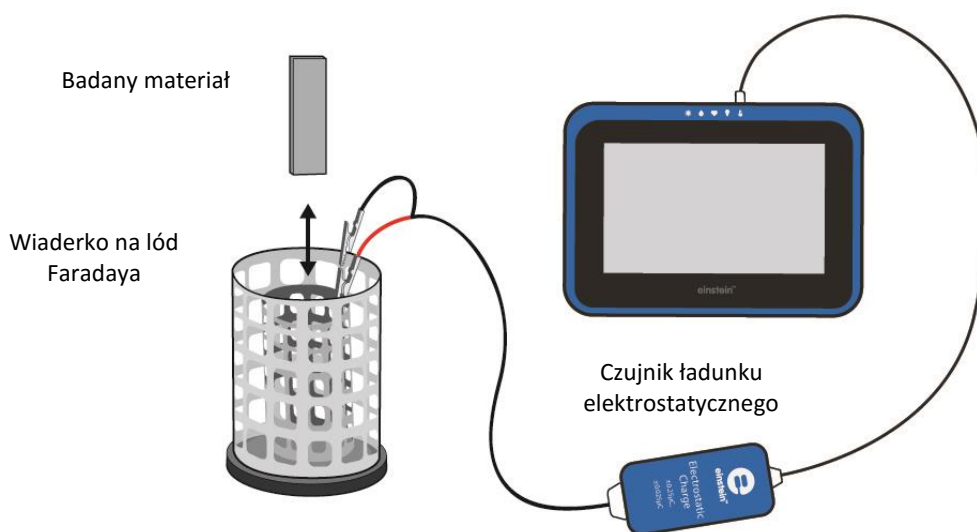
16. Dotknijcie polecenia **Stop** (), aby przerwać rejestrowanie danych.
17. Dotknijcie polecenia **Zapisz** (), aby zapisać dane.
18. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego.
19. Dotknijcie polecenia **Start** (), aby rozpocząć gromadzenie danych.
20. Teraz przygotujcie uziemienie próbnika, by usunąć z niego resztkowy ładunek, a następnie powtórzcie krok 7. Wyjaśnijcie różnice w wykresie.
21. Dotknijcie polecenia **Stop** (), aby przerwać rejestrowanie danych.
22. Dotknijcie polecenia **Zapisz** (), aby zapisać dane.

Pytania

1. Czy kula przewodząca jest naładowana dodatnio czy ujemnie?
2. Wyjaśnij, w jaki sposób kule zostały naładowane.
3. Wyjaśnijcie proces ładowania czujnika.

Rozdział 15

Ładunek wytwarzany przez indukcję



Rys. 1

Wstęp

W tym doświadczeniu naładujemy parę kul przewodzących przez indukcję, a następnie zmierzmy ładunek na każdej kuli.

W procesie indukcji naładowany przedmiot jest zbliżany do obojętnego elektrycznie przedmiotu przewodzącego, ale te dwa przedmioty nie dotykają się. W tym przypadku użyjemy dwóch przewodzących walców jako naszego obojętnego elektrycznie przedmiotu. Obecność naładowanego przedmiotu obok przewodu obojętnego elektrycznie zmusi (indukuje) elektrony w przewodzie do poruszania się. Ruch elektronów wywołuje zaburzenie równowagi między ładunkami na przeciwnych końcach przewodu. Choć ogólnie przedmiot ten jest obojętny elektrycznie (tzn. ma taką samą liczbę elektronów i protonów), to na jednym walcu pojawia się nadmiar ładunków dodatnich, a na drugim nadmiar ładunków ujemnych. Po oddzieleniu walców każdy z nich pozostaje z ładunkiem wypadkowym.

Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik ładunku elektrostatycznego
- Kable testowe ze złączem BNC
- Wiaderko na łód Faradaya
- Dwie kule przewodzące na zaizolowanym statywie (średnica każdej kuli musi być mniejsza niż średnica wewnętrznego walca wiaderka na łód Faradaya).
- Pasek albo rurka z tworzywa PVC
- Kawałek tkaniny wełnianej

123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (🏠).
2. Podłączcie czujnik ładunku elektrostatycznego do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie kable testowe do czujnika ładunku elektrostatycznego.
4. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
 - a. Podłączcie czerwony kabel do wewnętrznego walca wiaderka na lód Faradaya.
 - b. Podłączcie czarny kabel do zewnętrznego walca wiaderka na lód Faradaya.
5. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko czujnik ładunku.

Uwaga: Może być potrzebne uziemienie zewnętrznego walca wiaderka na lód Faradaya.



Przygotowanie doświadczenia

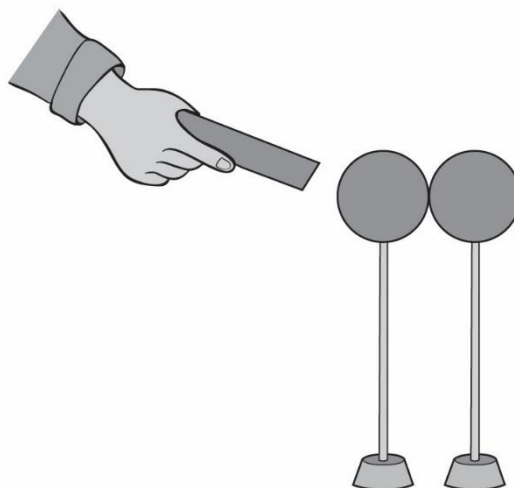
Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik ładunku elektrostatycznego	ładunek, 25 nC (nC)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min






Procedura

1. Dotknijcie do siebie dwie kule przewodzące (zob. Rys. 2).



Rys. 2

2. Potrzymajcie pasek PVC tkaniną wełnianą, by go naładować.
3. Przybliżcie pasek PVC do jednej z kul, ale nie dotknijcie jej.
4. Trzymając pasek PVC nieruchomo w pobliżu jednej z kul, złapcie drążek izolacyjny drugiej kuli i odsuńcie ją, oddzielając kule.
5. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego. Aby zewrzeć bieguny czujnika, połączcie dodatnią (czerwona) i ujemną (czarna) końcówkę.

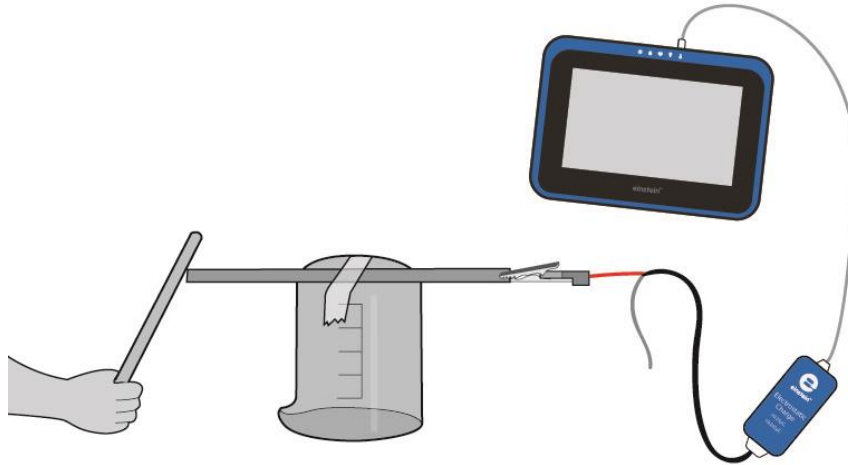
6. Dotknijcie polecenia **Start** (), aby rozpocząć gromadzenie danych.
7. Trzymajcie kulę, która była najbliżej paska PVC, za drążek izolacyjny i włożcie ją do niższej połowy wewnętrznego walca wiaderka, ale nie pozwólcie jej dotknąć wiaderka.
8. Dotknijcie polecenia **Stop** (), aby przerwać rejestrowanie danych.
9. Dotknijcie **Zapisz** (), aby zapisać zarejestrowane dane.
10. Usuńcie kulę.
11. Zwrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego.
12. Teraz powtórzcie kroki 6 do 10, wkładając drugą kulę do wiaderka, i zanotujcie odczyt.

Pytania

1. Co się dzieje przy pocieraniu tworzywa PVC wełnianą tkaniną?
2. Wyjaśnij, w jaki sposób kule zostały naładowane.
3. Czy ładunki tych dwóch kul były równe i przeciwne, gdy je mierzyliście? Wyjaśnij.
4. Użycie pomiarów do określenia znaku ładunku na pasku PVC. Wyjaśnij.

Rozdział 16

Przewodniki i izolatory



Rys. 1



Wstęp

Różne rodzaje atomów są związane ze swoimi elektronami z różną siłą. W przypadku niektórych rodzajów materiałów, takich jak metale, elektrony znajdujące się najdalej od jądra atomu są tak luźno związane, że poruszają się chaotycznie w przestrzeni między atomami tego materiału pod wpływem jedynie energii cieplnej pochodzącej z temperatury pomieszczenia. Ponieważ te praktycznie niezwiązane elektrony mogą opuszczać swoje atomy i poruszać się w przestrzeni między sąsiednimi atomami, są często zwane *swobodnymi elektronami*.

W innego rodzaju materiałach, takich jak szkło, elektrony atomów mają bardzo małą swobodę poruszania się. Mimo że zewnętrzne siły takie jak fizyczne pocieranie mogą zmusić niektóre z tych elektronów do opuszczenia swoich atomów i przeniesienia się na atomy innego materiału, to nie poruszają się one między atomami tego materiału tak swobodnie.

Ta relatywna mobilność elektronów w materiale jest znana jako *przewodnictwo* elektryczne.

Przewodnictwo zależy od rodzaju atomów w materiale (liczby protonów w jądrze każdego z atomów, która determinuje jego charakterystykę chemiczną) i sposobu, w jaki atomy są połączone między sobą. Materiały o dużej mobilności elektronów (posiadające wiele swobodnych elektronów) są nazywane *przewodnikami*, natomiast materiały o niskiej mobilności elektronów (posiadające niewiele swobodnych elektronów lub w ogóle ich nieposiadające) są nazywane *izolatorami*.

Poniżej znajduje się kilka przykładów powszechnie znanych przewodników i izolatorów:

Przewodniki:

Srebro, miedź, złoto, aluminium, żelazo, stal, mosiądz, brąz, rtęć, grafit, brudna woda, beton

Izolatory:

Szkło, guma, olej, bitum, włókno szklane, porcelana, ceramika, kwarc, (sucha) bawełna, (suchy) papier, (suche) drewno, tworzywa sztuczne, powietrze, diament, czysta woda

Należy pamiętać, że nie wszystkie materiały przewodzące mają ten sam poziom przewodzenia oraz że nie wszystkie izolatory są jednakowo odporne na ruch elektronów.

Na przykład srebro jest najlepszym przewodnikiem na liście *przewodników*, ponieważ daje łatwiejsze przejście dla elektronów niż którykolwiek inny z wymienionych materiałów. Brudna woda i beton także znalazły się na liście przewodników, ale te materiały mają stosunkowo mniejsze właściwości przewodzenia niż dowolny metal.

W tym zadaniu zaklasyfikujemy kilka materiałów jako przewodniki lub izolatory, badając mobilność swobodnych ładunków w materiałach.




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik ładunku elektrostatycznego
- Kable testowe ze złączem BNC
- Pasek albo rurka z tworzywa PVC
- Kawałek tkaniny wełnianej
- Zlewka
- Taśma
- Różnego rodzaju pręty i paski wykonane z różnych materiałów, takich jak metale, grafit, tworzywa sztuczne, drewno, papier i inne

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik ładunku elektrostatycznego do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie kable testowe do czujnika ładunku elektrostatycznego.
4. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
5. Za pomocą taśmy przyklej jeden z materiałów na odwróconą do góry dnem zlewkę (zob. Rys. 1).
6. Podłączcie czerwony kabel czujnika ładunku elektrostatycznego do jednego końca badanego materiału.
7. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko czujnik ładunku elektrostatycznego.




Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik ładunku elektrostatycznego	ładunek, 25 nC (nC)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min

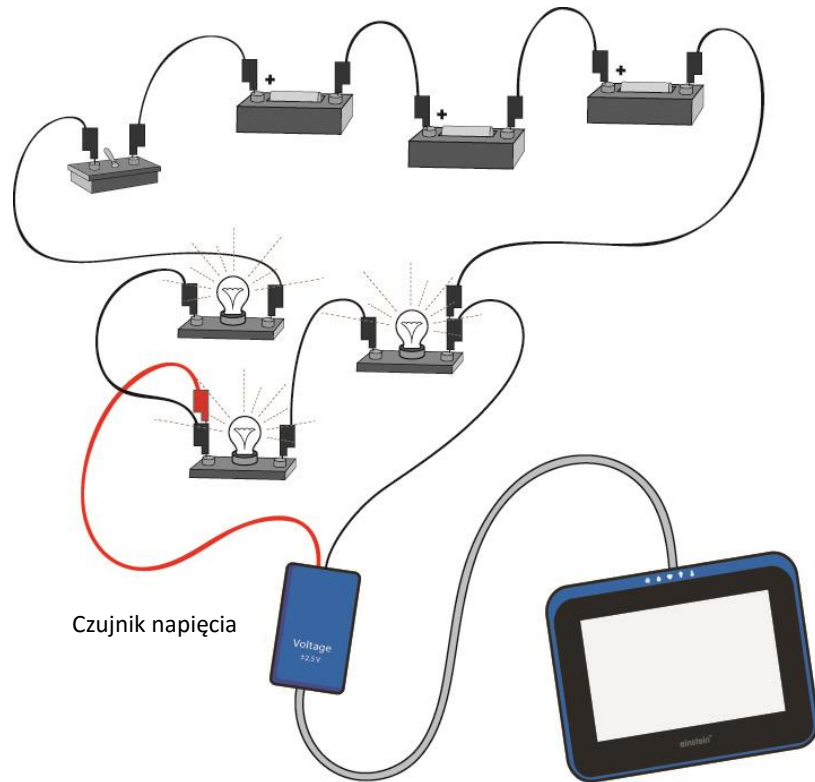


Procedura

1. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego. Aby zewrzeć bieguny czujnika, połączcie dodatnią (czerwona) i ujemną (czarna) końcówkę.
2. Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć gromadzenie danych.

3. Potrzyjcie pasek PVC tkaniną wełnianą, by go naładować.
 4. Dotknijcie wolnego końca badanego materiału paskiem PVC.
 5. Obserwujcie powstały w ten sposób wykres. Czy ten materiał można zaklasyfikować jako przewodnik czy izolator?
 6. Powtórzcie kroki 1 do 5 dla każdego badanego materiału.
- W oparciu o wyniki przygotujcie listę materiałów przewodzących i listę materiałów izolujących.

Pomiary napięcia



Rys. 1



Wstęp

Woltomierz to urządzenie służące do mierzenia spadku napięcia między dwoma punktami. Cyfrowy woltomierz wyświetla napięcie jako liczbę podaną na ekranie. Technika mierzenia polega na cyfrowym porównaniu zmierzonego spadku napięcia z wewnętrznym napięciem znamionowym. Rejestrator nie tylko mierzy spadek napięcia, ale także zapisuje dane do późniejszej analizy.

W tym doświadczeniu za pomocą czujnika napięcia zmierzycie spadki napięcia w kilku punktach prostego obwodu elektrycznego. Poznacie też kilka sposobów wyświetlenia wyniku pomiaru napięcia.

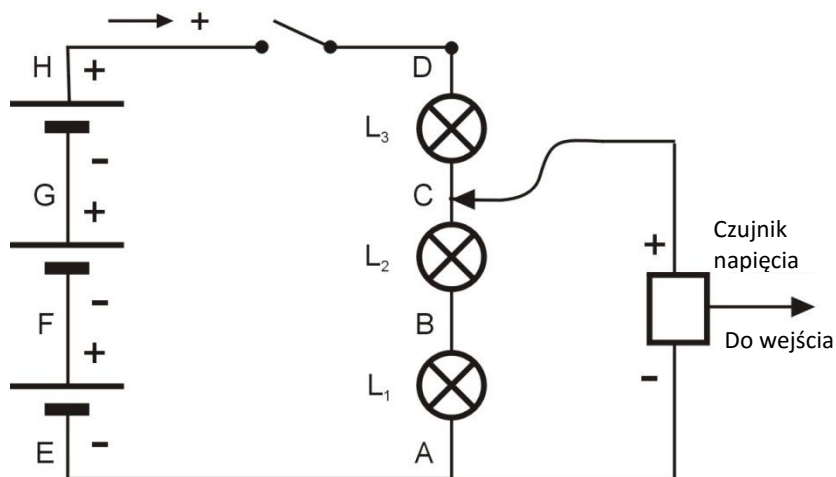


Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik napięcia (± 25 V)
- Bateria 1,5 w kasetce (3)
- Małe żarówki 1,5 V (3)
- Oprawki (3)
- Przewody do wykonania połączeń
- Przetącnik

123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (🔌).
2. Podłączcie czujnik napięcia do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1 i 2. Należy zauważyć, że końcówka ujemna czujnika napięcia jest przyczepiona do punktu A, ale końcówka dodatnia będzie podłączona do różnych punktów obwodu.



Rys. 2

4. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika napięcia. Aby zewrzeć bieguny czujników, połączcie dodatnią (czerwona) i ujemną (czarna) końcówkę.
5. Podłączcie czujnik napięcia do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
6. Odłączcie dwie końcówki czujnika napięcia.
7. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko czujnik napięcia.

Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik napięcia ($\pm 25\text{ V}$)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min

Procedura

1. Upewnijcie się, że przełącznik znajduje się w położeniu „WYŁ.” („OFF”).
2. Dotknijcie polecenia **Miernik** (📊) i zobaczcie wyniki w formacie miernika.
3. Dotknijcie polecenia **Start** (▶), aby rozpocząć gromadzenie danych.
4. Końcówką dodatniego kabla czujnika napięcia dotknijcie punktu H na obwodzie (zob. Rys. 2).






5. Obserwujcie odczyt licznika na wykresie i w tabeli.
6. Odnotujcie wartość napięcia w tabeli danych.
7. Przewłącznik przełącznik w położenie „Wł.” („ON”). Odnotujcie wartość napięcia w tabeli danych.
8. Końcówką dodatniego kabla czujnika napięcia dotknijcie punktu D na obwodzie. Odnotujcie wartość napięcia w tabeli danych.
9. Powtórzcie krok 8 dla punktów C, B, A, E, F i G.
10. Okno **Mierniki** ma cztery różne opcje wyświetlania. Przejrzyjcie opcje **Analogowe** () , **Stupkowe** () , **Kolor** () i **Cyfrowe** () .
11. Zapiszcie dane, dotykając na głównym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** () .

Tabela danych

Końcówka dodatniego kabla czujnika napięcia podłączona do punktu:	Spadek napięcia (V)
H (przełącznik w położeniu „WYŁ.” („OFF”))	
H (przełącznik w położeniu „WŁ.” („ON”))	
D	
C	
B	
A	
E	
F	
G	



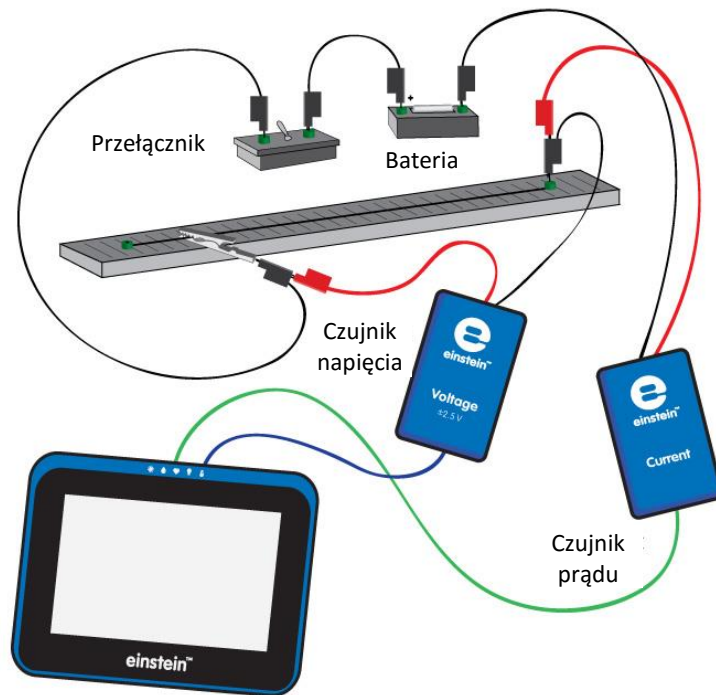
Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Wyjaśnijcie różnicę w spadku napięcia między punktem A a punktem H po przestawieniu przełącznika z położenia „WYŁ.” („OFF”) na „WŁ.” („ON”).
2. Omówcie różniące się wartości dokonanych pomiarów.
3. Omówcie zalety trzech różnych okien wyświetlania: **Mierniki**, **Wykres** i **Tabela** oraz różnych opcji wyświetlania w oknie **Mierniki**.

Rozdział 18

Opór przewodów



Rys. 1

Wstęp

Opór przewodu zależy od jego długości, powierzchni przekroju poprzecznego i materiału, z którego jest wykonany.

Opór R przewodu wyraża wzór:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (1)$$

gdzie:

ρ = specyficzny opór elektryczny materiału, rezystywność

ℓ = długość przewodu

A = powierzchnia przekroju poprzecznego przewodu

W tym doświadczeniu zbadamy powyższy wzór.




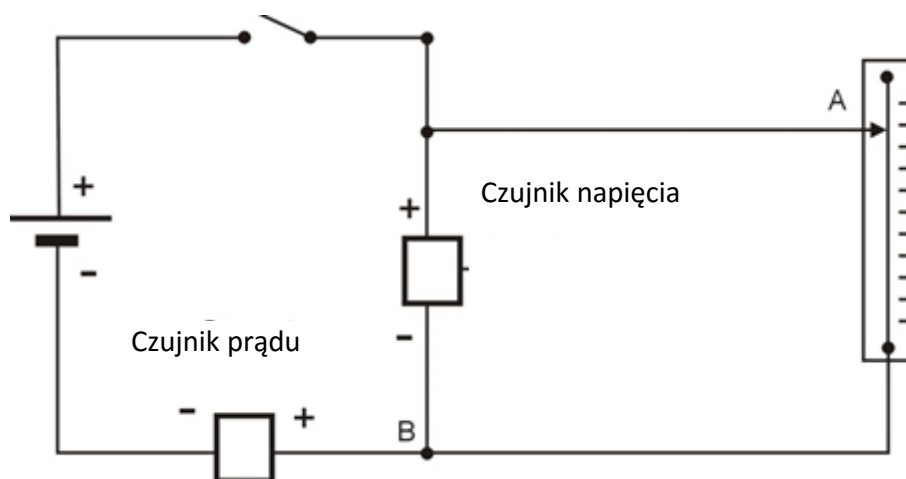
Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate™ +
- Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)
- Czujnik prądu ($\pm 2,5$ A)
- Przewód oporowy rozciągnięty na linijce o dł. 50 cm (chromonikielina, średnica: 0,25 mm)
- Opcjonalnie: Przewód oporowy rozciągnięty na linijce o dł. 50 cm (chromonikielina, średnica: 0,5 mm)
- Bateria (1,5 V) i kasetka
- Przewody do wykonania połączeń
- Zacisk szczękowy
- Przetącnik
- Suwmiarka

123

Przygotowanie wyposażenia (część 1)

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik prądu do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie czujnik napięcia do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
4. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika napięcia i zewrzyjcie dwie końcówki czujnika prądu. Aby zewrzeć bieguny czujnika, połączcie dodatnią (czerwona) i ujemną (czarna) końcówkę.
5. Rozłączcie dwie końcówki czujnika napięcia i dwie końcówki czujnika prądu.
6. Przygotujcie obwód, jak pokazano na Rys. 1 i Rys. 2.



Rys. 2

Uwaga: Dopilnujcie prawidłowej biegunowości podłączenia czujników. Czerwona końcówka czujnika oznacza dodatnie wejście, a czarna – ujemne.

7. Podłączcie zacisk szczękowy do dowolnego punktu przewodu oporowego (Punkt A na Rys. 2).
8. Upewnijcie się, że przetącnik znajduje się w położeniu „WYŁ.” („OFF”).

9. Upewnijcie się, że zaznaczony jest tylko czujnik prądu i czujnik napięcia.



Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Czujnik prądu ($\pm 2,5$ A)	Prąd (A)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	5 sek.



Procedura






1. Za pomocą suwmiarki zmierzcie średnicę przewodu oporowego.
2. Przypnijcie zacisk szczękowy do przewodu oporowego przy kresce podziałki wskazującej 10 cm.
3. Dotknijcie polecenia **Miernik** () i zobaczcie wyniki w formacie licznika. Wybierzcie opcję **Cyfrowe** () wyświetlania dla czujników prądu i napięcia.
4. Dotknijcie polecenia **Start** (), aby rozpocząć gromadzenie danych. Odnotujcie wartości napięcia i prądu w tabeli danych.
5. Przeważcie przełącznik w położenie „Wł.” („ON”).
6. Dotknijcie polecenia **Start** () na głównym pasku narzędzi za każdym razem, gdy zechcecie odnotować pomiar danych.
7. Odnotujcie pomiar danych.
8. Dotknijcie polecenia **Stop** (), aby przerwać rejestrowanie danych.
9. Przeważcie przełącznik w położenie „WYŁ.” („OFF”).
10. Przypnijcie zacisk szczękowy do przewodu oporowego przy kresce wskazującej 15 cm i powtórzcie kroki 4 do 9.
11. Zwiększajcie długość przewodu oporowego o 5 cm, aż osiągnie 50 cm, i powtarzajcie kroki 4 do 9 dla każdej długości.

Tabela danych

Średnica przewodu: _____ mm

Powierzchnia przekroju poprzecznego przewodu: _____ cm²

Długość przewodu (cm)	Napięcie (V)	Prąd (A)	Opór (Ω)
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Korzystając z prawa Ohma ($V=IR$) i danych z tabeli, obliczcie opór dla każdej długości przewodu w tabeli danych. Odnotujcie te wartości w kolumnie Opór w tabeli.
2. Naszkicujcie wykres zależności oporu (oś y) od długości przewodu (oś x).
3. Narysujcie linię prostą przechodzącą przez początek układu współrzędnych wzdłuż swoich punktów danych.
4. Czy ten wykres odpowiada wzorowi (1)?
5. Jakie są jednostki nachylenia?
6. Jaki jest opór przewodu na długość jednostkową?
7. Za pomocą wzoru (1) obliczcie specyficzny opór elektryczny materiału.

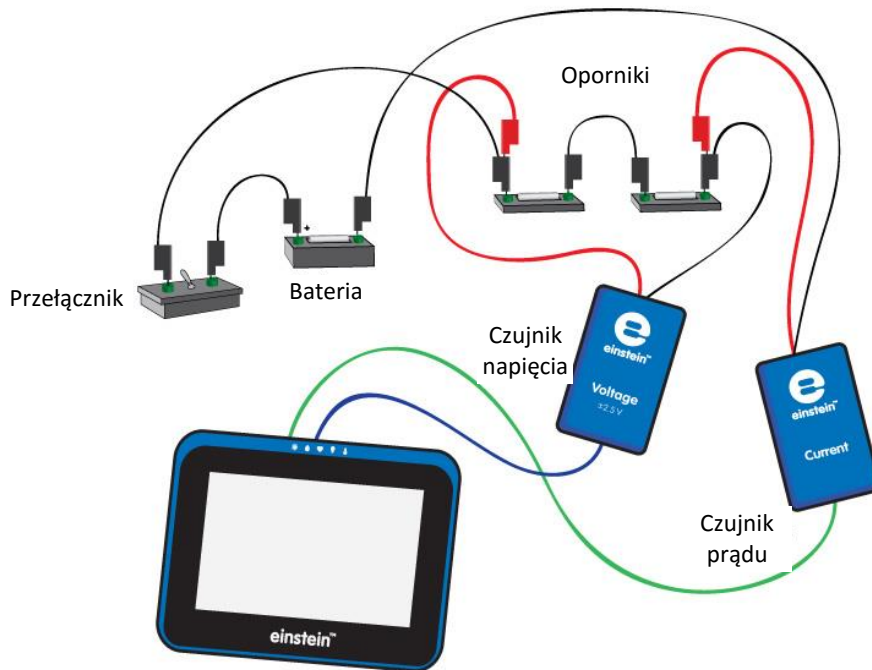


Więcej pomysłów

1. Powtórzcie doświadczenie z przewodem z tego samego materiału, ale o innej powierzchni przekroju poprzecznego.
2. Omówcie zależność między oporem a powierzchnią przekroju poprzecznego.

Rozdział 19

Oporniki połączone szeregowo

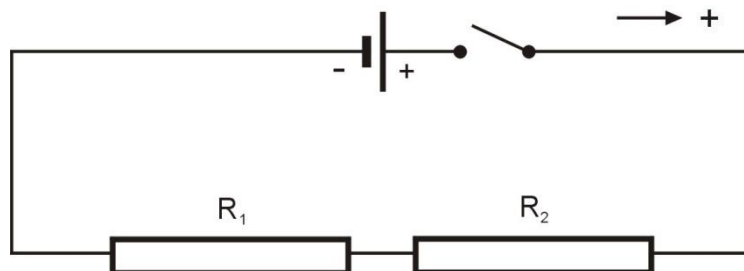


Rys. 1



Wstęp

Oporniki mogą być połączone szeregowo; to znaczy, że prąd przepływa przez nie po kolei. Obwody na Rys. 1 i Rys. 2 pokazują oporniki połączone szeregowo. Strzałka wskazuje dodatni kierunek przepływu prądu. Ponieważ prąd może przepływać tylko jedną drogą, prąd przepływający przez każdy z oporników jest taki sam.



Rys. 2

Spadek napięcia w opornikach musi odpowiadać całkowitemu napięciu dostarczonego przez baterię. Oporniki połączone szeregowo można zastąpić jednym opornikiem, zwanym opornikiem zastępczym, którego opór jest równy sumie poszczególnych oporników:

$$R_{EQUIVALENT} = R_1 + R_2 \quad (1)$$

Opornik zastępczy będzie pobierał taki sam prąd z baterii, jak pierwotny obwód z dwoma opornikami.




Wyposażenie

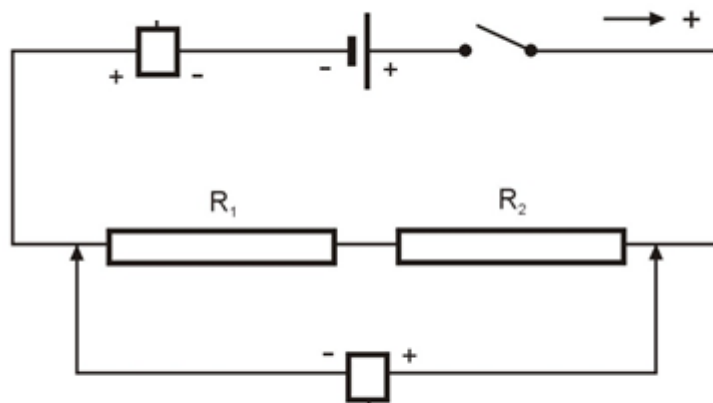
- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)
- Czujnik prądu (± 250 mA)
- Opornik (10Ω)
- Opornik (20Ω)
- Bateria (1,5 V) i kasetka
- Przewody do wykonania połączeń
- Przełącznik

123

Przygotowanie wyposażenia (część 1)

1. Uruchomcie aplikację MiLAB .
2. Podłączcie czujnik napięcia do złącza tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie czujnik prądu do złącza tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
4. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika napięcia i zewrzyjcie dwie końcówki czujnika prądu. Aby zewrzeć bieguny czujnika, połączcie dodatnią (czerwona) i ujemną (czarna) końcówkę.
5. Rozłączcie dwie końcówki czujnika napięcia i dwie końcówki czujnika prądu.
6. Przygotujcie obwód, jak pokazano na Rys. 1 i Rys. 3.

Czujnik prądu



Czujnik napięcia

Rys. 3

Uwaga: Dopilnujcie prawidłowej biegunowości podłączenia czujników. Czerwona końcówka czujnika oznacza dodatnie wejście, a czarna – ujemne.

7. Upewnijcie się, że zaznaczony jest tylko czujnik napięcia i czujnik prądu.








Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Czujnik prądu (± 250 mA)	Prąd (mA)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	5 sek.



Procedura

1. Przewalczyc przelączcznik w polozenie „Wł.” („ON”).
2. Dotknijcie przycisku **Miernik** () na dolnym pasku narzedzi.
3. Wybierzcie opcję **Cyfrowe** () wyświetlania dla czujników prądu i napięcia.
4. Dotknijcie polecenia **Start** () na głównym pasku narzedzi za kazdym razem, gdy zechcecie odnotowac pomiar danych.
5. Podłączcie końcówki czujnika napięcia na oporniku R_1 . Dotknijcie polecenia **Start** () i odnotujcie wartosc napięcia w tabeli danych.
6. Podłączcie końcówki czujnika napięcia na oporniku R_2 . Dotknijcie polecenia **Start** () i odnotujcie wartosc napięcia w tabeli danych.

Uwaga: Jeżeli wartość prądu wyświetla się w mA, żeby przeliczyć tę wartość na A, należy podzielić ją przez 1000.

Tabela danych

Opis	Symbol i jednostka	Krok procedury doświadczalnej	Wartość
Napięcie zastosowane w obu opornikach	V (V)	2	
Prąd	I (A)	2	
Napięcie na R_1	V_1 (V)	3	
Napięcie na R_2	V_2 (V)	4	



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Jaka jest zależność między napięciem zastosowanym do obu oporników (V), napięciem na R_1 (V_1) a napięciem na R_2 (V_2)?
2. Korzystając z prawa Ohma ($V=IR$) i danych pochodzących z pomiarów, obliczcie R_1 .
3. Korzystając z prawa Ohma ($V=IR$) i danych pochodzących z pomiarów, obliczcie R_2 .
4. Zastosujcie prawo Ohma do pełnego obwodu, by obliczyć opór zastępczy obwodu, $R_{ZASTĘPCZY}$.
5. Jaka jest zależność między R_1 , R_2 and $R_{ZASTĘPCZY}$? Czy odpowiada wzorowi (1) znajdującemu się we Wprowadzeniu?

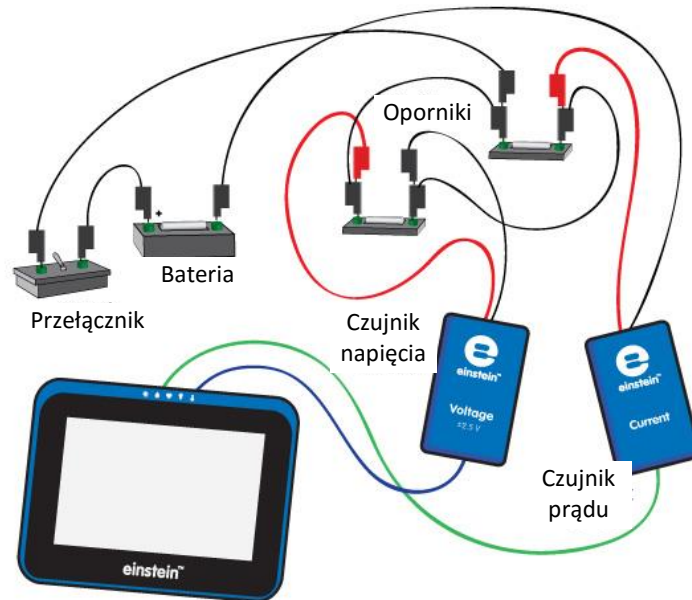


Więcej pomysłów

Zaplanujcie i przeprowadźcie doświadczenie, by wykazać, że wartość prądu jest taka sama we wszystkich punktach wzdłuż obwodu.

Rozdział 20

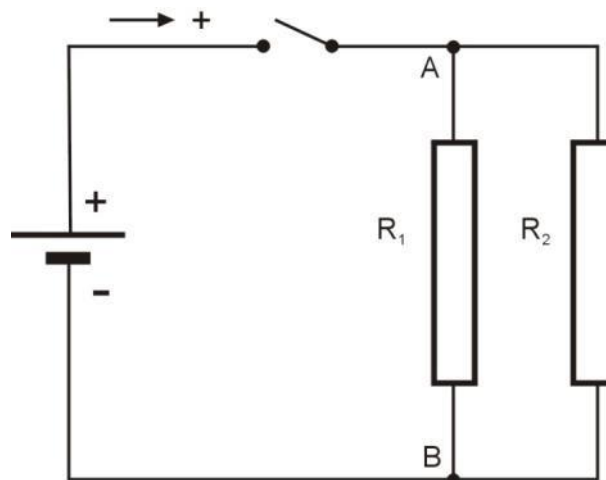
Oporniki połączone równolegle



Rys. 1

Wstęp

Oporniki mogą być połączone w taki sposób, że rozgałęziają się z jednego punktu (zwanego węzłem) i łączą się znowu w innym miejscu na obwodzie. Określamy to jako połączenie równoległe. Każdy z dwóch oporników na Rys. 2 zapewnia odrębną ścieżkę dla prądu, który przepływa z punktu A do punktu B. Strzałka wskazuje dodatni kierunek przepływu prądu.



Rys. 2

W punkcie A na obwodzie potencjał musi być taki sam dla każdego opornika. Podobnie w punkcie B na obwodzie potencjał także musi być taki sam dla każdego opornika. Więc między punktami A i B różnica potencjałów jest taka sama. Czyli każdy z dwóch oporników w obwodzie równoległym musi mieć ten sam spadek napięcia.

Ponadto, gdy prąd przepływa od punktu A do punktu B, rozwidla się. Dlatego suma wartości prądu w dwóch rozgałęzieniach jest równa wartości prądu w punkcie A i punkcie B (gdzie prąd z rozgałęzień się łączy).

Oporniki połączone równolegle można zastąpić jednym opornikiem, zwanym opornikiem zastępczym. Odwrotność oporu opornika zastępczego jest równa sumie odwrotności oporów poszczególnych oporników:

$$\frac{1}{R_{EQUIVALENT}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (1)$$

Opornik zastępczy będzie pobierał taki sam prąd z baterii, jak pierwotny obwód.




Wyposażenie

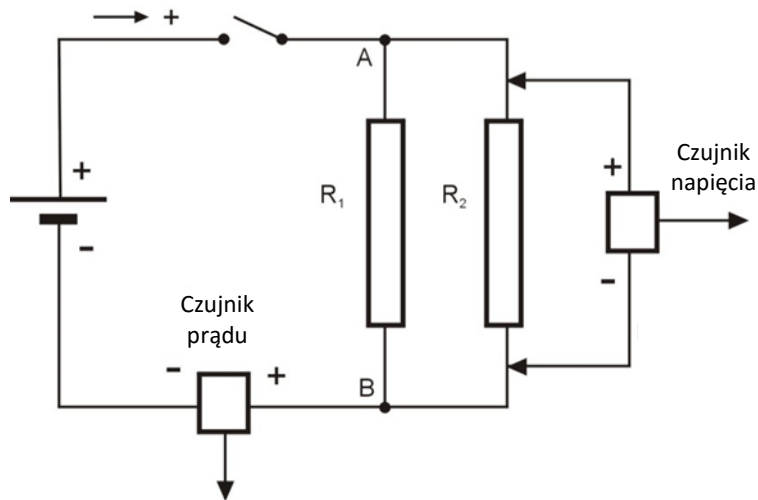
- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)
- Czujnik prądu (± 250 mA)
- Opornik (10Ω), Opornik (20Ω)
- Bateria 1,5 V w kasetce
- Przewody do wykonania połączeń
- Przełącznik



Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie czujnik napięcia do złącza tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie czujnik prądu do złącza tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
4. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika napięcia i zewrzyjcie dwie końcówki czujnika prądu. Aby zewrzeć bieguny czujnika, połączcie dodatnią (czerwona) i ujemną (czarna) końcówkę.
5. Rozłączcie dwie końcówki czujnika napięcia i dwie końcówki czujnika prądu.

6. Przygotujcie obwód, jak pokazano na Rys. 1 i Rys. 3:



Rys. 3

Uwaga: Dopilnujcie prawidłowej biegunowości podłączenia czujników. Czerwona końcówka czujnika oznacza dodatnie wejście, a czarna – ujemne.

7. Upewnijcie się, że zaznaczony jest tylko czujnik napięcia i prądu.







Przygotowanie doświadczenia

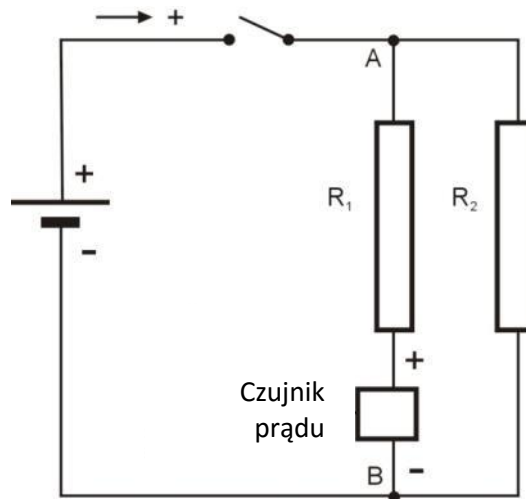
Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Czujnik prądu (± 250 mA)	Prąd (mA)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	5 sek.



Procedura

1. Dotknijcie przycisku **Miernik** () na dolnym pasku narzędzi.
2. Wybierzcie opcję **Cyfrowe** () wyświetlania dla czujników prądu i napięcia.
3. Dotknijcie polecenia **Start** () na głównym pasku narzędzi za każdym razem, gdy zechcecie odnotować pomiar danych.
4. Przewalczcie przełącznik w położeniu „Wł.” („ON”), dotknijcie polecenia **Start** () i odnotujcie wartość napięcia i prądu w tabeli danych.
5. Przekształćcie obwód, by zmierzyć prąd płynący przez opornik R_1 : Usuńcie czujnik prądu, podłączcie biegun ujemny baterii bezpośrednio do punktu B i podłączcie czujnik prądu między opornikiem R_1 a punktem B (zob. Rys. 4).



Rys. 4

6. Dotknijcie polecenia **Start** (▶) i odnotujcie wartość prądu w tabeli danych.
7. Przekształćcie obwód, by zmierzyć prąd płynący przez opornik R_2 :
8. Dotknijcie polecenia **Start** (▶) i odnotujcie wartość prądu w tabeli danych.

Uwaga: Jeżeli wartość prądu wyświetla się w mA, żeby przeliczyć tę wartość na A, należy podzielić ją przez 1000.

Tabela danych

Opis	Symbol i jednostka	Krok procedury	Wartość
Napięcie zastosowane w obu opornikach	V (V)	5	
Prąd płynący przez baterię	I (A)	5	
Prąd płynący przez R_1	I_1 (A)	7	
Prąd płynący przez R_2	I_2 (A)	8	



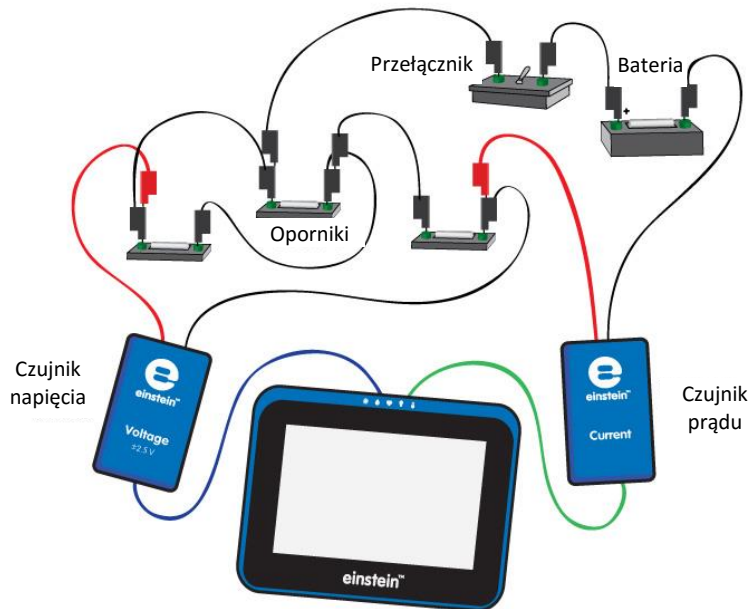
Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Jaka jest zależność między prądem płynącym przez baterię (I), prądem płynącym przez R_1 (I_1) a prądem płynącym przez R_2 (I_2)?
2. Korzystając z prawa Ohma ($V=IR$) i danych pochodzących z pomiarów, obliczcie R_1 .
3. Korzystając z prawa Ohma ($V=IR$) i danych pochodzących z pomiarów, obliczcie R_2 .
4. Zastosujcie prawo Ohma do pełnego obwodu, by obliczyć opór zastępczy obwodu, $R_{ZASTĘPCZY}$.
5. Jaka jest zależność między R_1 , R_2 and $R_{ZASTĘPCZY}$? Czy odpowiada wzorowi (1) znajdującemu się we Wprowadzeniu?

Rozdział 21

Oporniki połączone szeregowo-równoległe

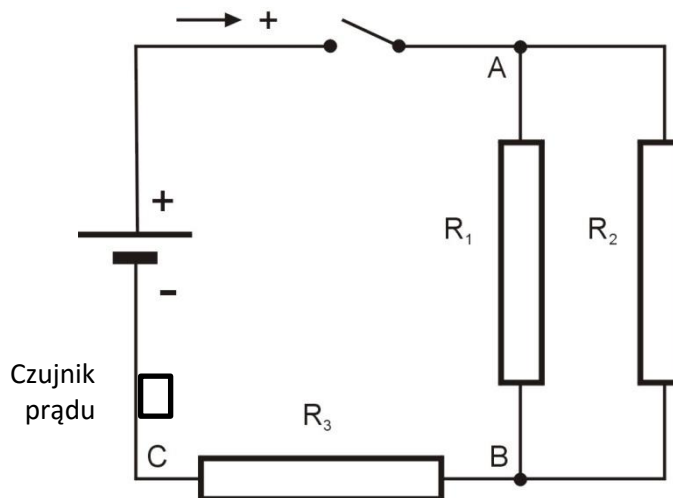


Rys. 1



Wstęp

Jeżeli w sieci mamy więcej niż dwa oporniki, mogą być połączone w kombinacji połączeń szeregowych i równoległych. Rys. 2 pokazuje dwa oporniki, R_1 i R_2 , połączone równoległe. A one są z kolei połączone szeregowo z opornikiem R_3 . Strzałka wskazuje dodatni kierunek przepływu prądu.



Rys. 2

Aby obliczyć opór zastępczy, musimy najpierw obliczyć opór zastępczy dwóch oporników połączonych równoległe, R_1 i R_2 :

$$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (1)$$

Następnie musimy dodać ten wynik do wartości R_3 , by uzyskać całkowity opór zastępczy obwodu:

$$R_{EQUIVALENT} = R_{1,2} + R_3 \quad (2)$$




Wyposażenie

- Tablet einstein™ Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™ LabMate
- Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)
- Czujnik prądu (± 250 mA)
- Opornik (20Ω)
- Opornik (30Ω)
- Opornik (8Ω)
- Bateria ($1,5$ V) i kasetka
- Przewody do wykonania połączeń
- Przełącznik

123

Przygotowanie wyposażenia (część 1)

1. Uruchomcie aplikację MiLAB .
2. Podłączcie czujnik napięcia do jednego ze złączy tabletu einstein™ Tablet+ lub zestawu czujników einstein™ LabMate.
3. Podłączcie czujnik prądu do jednego ze złączy tabletu einstein™ Tablet+ lub zestawu czujników einstein™ LabMate.
4. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika napięcia i zewrzyjcie dwie końcówki czujnika prądu. Aby zewrzeć bieguny czujnika, połączcie dodatnie (czerwone) końcówki.
5. Rozłączcie dwie końcówki czujnika napięcia i dwie końcówki czujnika prądu.
6. Połączcie czujnik prądu szeregowo z opornikiem R_3 , aby mierzył prąd przepływający przez opornik R_3 .
7. Podłączcie czujnik napięcia między punktami A i C (zob. Rys. 2).
8. Upewnijcie się, że zaznaczony jest tylko czujnik napięcia i czujnik prądu.












Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Czujnik prądu (± 250 mA)	Prąd (mA)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	5 sek.



Procedura

- Dotknijcie przycisku **Miernik** () na dolnym pasku narzędzi.
- Wybierzcie opcję **Cyfrowe** () wyświetlania dla czujników prądu i napięcia.
- Dotknijcie polecenia **Start** () na głównym pasku narzędzi za każdym razem, gdy zechcecie odnotować pomiar danych.
- Przestawcie przełącznik w położenie „Wł.” („ON”), dotknijcie polecenia **Start** () i odnotujcie wartość napięcia i prądu w tabeli danych.
- Odnotujcie spadek napięcia na każdym oporniku.
- Podłączcie czujnik napięcia między punktami A i B (zob. Rys. 2) i dotknijcie polecenia **Start** () , aby odnotować spadek napięcia na oporniku R_1 i R_2 .
- Podłączcie czujnik napięcia między punktami B i C (zob. Rys. 2) i dotknijcie polecenia **Start** () , aby odnotować spadek napięcia na oporniku R_3 w tabeli danych.
- Przekształćcie obwód, by zmierzyć prąd płynący przez opornik R_1 (zob. Rys. 2).
- Dotknijcie polecenia **Start** () i odnotujcie wartość prądu w tabeli danych.
- Przekształćcie obwód, by zmierzyć prąd płynący przez opornik R_2 :
- Dotknijcie polecenia **Start** () i odnotujcie wartość prądu w tabeli danych.
- Po zgromadzeniu wszystkich potrzebnych danych dotknijcie polecenia **Stop** () na głównym pasku narzędzi.

Uwaga: Jeżeli wartość prądu wyświetla się w mA, żeby przeliczyć tę wartość na A, należy podzielić ją przez 1000.

Tabela danych

Opis	Symbol (jednostka)	Krok procedury doświadczalnej	Wartość
Napięcie zastosowane we wszystkich trzech opornikach	$V_{AC}(V)$	2	
Spadek napięcia na oporniku R_1 i R_2	$V_{AB}(V)$	6	
Spadek napięcia na oporniku R_3	$V_{BC}(V)$	7	
Prąd płynący przez R_3	$I_3(A)$	1	
Prąd płynący przez R_1	$I_1(A)$	8	
Prąd płynący przez R_2	$I_2(A)$	10	



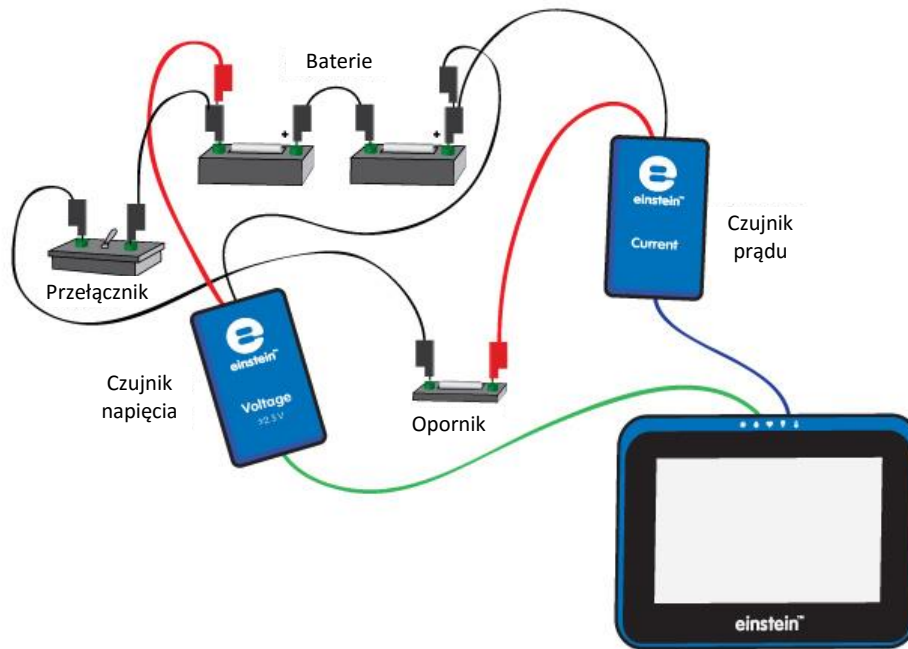
Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

- Jaka jest zależność między prądem płynącym przez R_3 (I_3), przez R_1 (I_1) i przez R_2 (I_2)?
- Jaka jest zależność między:
 - napięciem zastosowanym do sieci oporników – V_{AC} ?
 - spadkiem napięcia na oporniku R_1 i R_2 – V_{AB} ?
 - spadkiem napięcia na oporniku R_3 – V_{BC} ?
- Korzystając z prawa Ohma ($V=IR$) i danych pochodzących z pomiarów, obliczcie R_1 .
- Korzystając z prawa Ohma ($V=IR$) i danych pochodzących z pomiarów, obliczcie R_2 .
- Korzystając z prawa Ohma ($V=IR$) i danych pochodzących z pomiarów, obliczcie R_3 .
- Zastosujcie prawo Ohma do pełnego obwodu, by obliczyć opór zastępczy obwodu, $R_{ZASTĘPCZY}$.
- Jaka jest zależność między R_1 , R_2 , R_3 a $R_{ZASTĘPCZY}$? Czy pasuje do wzoru (2) znajdującego się we Wprowadzeniu?

Rozdział 22

Łączenie baterii



Rys. 1

Wstęp

Baterię charakteryzuje siła elektromotoryczna ε i opór wewnętrzny r . Spadek napięcia na baterii (V) wyraża wzór:

$$V = \varepsilon - Ir \quad (1)$$

gdzie:

I = prąd pobierany z baterii

Jeżeli dwie identyczne baterie są połączone szeregowo, faktyczna siła elektromotoryczna i opór wewnętrzny wynoszą:

$$\varepsilon' = 2\varepsilon \quad (2)$$

$$r' = 2r \quad (3)$$

Jeżeli dwie identyczne baterie są połączone równolegle, faktyczna siła elektromotoryczna i opór wewnętrzny wynoszą:

$$\varepsilon' = \varepsilon \quad (4)$$

$$r' = \frac{r}{2} \quad (5)$$

W tym doświadczeniu zbadamy te zależności.




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dwie baterie 1,5 V
- Dwie kasetki na baterie 1,5 V
- Opornik ($2\ \Omega$, 5 W)
- Czujnik napięcia 0 – 5 V
- Czujnik prądu $\pm 2,5\ \text{A}$
- Przewody do wykonania połączeń
- Przełącznik



123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie czujnik napięcia do złącza tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie czujnik prądu do złącza tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
4. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika napięcia i zewrzyjcie dwie końcówki czujnika prądu. Aby zewrzeć bieguny czujników, połączcie dodatnie (czerwone) końcówki czujnika i ujemne (czarne) końcówki.
5. Upewnijcie się, że zaznaczony jest tylko czujnik napięcia i prądu.



Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

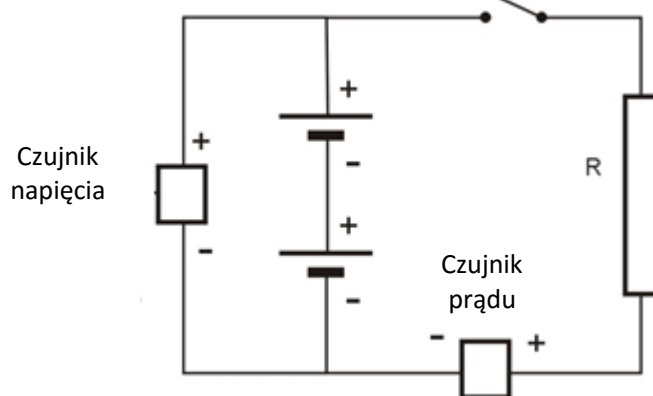
Czujnik napięcia ($\pm 2,5\ \text{V}$)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Czujnik prądu ($\pm 2,5\ \text{A}$)	Prąd (A)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	5 sek.



Procedura

Baterie połączone szeregowo:

1. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1 i Rys. 2.



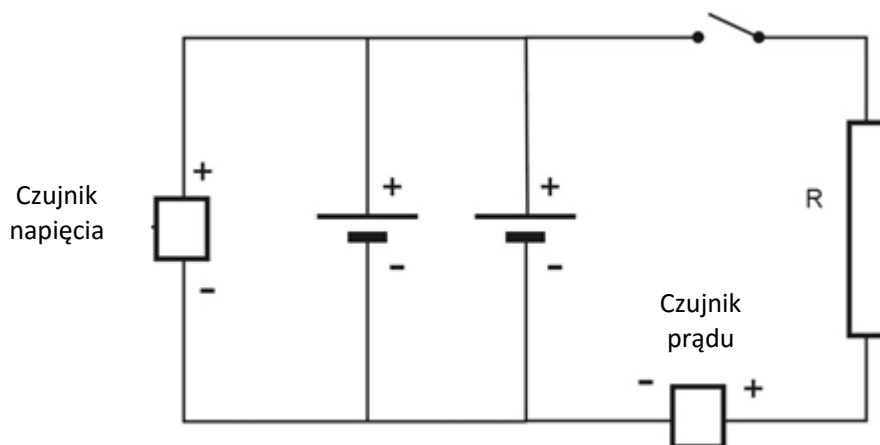
Rys. 2

Uwaga: Dopilnujcie prawidłowej biegunowości podłączenia czujników. Czerwona końcówka czujnika oznacza dodatnie wejście, a czarna – ujemne.

2. Upewnijcie się, że przełącznik znajduje się w położeniu „WYŁ.” („OFF”).
3. Dotknijcie przycisku **Miernik** () na dolnym pasku narzędzi.
4. Wybierzcie opcję **Cyfrowe** () wyświetlania dla czujników prądu i napięcia.
5. Dotknijcie polecenia **Start** () na głównym pasku narzędzi za każdym razem, gdy zechcecie odnotować pomiar danych.
6. Dotknijcie polecenia **Start** (), by dokonać pierwszego odczytu. Odnotujcie wartości w tabeli danych.
7. Przeszczawcie przełącznik w położenie „WŁ.” („ON”), dotknijcie polecenia **Start** () i odnotujcie wartość napięcia i prądu w tabeli danych.
8. Przeszczawcie przełącznik z powrotem w położenie „WYŁ.” („OFF”).

Baterie połączone równolegle:

1. Przekształćcie obwód, jak pokazano na Rys. 3.



Rys. 3

2. Upewnijcie się, że przełącznik znajduje się w położeniu „WYŁ.” („OFF”).
3. Dotknijcie polecenia **Start** (🟢), by dokonać trzeciego odczytu. Odnotujcie wartości w tabeli danych.
4. Przewalczcie przełącznik w położenie „WŁ.” („ON”).
5. Dotknijcie polecenia **Start** (🟢), by dokonać czwartego odczytu. Odnotujcie wartości w tabeli danych.
6. Przewalczcie przełącznik z powrotem w położenie „WYŁ.” („OFF”).

Tabela danych

Baterie połączone szeregowo:

	Napięcie (V)	Prąd (A)
Przełącznik jest wyłączony		
Przełącznik jest włączony		

Baterie połączone równolegle:

	Napięcie (V)	Prąd (A)
Przełącznik jest wyłączony		
Przełącznik jest włączony		



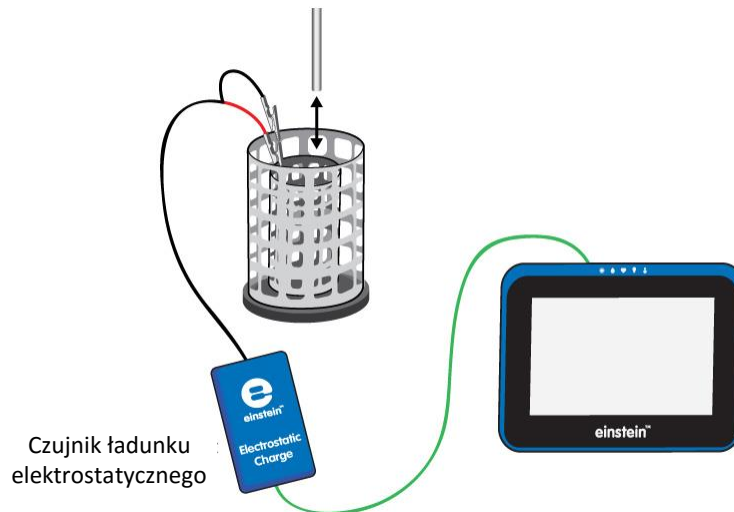
Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Wyjaśnijcie, dlaczego, gdy przełącznik znajduje się w położeniu „WYŁ.” („OFF”), odczyty napięcia to faktycznie siła elektromotoryczna baterii.
2. Przy użyciu wzoru (1) obliczcie faktyczny opór wewnętrzny w każdym z poszczególnych połączeń.
3. Czy obliczenia zgadzają się z wyrażeniami (2) i (3)?

Rozdział 23

Pomiary ładunku na okładkach kondensatora



Rys. 1

Wstęp

Kondensator to układ elektryczny zdolny do gromadzenia ładunku elektrycznego. Kondensator płaski składa się z dwóch równoległych okładek przewodzących prąd i umieszczonych blisko siebie. Po podłączeniu do zasilania wewnętrzne powierzchnie okładek są ładowane równym ładunkiem o przeciwnych znakach. Ładunek na każdej okładce jest proporcjonalny do zastosowanego napięcia:

$$Q = CV \quad (1)$$

gdzie:

Q = wielkość ładunku na każdej okładce

C = stała zwana pojemnością elektryczną, która zależy od właściwości geometrycznych i fizycznych kondensatora

V = zastosowane napięcie.

W tym ćwiczeniu zbadamy ładunek na kondensatorze płaskim.




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik ładunku elektrostatycznego
- Kable testowe ze złączem BNC
- Wiaderko na lód Faradaya
- Metalowa okładka z uchwytyami (2)
- Zacisk narożny (2)
- Statyw (2)
- Czarny przewód pomiarowy
- Czerwony przewód pomiarowy
- Zasilacz wysokiego napięcia
- Próbnik

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB .
2. Podłączcie czujnik ładunku elektrostatycznego do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie kable testowe do czujnika ładunku elektrostatycznego.
4. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
5. Podłączcie czerwony kabel czujnika ładunku elektrostatycznego do wewnętrznego walca wiaderka na lód Faradaya.
6. Podłączcie czarny kabel do zewnętrznego walca wiaderka na lód Faradaya.
5. Za pomocą czerwonego przewodu pomiarowego podłączcie jedną okładkę do gniazdka +3 kV w zasilaczu wysokiego napięcia (zob. Rys. 2).
6. Za pomocą czarnego przewodu pomiarowego podłączcie drugą okładkę do gniazdka -3 kV w zasilaczu wysokiego napięcia (zob. Rys. 2).
7. Ustawcie te dwie okładki równoległe do siebie, żeby odległość między nimi wynosiła 3 cm (zob. Rys. 2).
8. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko czujnik ładunku elektrostatycznego.

Uwaga: Może być potrzebne uziemienie zewnętrznego walca wiaderka na lód Faradaya.




Przygotowanie doświadczenia

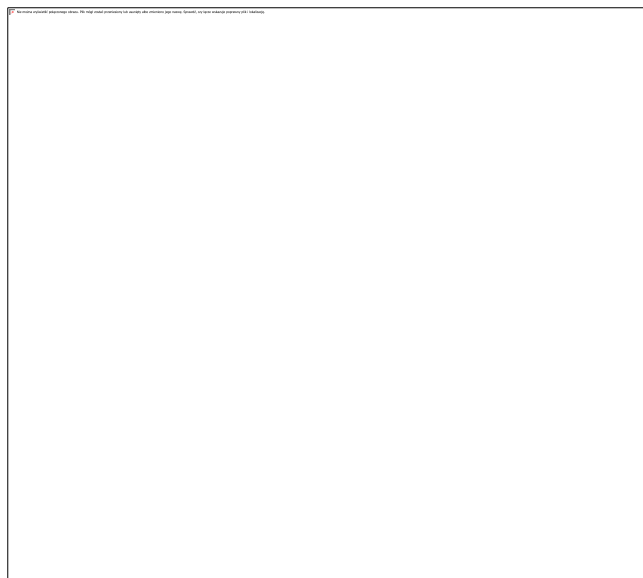
Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik ładunku elektrostatycznego	ładunek, 25 nC (nC)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min



Procedura

1. Włączcie zasilacz.
2. Ustawcie napięcie wyjściowe na zasilaczu na wartość 5 kV.
3. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego. Aby zewrzeć bieguny czujnika, połączcie dodatnią (czerwona) i ujemną (czarna) końcówkę.
4. Dotknijcie widocznego na głównym pasku narzędzi polecenia **Start** (). Aplikacja rozpocznie gromadzenie danych.
5. Dotknijcie próbnikiem wewnętrznej strony okładki podłączonej do dodatniego bieguna zasilacza (zob. Rys. 2).



Rys. 2

6. Obniżcie próbnik do wewnętrznej kosza wiaderka na łód Faradaya. Odnotujcie odczyt rejestratora w tabeli danych.
7. Zewrzyjcie dwie końcówki czujnika ładunku elektrostatycznego.
8. Przygotujcie uziemienie ładunku, by usunąć jego ładunek.
9. Dotknijcie próbnikiem wewnętrznej strony okładki podłączonej do ujemnego bieguna zasilacza, a następnie powtórzcie kroki 4 do 7.
10. Ustawcie napięcie wyjściowe zasilacza na wartość 4 kV i powtórzcie kroki 4 do 9.
11. Powtórzcie tę procedurę dla wszystkich wartości napięcia wyjściowego wymienionych w tabeli danych.

Tabela danych

Napięcie wyjściowe (kV)	ładunek na okładce naładowanej dodatnio (nC)	ładunek na okładce naładowanej ujemnie (nC)
5		
4		
3		
2		
1		
5		



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Porównajcie ładunek na okładce naładowanej dodatnio z ładunkiem na okładce naładowanej ujemnie.
2. Stwórzcie wykres zależności zmierzonego ładunku od napięcia.
3. Omówcie wykres w odniesieniu do wzoru (1).
4. Dopasujcie wykres funkcji liniowej do wykresu.
5. Za pomocą wzoru funkcji liniowej obliczcie pojemność elektryczną równoległych okładek.



Pytania

1. Jak naładowane są okładki?

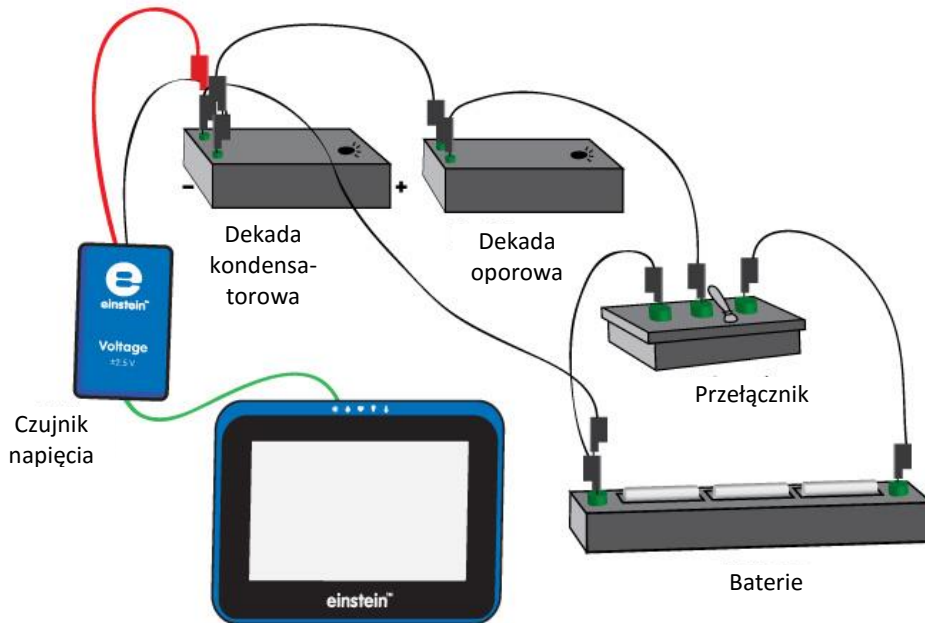


Więcej pomysłów

1. Zbadajcie zależność pojemności od odległości między okładkami. W jaki sposób zmieniają się wasze obliczenia, gdy przybliżymy okładki do siebie?

Rozdział 24

Ładowanie i rozładowywanie kondensatora



Rys. 1

Wstęp

Gdy kondensator i opornik są połączone szeregowo ze źródłem napięcia DC, tempo ładowania spada w miarę upływu czasu. Prąd ładowania I wyraża wzór:

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (1)$$

gdzie:

I_0 = prąd w czasie $t=0$

R = opór

C = pojemność elektryczna

Napięcie V na kondensatorze stopniowo spada zgodnie z poniższym wzorem:

$$V = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (2)$$

gdzie:

ε = siła elektromotoryczna (SEM) źródła

Gdy naładowany kondensator zostanie podłączony do opornika, rozładowuje się, a różnica potencjałów na jego biegunach będzie się zmniejszać w postępie geometrycznym:

$$V = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (3)$$

gdzie:

V_0 = początkowe napięcie kondensatora

Logarytm naturalny wzoru (3) wynosi:

$$\ln V = \ln V_0 - \frac{t}{RC} \quad (4)$$

A $\ln V$ jako funkcja czasu stanowi prostą linię z nachyleniem $\frac{1}{RC}$.




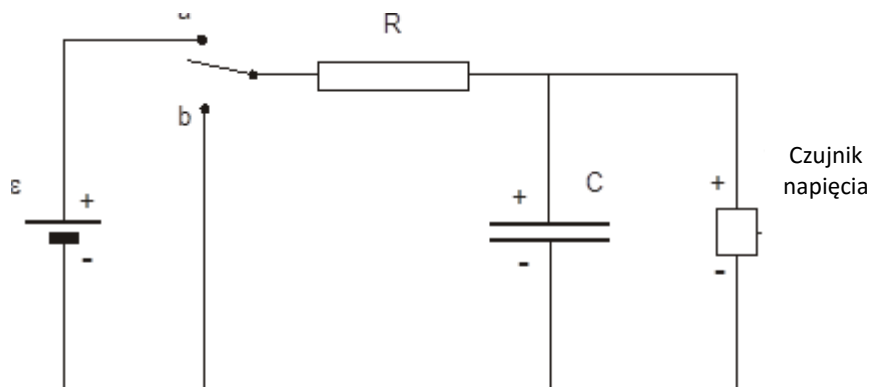
Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik napięcia
- Dekada kondensatorowa
- Dekada oporowa
- Bateria 1,5 w kasetce (3)
- Pojedynczy przełącznik dwupozycyjny (1P2T)



123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB .
2. Podłączcie czujnik napięcia do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Przygotujcie obwód elektryczny, jak pokazano na Rys. 1 i 2:



Rys. 2

4. Wybierzcie kondensator $1000\mu\text{F}$ i oporniki 500, 1000 lub $2000\ \Omega$.
5. Podłączcie czerwoną wtyczkę czujnika napięcia do bieguna kondensatora o wyższym potencjale, ponieważ czujnik napięcia mierzy tylko przy tej biegunowości.
6. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko czujnik napięcia.



Przygotowanie doświadczenia

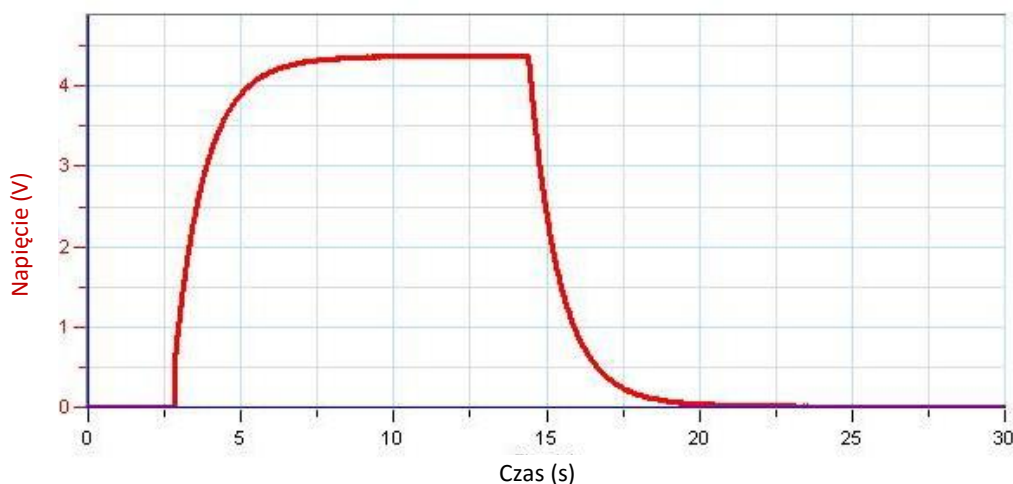
Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik napięcia (± 25 V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	WŁ.
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	2 min



Procedura

1. Przesuńcie przełącznik w położenie „b” (zob. Rys. 2) i odczekajcie kilka sekund, żeby kondensator się całkowicie rozładował.
2. Dotknijcie widocznego na głównym pasku narzędzi polecenia **Start** (🟢). Aplikacja rozpocznie gromadzenie danych. Na ekranie automatycznie pojawi się wykres z wyświetlonym napięciem.
3. Przełączcie w położenia „a”, by rozpocząć ładowanie kondensatora.
4. Gdy kondensator zostanie całkowicie naładowany, przełączcie w położenie „b”, by odnotować proces rozładowania.



Rys. 3

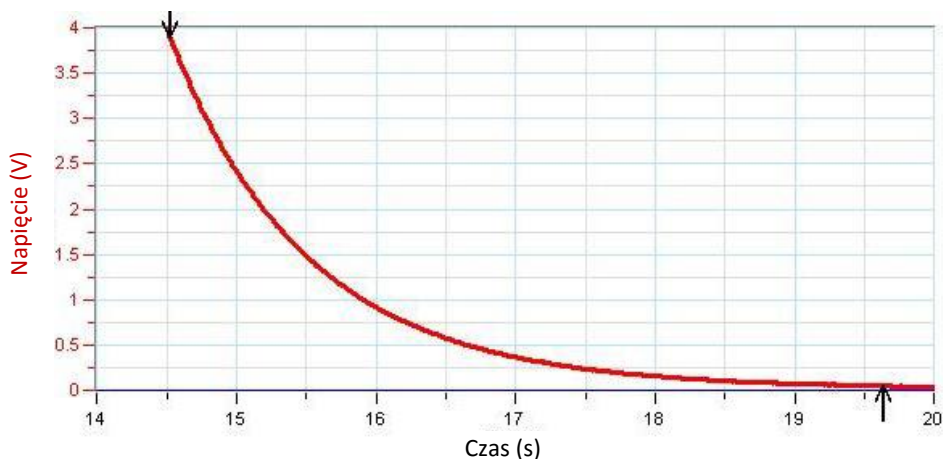
5. Dotknijcie polecenia **Zapisz** (⬇️), aby zapisać dane.



Analiza danych

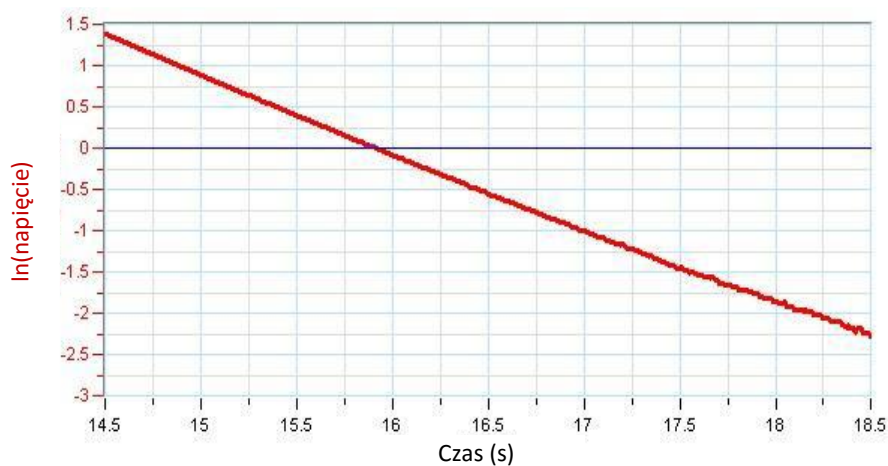
Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Powiększcie część wykresu dotyczącą rozładowania (zob. Rys 4).
2. Za pomocą kursorów wybierzcie część wykresu, która nie zawiera zerowych ani niemal zerowych wartości napięcia (zob. Rys. 4).



Rys. 4

- a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (⊗) znajdującego się obok funkcji **Ln**.
 - c. Na liście rozwijanej **G1** wybierzcie dane dotyczące Napięcia.
 - d. W wyniku tego powstanie wykres zależności $\ln V$ od czasu (Rys. 5).
3. Następnie dopasujcie linię do przetworzonych danych:
- a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. Dotknijcie przycisku **Funkcja liniowa** w menu **Dopasowanie krzywej**.
 - c. Pod osią x wyświetli się pasujący wzór funkcji liniowej.



Rys. 5

- d. Sprawdźcie, czy wasze wyniki odpowiadają teorii (wzór 4), porównując nachylenie z jego przewidywaną wartością.

$$|\text{slope}| = \frac{1}{RC}$$

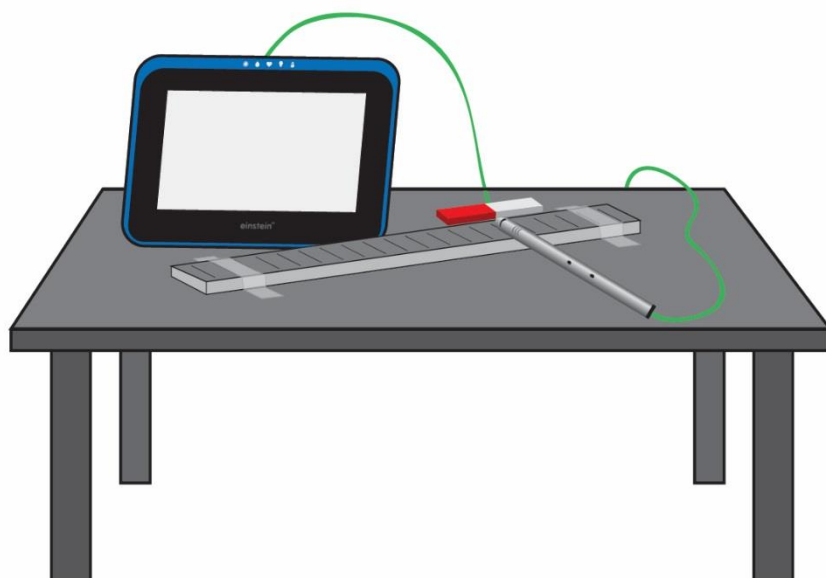


Więcej pomysłów

1. Możecie powtórzyć ten doświadczenie z użyciem innych oporników i kondensatorów.
2. Możecie użyć czujnika prądu jednocześnie z czujnikiem napięcia. Będziecie mieć wtedy wiele możliwości:
 - a. Narysujcie pochodną napięcia po prądzie:
 - i. Dotknijcie przycisku **Funkcja** ($f_{x,}$).
 - ii. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (⚙️) znajdującego się obok funkcji **Pochodna**.
 - iii. Na liście rozwijanej **G1** wybierzcie dane dotyczące Napięcia.
 - iv. Różnica potencjałów między biegunami kondensatora jest proporcjonalna do znajdującego się na nich ładunku, a ponieważ prąd to pochodna ładunku, oczekuje się, że pochodna napięcia będzie proporcjonalna do prądu.
 - b. Narysujcie całkę z prądu po napięciu.
 - i. Dotknijcie przycisku **Funkcja** ($f_{x,}$).
 - ii. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (⚙️) znajdującego się obok funkcji **Całka**.
 - iii. Na liście rozwijanej **G1** wybierzcie prąd.

Rozdział 25

Pole magnetyczne magnesu sztabkowego



Rys. 1



Wstęp

Magnes sztabkowy to niepozorny, prostokątny kawałek metalu, posiadający jednak zdolność wytwarzania wokół siebie pola magnetycznego.

Pole to wywiera wpływ na każdy materiał magnetyczny, jak się w nim znajdzie.


W niniejszym doświadczeniu zbadamy charakter pola magnetycznego otaczającego magnes sztabkowy.



Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik pola magnetycznego
- Magnes sztabkowy
- Linijka (wykonana z innego materiału niż metal)
- Taśma przezroczysta

123 Przygotowanie wyposażenia






1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie czujnik pola magnetycznego do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Ustawcie przełącznik czujnika na niską czułość.
4. Używając przezroczystej taśmy klejącej przymocujcie linijkę do blatu roboczego.
5. Umieście magnes równoległe do linijki, tak, aby wystawała ona co najmniej na 4 cm poza każdy z końców magnesu (zob. Rys. 1). Pozwoli to wykonać mapę pola magnetycznego pokrywającą obszar sięgający 4 cm od magnesu.
6. Rozwińcie menu panelu sterowania czujników i wybierzcie czujnik pola magnetycznego.
7. Upewnijcie się, że ustawieniach pomiarów zaznaczono tylko czujnik Pole magnetyczne.

Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik pola magnetycznego	Pole magnetyczne ± 10 mT (mT)
Częstotliwość pomiarów:	50/sek.
Czas trwania pomiaru:	5 sek.

Procedura

1. Umieście czujnik magnetyczny na linijce tak, aby jego krawędź znalazła się na jej podziałce na zerze. Upewnijcie się, że czujnik jest ułożony prostopadłe do linijki.
2. Dotknijcie polecenia **Start** () za każdym razem, gdy zechcecie wykonać pomiar pola, po czym zapiszcie zmierzoną wartość w zeszytcie.
3. Po każdym pomiarze zapiszcie dane w aplikacji, dotykając znajdującego się na głównym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** (.
4. Dotknijcie przycisku **Start** () na głównym pasku narzędzi. Spowoduje to zarejestrowanie siły pola magnetycznego w punkcie 0 cm.
5. Teraz przesuniecie czujnik pola magnetycznego o 1 cm, nadal zachowując jego prostopadłe położenie do linijki, po czym ponownie dotknijcie przycisku **Start** () zapisując w ten sposób siłę pola magnetycznego w punkcie 1 cm.
6. Powtarzajcie te czynności, za każdym razem przesuwając najpierw prostopadłe ułożony czujnik wzdłuż linijki o kolejny 1 centymetr. Za każdym razem odczytajcie wartość, dotykając przycisku **Start** () aż osiągniesz na podziałce linijki punkt znajdujący się 4 cm poza końcem magnesu.



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

Przyjrzyjcie się zapisanym w zeszycie danym i odpowiedzcie na następujące pytania:

1. Ile wynosiło najsilniejsze dodatnie pole magnetyczne, jakie udało się zmierzyć w okolicy magnesu?
2. W którym miejscu magnesu sztabkowego zostało ono zmierzone?
3. Ile wynosiło najsilniejsze ujemne pole magnetyczne, jakie udało się zmierzyć w okolicy magnesu?
4. W którym miejscu magnesu sztabkowego zostało ono zmierzone?
5. W którym miejscu magnesu sztabkowego pomiar wykazał zerowe pole magnetyczne?
6. Co możecie wywnioskować na podstawie faktu, że pole magnetyczne istniejące wokół magnesu sztabkowego ma zarówno wartości dodatnie, jak i ujemne? Czy dwa magnesy sztabkowe będą się przyciągać czy odpychać?

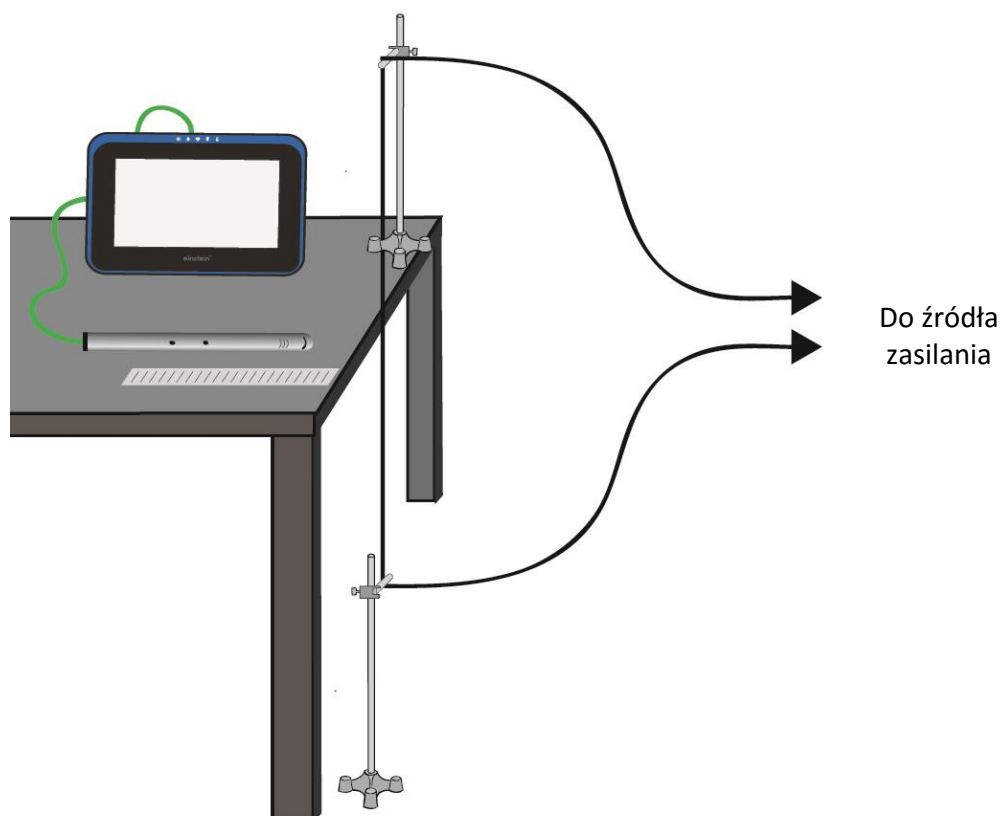


Więcej pomysłów

1. Zbadajcie pole magnetyczne pary magnesów sztabkowych.
2. Zbadajcie pole magnetyczne magnesu podkowiastego (w kształcie litery U).

Rozdział 26

Pole magnetyczne w pobliżu przewodu z prądem



Rys. 1

Wstęp

Prąd elektryczny wytwarza pole magnetyczne. Gdy prąd elektryczny przepływa przez długi przewód, pole magnetyczne (B) w pobliżu przewodu wyraża wzór:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r} \quad (1)$$

gdzie:

μ_0 = przenikalność magnetyczna wolnej przestrzeni (stała magnetyczna)

I = prąd przechodzący przez przewód

R = odległość od przewodu

W tym doświadczeniu użyjemy czujnika pola magnetycznego do zbadania natężenia pola magnetycznego w pobliżu długiego przewodu, w czasie gdy przewodzi prąd.




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik pola magnetycznego
- Długi przewód prądowy (o dł. około 2 m)
- Zasilacz 10A DC
- Statyw (2)
- Zacisk narożny (2)
- Krótki drążek z tworzywa sztucznego (2)
- Linijka (wykonana z innego materiału niż metal)
- Taśma przezroczysta

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik pola magnetycznego do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
 - a. Za pomocą zacisków narożnych przyczepcie drążki z tworzywa sztucznego do statywów.
 - b. Umieście jeden statyw na stole, a drugi na podłodze pod nim.
 - c. Przyklej taśmą przewód do obu drążków z tworzywa sztucznego. Upewnijcie się, że przewód jest ściśle przyczepiony i dotyka brzegu stołu.
 - d. Używając przezrzystej taśmy klejącej, przymocujcie linijkę do blatu roboczego. Upewnijcie się, że podziałka na wysokości znaku zero przylega mocno do przewodu.
 - e. Podłączcie oba końce przewodu do zasilania.
 - f. Ustawcie przełącznik czujnika na wysoką czułość.
4. Rozwińcie menu panelu sterowania czujników i wybierzcie czujnik pola magnetycznego.
5. Upewnijcie się, że ustawieniach pomiarów zaznaczono tylko czujnik Pole magnetyczne.






Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik pola magnetycznego	Pole magnetyczne $\pm 0,2$ mT (mT)
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	5 sek.



Procedura

1. Umieście czujnik magnetyczny na linijce tak, aby jego krawędź znalazła się na jej podziałce na 1 cm. Upewnijcie się, że czujnik jest ułożony prostopadłe do krawędzi stołu (zob. Rys. 1).
2. Dotknijcie przycisku **Miernik** () na dolnym pasku narzędzi. Wybierzcie opcję wyświetlania **Cyfrowe** ().
3. Dotknijcie polecenia **Start** () na głównym pasku narzędzi za każdym razem, gdy zechcecie

odnotować pomiar danych.

4. Odnotujcie natężenie pola magnetycznego w tym momencie, dotykając polecenia **Start** (▶).
5. Włączcie zasilacz i nastawcie go na 10 A.
6. Dotknijcie polecenia **Start** (▶), by odnotować natężenie pola magnetycznego w tym momencie. Odnotujcie tę wartość w tabeli danych.
7. Teraz ustawcie czujnik pola magnetycznego w punkcie 2 cm, nadal zachowując jego prostopadłe położenie do krawędzi stołu. Ponownie dotknijcie polecenia **Start** (▶) i odnotujcie tę wartość w tabeli danych.
8. Przesuwajcie czujnik wzdłuż linijki o 1 cm, za każdym razem dokonując odczytu poprzez dotknięcie polecenia **Start** (▶).

Tabela danych

Pole magnetyczne $B =$ _____ mT = _____ T

Odległość od przewodu (cm)	Odwrotność odległości (1/m)	Pole magnetyczne z tłem (mT)	Pole magnetyczne bez tła (mT)
5			
4			
3			
2			
1			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. W polu **Archiwum** (▲) wybierzcie zestaw danych, które chcecie eksportować.
2. Dotknijcie ikony **Eksportuj dane** (📄➔) na pasku danych i eksportujcie dane w formie pliku .csv.
3. Otwórzcie plik .csv w arkuszu kalkulacyjnym.
4. Uzupełnijcie tabelę danych zgodnie z tytułami podanymi w nagłówkach kolumn. Zwróćcie uwagę na jednostki.
5. Naszkicujcie wykres zależności pola magnetycznego z tłem (oś y) od odległości od przewodu (oś x).
6. Omówcie wykres.
7. Naszkicujcie wykres zależności pola magnetycznego bez tła (oś y) od odwrotności odległości od przewodu (oś x).
8. Narysujcie linię prostą przechodzącą przez punkty danych. Jakie są jednostki nachylenia?
9. Za pomocą nachylenia dopasowanej linii prostej obliczcie μ_0 - (przenikalność magnetyczna wolnej

przestrzeni, czyli stała magnetyczna). Odnotujcie wynik.

10. Porównajcie swoje wyniki ze znaną wartością $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$

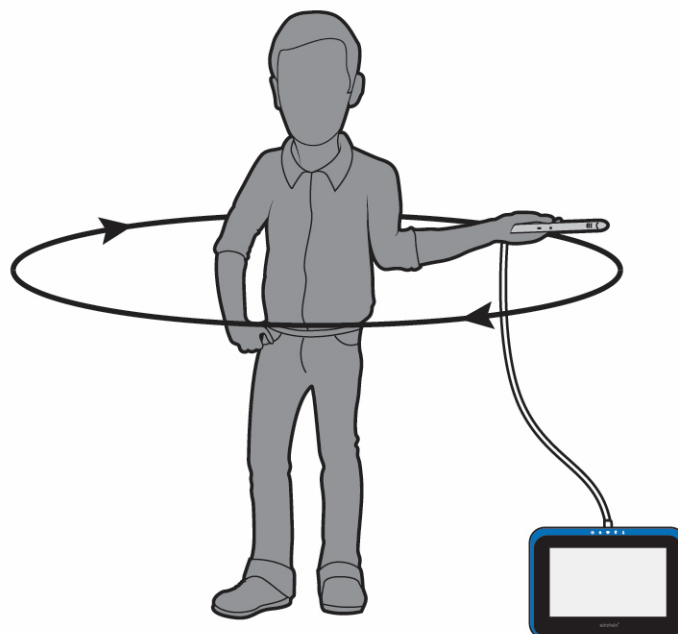


Więcej pomysłów

1. Zbadajcie pole magnetyczne jako funkcję prądu.
2. Zbadajcie pole magnetyczne dwóch równoległych długich przewodów przewodzących prąd w przeciwnych kierunkach.
3. Zbadajcie pole magnetyczne dwóch równoległych długich przewodów przewodzących prąd w tym samym kierunku.

Rozdział 27

Pole magnetyczne Ziemi



Rys. 1



Wstęp

W tym doświadczeniu zbadamy pole magnetyczne Ziemi. Ustalimy jego siłę i kierunek oraz inklinację.



Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik pola magnetycznego
- Kompas
- Kątomierz
- Pion (lub poziomica)

123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (🔧).
2. Podłączcie czujnik pola magnetycznego do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Ustawcie przełącznik czujnika na wysoką czułość.
4. W oknie **Ustawienia czujników** rozwińcie menu i wybierzcie z niego czujnik pola magnetycznego.
5. W oknie **Ustawienia czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie urządzenia do doświadczenia zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w sekcji **Pomiary** zaznaczono tylko czujnik pola magnetycznego.

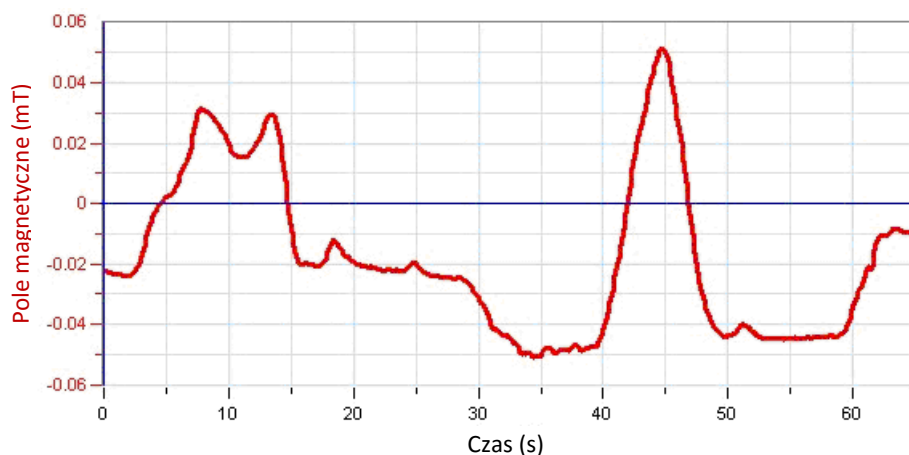
Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik pola magnetycznego	Pole magnetyczne $\pm 0,2$ mT (mT)
Częstotliwość pomiarów:	10/sek.
Czas trwania pomiaru:	50 sek.

Procedura

1. Wyszukajcie w pracowni miejsce najbardziej oddalone od wszystkich znajdujących się w niej przedmiotów wykonanych z materiałów ferromagnetycznych i źródeł pól magnetycznych. Musi w nim znajdować się wystarczająco dużo miejsca, aby można było się obrócić o 360 stopni z rękami wyciągniętymi na boki.
2. Wybierzcie polecenie **Start** (▶), aby rozpocząć rejestrowanie danych.
3. Weź czujnik w dłoń i wyciągnijcie ją na pełną długość ramienia. Przytrzymując czujnik w wyciągniętej ręce, wykonajcie z nim pełny obrót w płaszczyźnie poziomej względem swojej osi. Uważajcie przy tym, aby czujnik przez cały obrót znajdował się w takiej samej odległości od podłogi.
4. Następnie wyszukajcie kąt, dla których mierzone przez czujnik wartości pola są największe i pozostajcie w tej pozycji (zob. Rys. 2). Teraz obróćcie czujnik o pełny obrót w płaszczyźnie pionowej.



Rys. 2



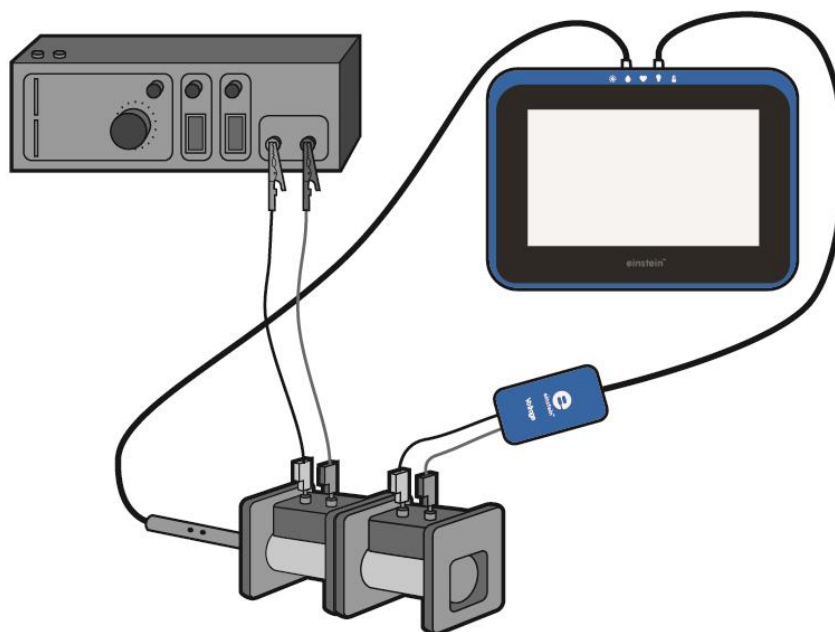
Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Powiększ fragment wykresu zapisany podczas obrotu w płaszczyźnie pionowej.
2. Za pomocą dwóch kursorów znajdźcie i zaznaczcie na tej części wykresu jej maksimum i minimum. Różnica między tymi dwoma skrajnymi punktami wyświetli się na pasku informacyjnym pod oknem wykresu. Powinna ona być równa dwukrotności wartości pionowej składowej pola magnetycznego Ziemi.
3. Zanotujcie tę wartość w zeszycie.
4. Powiększ wykres, tym razem powiększając fragment zawierający dane zapisane podczas obracania się z czujnikiem w płaszczyźnie poziomej.
5. Za pomocą dwóch kursorów znajdźcie i zaznaczcie na tej części wykresu jej maksimum i minimum. Różnica między tymi dwoma skrajnymi wartościami wyświetli się na pasku informacyjnym pod oknem wykresu. Powinna ona być równa dwukrotności wartości poziomej składowej pola magnetycznego Ziemi.
6. Zanotujcie tę wartość w zeszycie.
7. Na podstawie tych dwóch wartości określ kąt inklinacji pola magnetycznego Ziemi.
8. Zanotujcie go w zeszycie.

Rozdział 28

Prąd indukcyjny a siła elektromotoryczna



Rys. 1

Wstęp

Indukcja elektromagnetyczna to tworzenie różnicy potencjałów elektrycznych (czyli napięcia) w przewodniku umiejscowionym w zmiennym polu magnetycznym. Pierwszą osobą, która opisała to zjawisko matematycznie, był Michael Faraday. Ustalił on, że siła elektromotoryczna (SEM) wytwarzana wzdłuż zamkniętej ścieżki jest proporcjonalna do tempa zmiany strumienia indukcji magnetycznej przechodzącego przez dowolną powierzchnię ograniczoną tą ścieżką. W praktyce oznacza to, że w zamkniętym obwodzie znajdującym się w zmiennym polu magnetycznym zaczną płynąć prąd, w momencie gdy strumień indukcji pola magnetycznego przechodzącego przez powierzchnię rozpiętą na tym obwodzie ulegnie zmianie. Dotyczy to zarówno sytuacji, gdy pole magnetyczne zmieni swoje natężenie, jak i sytuacji, gdy przyczyną zaistnienia siły elektromotorycznej powodującej przepływ prądu w znajdującym się w polu przewodniku będzie ruch przewodnika.

Matematycznie prawo Faradaya wyraża wzór:

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

gdzie:

ε = siła elektromotoryczna (SEM) wytwarzana wzdłuż zamkniętej ścieżki

Φ = strumień indukcji magnetycznej przechodzący przez dowolną powierzchnię ograniczoną tą ścieżką

W tym doświadczeniu zbadamy powyższą zależność.




Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)
- Czujnik pola magnetycznego
- Dwa uzwojenia o tych samych wymiarach. Jedno z nich obejmujące około 500 zwojów (uzwojenie o małej liczbie zwojów), a drugie obejmujące około 10 000 zwojów (uzwojenie o dużej liczbie zwojów)
- Generator sygnału z końcówką mocy
- Przewody do wykonania połączeń

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie czujnik pola magnetycznego do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Podłączcie czujnik napięcia do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
4. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
 - a. Umieśćcie uzwojenia na stole zwrócone ku sobie.
 - b. Podłączcie uzwojenie o małej liczbie zwojów (uzwojenie pierwotne) do zasilania.
 - c. Podłączcie uzwojenie o dużej liczbie zwojów (uzwojenie wtórne) do czujnika napięcia.
 - d. Włóżcie czujnik pola magnetycznego do uzwojenia o małej liczbie zwojów.
5. Ustawcie przełącznik czujnika na wysoką czułość.
6. Rozwińcie menu panelu sterowania czujników i wybierzcie czujnik pola magnetycznego.
7. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko czujnik pola magnetycznego i napięcia.






Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik pola magnetycznego	Pole magnetyczne $\pm 0,2$ mT (mT)
Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	100/sek.
Czas trwania pomiaru:	10 sek.






Procedura

1. Włączcie generator sygnału.
2. Nastawcie generator sygnału na częstotliwość 1 Hz i trójkątny kształt fali.
3. Dotknijcie polecenia **Start** (), aby rozpocząć gromadzenie danych.
4. Oczekajcie 20 sekund, a następnie dotknijcie polecenia **Stop** ().
5. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ().
6. Zmieńcie częstotliwość generatora sygnału na 2 Hz i powtórzcie kroki 3 to 5.
7. Powróćcie do częstotliwości 1Hz i zmieńcie kształt fali generatora sygnału na sinusoidalny, następnie powtórzcie kroki 3 to 6.

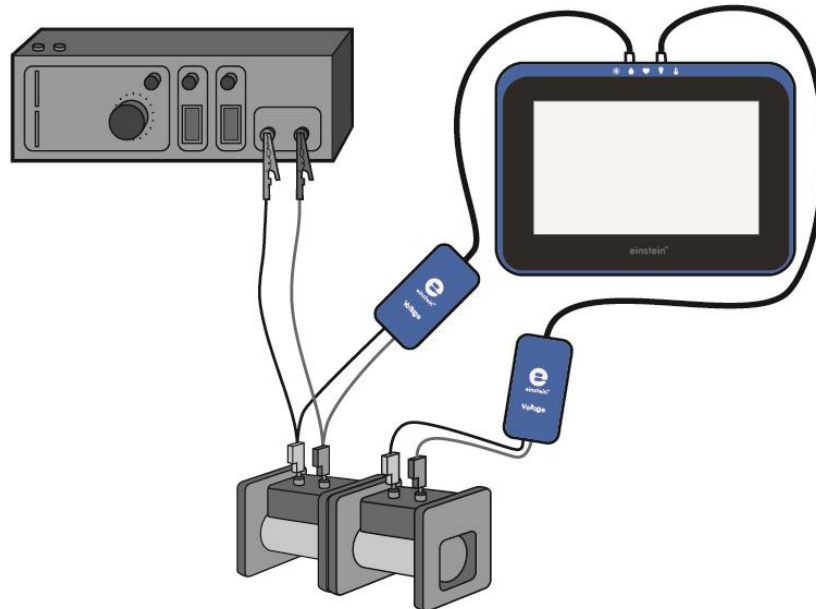


Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Wybierzcie polecenie **Archiwum** (), a następnie wybierzcie i wyświetlcie pierwszy stworzony wykres.
2. Omówcie wykres w świetle prawa indukcji elektromagnetycznej Faradaya (wzór (1)).
3. Wybierzcie polecenie **Archiwum** (), a następnie wybierzcie i wyświetlcie drugi stworzony wykres.
4. Omówcie wykres w świetle prawa indukcji elektromagnetycznej Faradaya. Jaki był skutek podwojenia częstotliwości?
5. Wybierzcie polecenie **Archiwum** (), a następnie wybierzcie i wyświetlcie trzeci stworzony wykres.
6. Omówcie wykres w świetle prawa indukcji elektromagnetycznej Faradaya. Czy wykres indukowanego napięcia odpowiada pochodnej funkcji pola magnetycznego?

Transformator



Rys. 1

Wstęp

Gdy przez uzwojenie przepływa prąd przemienny, tworzy się zmienne pole magnetyczne. To pole magnetyczne jest proporcjonalne do liczby zwojów na uzwojeniu. W przypadku nieskończenie długiego solenoidu pole magnetyczne B wyraża wzór:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \quad (1)$$

gdzie:

μ_0 = przenikalność magnetyczna wolnej przestrzeni (stała magnetyczna)

N = liczba zwojów na uzwojeniu

I = prąd przechodzący przez solenoid

ℓ = długość solenoidu

Jeżeli mamy dwa uzwojenia o różnej liczbie zwojów, N_1 i N_2 , możemy przepuścić prąd przez jedno uzwojenie i użyć powstałego w ten sposób zmiennego pola magnetycznego do indukowania siły elektromagnetycznej na drugim uzwojeniu, umieszczając je w pobliżu tego pola magnetycznego. Jeżeli użyjemy prawa Faradaya, okaże się, że wynikająca z tego siła elektromagnetyczna jest równa:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (2)$$

gdzie:

N = liczba zwojów na uzwojeniu

\mathcal{E} = siła elektromotoryczna (SEM) indukowana na uzwojeniu.

Φ = strumień indukcji magnetycznej przechodzący przez uzwojenie.

Zakładając, że całość strumienia indukcji magnetycznej wywołanego przez pierwsze (pierwotne) uzwojenie przepływa przez drugie (wtórne) uzwojenie, uzyskujemy równanie transformatora:

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (3)$$

Gdzie \mathcal{E}_1 i N_1 to siła elektromotoryczna i liczba zwojów uzwojenia pierwotnego, przez które prąd jest przepuszczany. \mathcal{E}_2 i N_2 to siła elektromotoryczna i liczba zwojów uzwojenia wtórnego, na którym indukowana jest siła elektromotoryczna.

W tym zadaniu zbadamy wzór (3).




Wypożyczenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik napięcia (± 25 V)
- Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)
- Generator sygnału
- Zasilanie
- Uzwojenie (400 zwojów)
- Uzwojenie (1600 zwojów)
- Twornik
- Rdzeń U z twornikiem
- Kable pomiarowe (2)

123

Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie czujnik napięcia $\pm 2,5$ do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate, a następnie podłączcie wtyczki bananowe do uzwojenia o 400 zwojach (uzwojenia pierwotnego).
3. Podłączcie czujnik napięcia ± 25 do jednego ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate, a następnie podłączcie wtyczki bananowe do uzwojenia o 1600 zwojów (uzwojenia wtórnego).
4. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
 - a. Za pomocą kabli pomiarowych podłączcie uzwojenie o 400 zwojach (uzwojenie pierwotne) do końcówki mocy generatora sygnału.
 - b. Umieśćcie uzwojenie o 1600 zwojów (uzwojenie wtórne) obok uzwojenia pierwotnego.
5. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko te dwa czujniki napięcia.



Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:




Czujnik napięcia ($\pm 2,5$ V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.

Czujnik napięcia (± 25 V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	100/sek.
Czas trwania pomiaru:	20 sek.



Procedura

- Włączcie generator sygnału i ustawcie go na wartości:

napięcie wyjściowe:	~ 2 V
częstotliwość:	5 Hz
kształt fali:	sinusoidalny
- Dotknijcie widocznego na głównym pasku narzędzi polecenia **Start** () . Aplikacja rozpocznie gromadzenie danych.
- Po kilku sekundach dotknijcie polecenia **Stop** () .
- Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** () .
- Za pomocą kursorów zmierzcie spadki napięcia na uzwojeniu pierwotnym i wtórnym. Odnotujcie wartości w zeszycie.
- Włóżcie twornik do obu uzwojeń i powtórzcie kroki 2 do 5.
- Zamontujcie uzwojenia na rdzeniu U i zamknijcie je twornikiem, a następnie powtórzcie doświadczenie.
- Powtórzcie kroki 2 do 5.
- Ustawcie częstotliwość generatora sygnału na 50 Hz i zwiększ częstotliwość zapisu rejestratora do 1000 pomiarów na sekundę.
- Powtórzcie kroki 2 do 5.



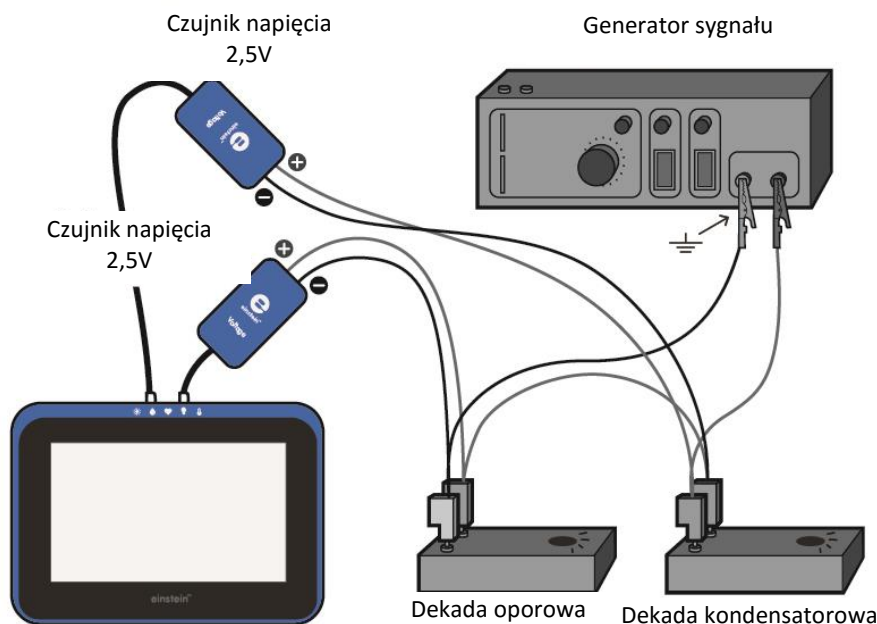
Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

- Jak zmieniły się odczyty po włożeniu twornika?
- Jaki był skutek zamontowania uzwojeń na rdzeniu U?
- Wyjaśnijcie rolę rdzenia.
- Porównajcie działanie transformatora przy częstotliwości 5 Hz z działaniem przy częstotliwości 50 Hz.
- Czy wasze wyniki odpowiadają wzorowi (3)? Wyjaśnijcie.

Rozdział 30

Kondensator w prądzie przemiennym



Rys. 1



Wstęp

Gdy kondensator C i opornik R są połączone szeregowo ze źródłem napięcia AC, reaktancję kondensatora, X_C , definiuje się jako:

$$X_C = \frac{V_{C,max}}{I_{C,max}} \quad (1)$$

gdzie:

$V_{C,max}$ = maksymalna wartość różnicy potencjałów na kondensatorze

$I_{C,max}$ = maksymalna wartość prądu

Reaktancję X_C można pokazać jako:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2)$$

gdzie:

f = częstotliwość

Między V_C , różnicą potencjałów pomiędzy biegunami kondensatora, a prądem I_C istnieje przesunięcie fazowe $\pi/2$.

Przesunięcie fazowe ϕ istnieje również między napięciem generatora sygnału a prądem. To przesunięcie fazowe wyraża wzór:

$$\tan \phi = \frac{1}{2\pi fRC} \quad (3)$$


W tym doświadczeniu zbadamy i zweryfikujemy podane wzory.

Sekcja Analiza danych została podzielona na kilka niezależnych części. Nie musicie wykonywać wszystkich z nich.

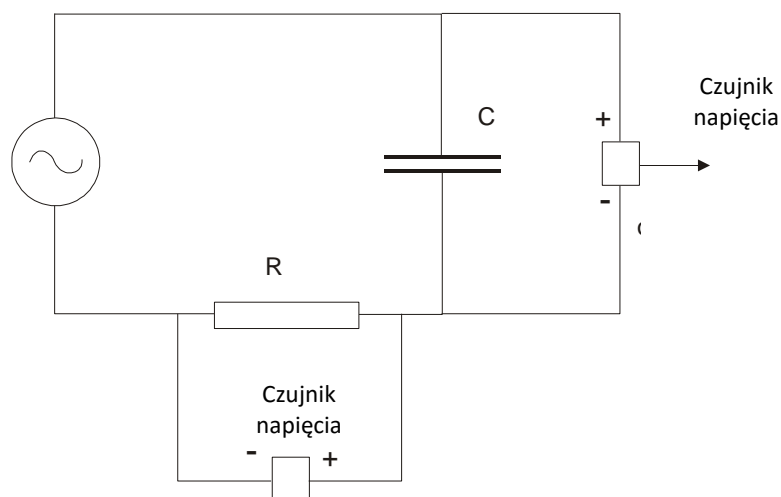
Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujniki napięcia $\pm 2,5$ V (lub ± 25 V) (2)
- Dekada kondensatorowa
- Dekada oporowa
- Generator sygnału

123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB (.
2. Podłączcie czujniki napięcia do złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Przygotujcie obwód elektryczny, jak pokazano na Rys. 1 i 2.
4. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko te dwa czujniki napięcia.

Uwaga: Biegunowość czujników jest bardzo ważna dla pomiarów fazy względnej prądu i napięcia.



Rys. 2



Przygotowanie doświadczenia

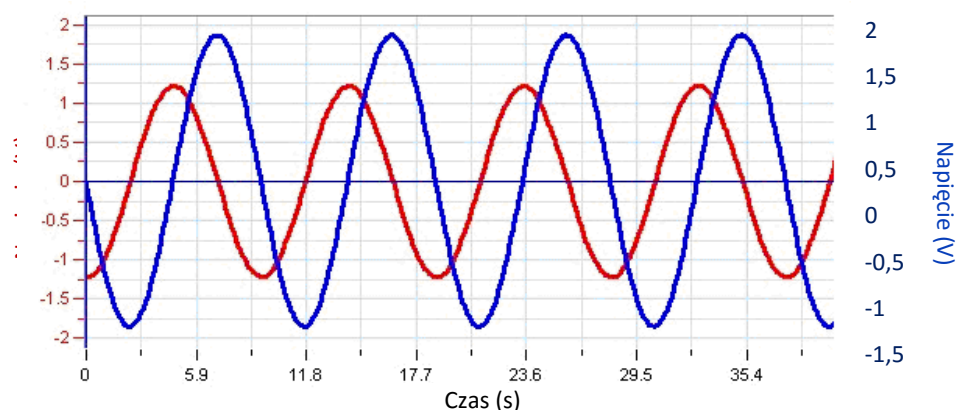
Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

Czujnik napięcia $\pm 2,5$ V (lub ± 25 V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Czujnik napięcia $\pm 2,5$ V (lub ± 25 V)	Napięcie (V)
Ustaw na zero	Wł.
Częstotliwość pomiarów:	1000 pomiarów na sekundę
Czas trwania pomiaru:	2 sek.



Procedura

1. Włączcie generator sygnału. Nastawcie częstotliwość 100 Hz.
2. Wybierzcie kondensator $1\mu\text{F}$ i opornik $1000\ \Omega$.
3. Dotknijcie widocznego na głównym pasku narzędzi polecenia **Start** (🟢). Aplikacja rozpocznie gromadzenie danych.
4. Zapiszcie dane, dotykając na głównym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** (📄).



Rys. 3



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: [Praca z wykresami w aplikacji MiLAB](#).

Zbadajcie przesunięcia fazowe między spadkiem napięcia na kondensatorze a spadkiem napięcia na oporniku:

1. Powiększcie, aby wyświetlić jeden lub dwa okresy napięcia.
2. Za pomocą kursorów zmierzcie okres τ i częstotliwość f . Odnotujcie te wartości w zeszycie.
3. Czy spadek napięcia na kondensatorze wyprzedza spadek napięcia na oporniku czy jest w stosunku do niego opóźniony?
4. Jakie jest przesunięcia fazowe między tymi dwoma krzywymi?

Zbadajcie moc rozpraszaną przez kondensator:

1. Korzystając z wykresu zależności napięcia od czasu dla opornika, stwórzcie wykres zależności prądu od czasu:
 - a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (\otimes) znajdującego się obok funkcji **Funkcja liniowa**. W ten sposób przeprowadzone zostanie działanie: $A \cdot G1 + B$.
 - c. W polu edycji A wpiszcie wartość $1/R$ dla opornika użytego w doświadczeniu (1000Ω), a w polu edycji B wpiszcie 0.
 - d. Z listy rozwijanej **G1** wybierzcie dane dotyczące napięcia opornika zmierzone w tym doświadczeniu.
 - e. W polu edycji **Nazwa** wpiszcie Prąd, I ; w polu edycji **Jednostka** wpiszcie A, a następnie wybierzcie **OK**.
2. Stwórzcie wykres mocy rozpraszanej przez kondensator, mnożąc wartość prądu przez napięcie kondensatora:
 - a. Dotknijcie przycisku **Funkcja** (f_x).
 - b. W menu **Funkcje matematyczne** dotknijcie przycisku **Konfiguracja** (\otimes) znajdującego się obok funkcji **Mnożenie**. W ten sposób przeprowadzone zostanie działanie: $(A \cdot G1) \cdot (B \cdot G2)$.
 - c. Z listy rozwijanej **G1** wybierzcie obliczone powyżej dane. Z listy rozwijanej **G2** wybierzcie dane dotyczące napięcia kondensatora zmierzone w tym doświadczeniu.
 - d. W polu edycji **A i B** wpiszcie wartość 1.
 - e. W polu edycji **Nazwa** wpiszcie Moc; w polu edycji **Jednostka** wpiszcie W, a następnie wybierzcie **OK**.

Z powstałego w ten sposób wykresu powinno jasno wynikać, że średnia wartość mocy kondensatora wynosi zero.

Reaktancja jako funkcja częstotliwości:

1. Wybierzcie kondensator o pojemności $5 \mu\text{F}$ i częstotliwości 40 Hz i powtórzcie doświadczenie.
2. Za pomocą kursorów zmierzcie maksymalne wartości napięcia opornika V_R i napięcia kondensatora V_C . Odnotujcie te wartości w zeszycie.
3. Obliczcie I_m , maksymalną wartość prądu ($I_m = V_R/R$), i X_C , wartość reaktancji ($X_C = V_C/I_m$).
4. Powtórzcie doświadczenie z różnymi wartościami częstotliwości: 40 Hz , 80 Hz , 120 Hz , 160 Hz i 200 Hz . Obliczcie X_C dla każdej częstotliwości, postępując zgodnie z powyższymi krokami.
5. Stwórzcie wykres zależności X_C od $1/f$ za pomocą stosownego arkusza kalkulacyjnego lub programu do tworzenia wykresów.
6. Dopasujcie linię do danych ujętych na wykresie i określcie nachylenie linii.
7. Porównajcie nachylenie z oczekiwaną wartością teoretyczną:

$$\text{nachylenie} = \frac{1}{2\pi C} \quad (4)$$

Faza jako funkcja częstotliwości:

1. Odłączcie czujnik napięcia od biegunów kondensatora i podłączcie je do biegunów generatora sygnału (punkty A i B na Rys. 1). Ujemny (czarny) biegun czujnika napięcia powinien być podłączony do punktu A, a dodatni (czerwony) biegun powinien być podłączony do punktu B. Pozostawcie drugi czujnik napięcia podłączony do biegunów opornika.

2. Dotknijcie polecenia **Start** (🟢), aby rozpocząć rejestrowanie danych.
3. Zapiszcie dane, dotykając na głównym pasku narzędzi przycisku **Zapisz** (📄).
4. Powiększcie, aby wyświetlić tylko jeden okres napięcia opornika.
5. Zmierzcie przesunięcie fazowe między napięciem generatora sygnału a prądem (prąd jest reprezentowany przez napięcie opornika):
 - a. Za pomocą kursorów zmierzcie okres τ .
 - b. Za pomocą kursora zmierzcie t_1 , czas, w którym zaczyna się jeden okres napięcia opornika.
 - c. Za pomocą kursora zmierzcie t_2 , czas, w którym zaczyna się jeden okres napięcia generatora sygnału.
6. Obliczcie przesunięcie fazowe ϕ :

$$\phi = 2\pi \frac{t_1 - t_2}{\tau} \quad (5)$$

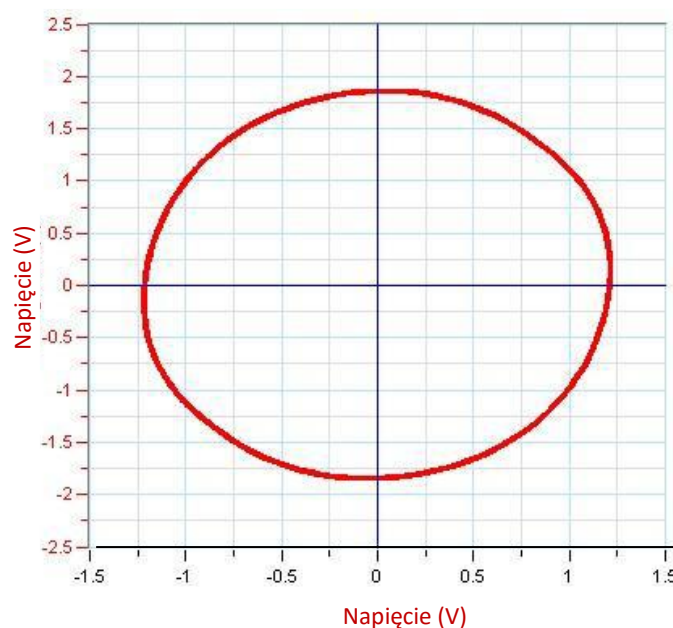
7. Obliczcie $\text{tg}(\phi)$. Pamiętajcie, że ϕ podaje się w radianach.
8. Powtórzcie doświadczenie z różnymi wartościami częstotliwości: 40 Hz, 80 Hz, 120 Hz, 160 Hz i 200 Hz. Obliczcie $\text{tg}(\phi)$ dla każdej częstotliwości, postępując zgodnie z poniższymi krokami b-e.
9. Stwórzcie wykres zależności $\text{tg}(\phi)$ od $1/f$. Dopasujcie funkcję liniową do tego wykresu i porównajcie nachylenie z oczekiwaną wartością teoretyczną:

$$\text{nachylenie} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (6)$$



Więcej pomysłów

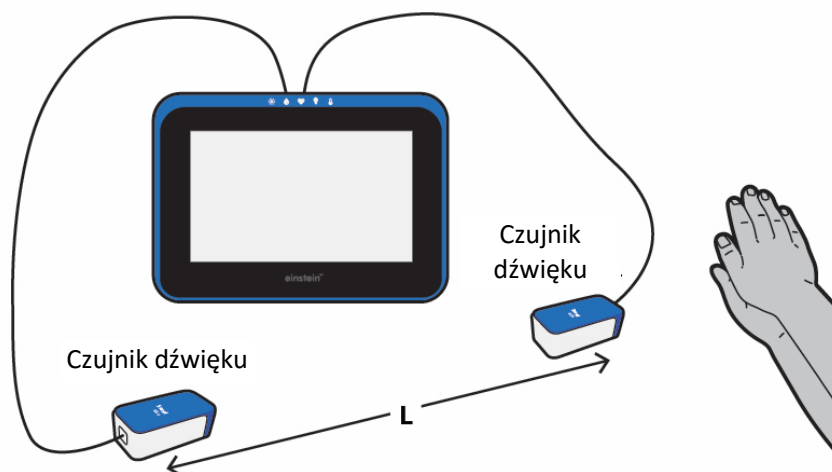
1. Wyświetlcie wykres zależności spadku napięcia na kondensatorze od spadku napięcia na oporniku. Wynikiem będzie elipsa, której osie to oś x i y . Jest to dowód na to, że przesunięcie fazowe między napięciem V_C a prądem (reprezentowanym przez napięcie opornika) w rzeczywistości wynosi $\pi/2$.
2. Możecie zbadać X_C i ϕ jako funkcję mocy: powtórzcie opisane powyżej doświadczenie z różnymi wartościami pojemności.



Rys. 4

Rozdział 31

Pomiar prędkości dźwięku



Rys. 1


Wstęp

W tym doświadczeniu zmierzmy czas potrzebny do tego, by ostry dźwięk przebył odległość między dwoma mikrofonami. Prędkość dźwięku w tej sytuacji mierzy się, dzieląc odległość między mikrofonami przez czas, jaki zajęło dźwiękowi przebycie odległości między nimi. W ten sposób można mierzyć prędkość dźwięku w powietrzu, drewnie i metalu.

Wyposażenie

- Tablet einstein™Tablet+ z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android/iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik mikrofonowy (2)
- Młotek
- Opcjonalnie:
 - Długi żelazny pręt (minimum 2 m)
 - Długi pręt z aluminium (minimum 2 m)
 - Długa drewniana powierzchnia (stół o długości 2 m będzie odpowiedni)

123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ()
2. Podłączcie czujniki mikrofonowe do dwóch ze złączy tabletu einstein™Tablet+ lub zestawu czujników einstein™LabMate.
3. Umieśćcie dwa mikrofony w odległości co najmniej 2 m od siebie, tak by oba były skierowane do źródła dźwięku (zob. Rys. 1).
4. Upewnijcie się, że zaznaczono tylko czujniki mikrofonowe.


Przygotowanie doświadczenia

Zaprogramujcie czujnik tak, aby rejestrował dane zgodnie z następującymi założeniami:



Czujnik mikrofonowy	Mikrofon
Częstotliwość pomiarów:	1000 pomiarów na sekundę
Czas trwania pomiaru:	2 sek.

Procedura

Pomiar prędkości dźwięku w powietrzu:

1. Zmierzcie odległość między mikrofonami i odnotujcie tę wartość w zeszyście.
2. Dotknijcie polecenia **Start** () , aby rozpocząć rejestrowanie danych.

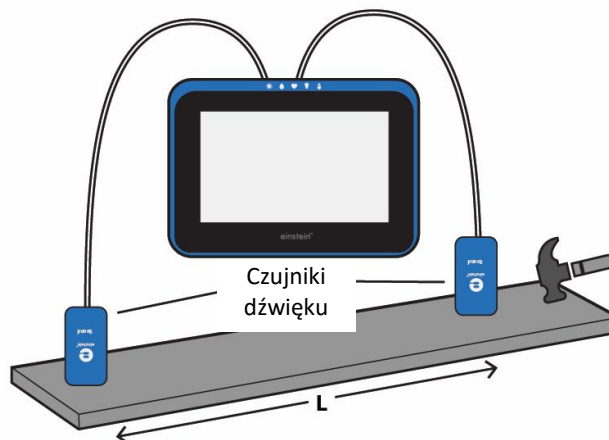
Uwaga: Macie około dwóch sekund na wykonanie doświadczeniu.

3. Wykonajcie ostry dźwięk. Dźwięk musi być ostry (musi mieć nagły początek), krótki i głośny. Może to być, na przykład, klaśnięcie w dłoń. Inną opcją jest uderzenie metalowego przedmiotu młotkiem. Zanim zdecydujesz, która wersja najbardziej ci odpowiada, przeprowadźcie kilka doświadczeń.
4. Aby przerwać doświadczenie, użyjcie przycisku **Stop** () .
5. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** () .

Pomiar prędkości dźwięku w drewnie i metalu:

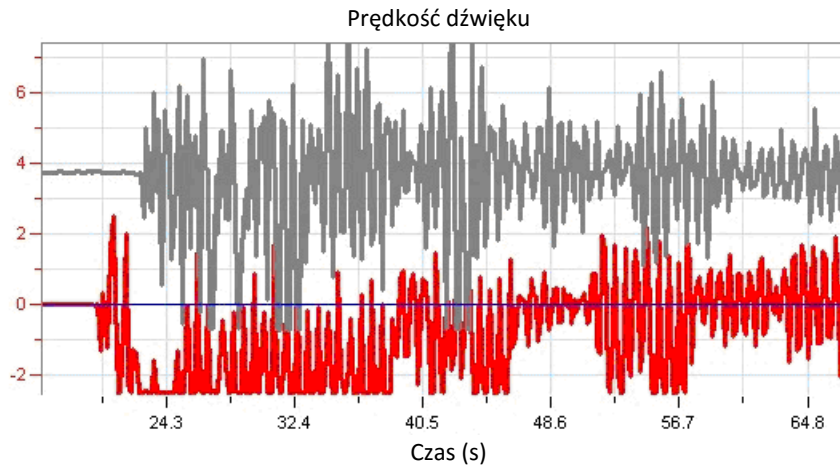
Umieśćcie mikrofony na długim pręcie wykonanym z dowolnego materiału, tak aby były skierowane do dołu (zob. Rys. 2). Odległość między mikrofonami powinna być jak największa (najlepiej ponad 3 m).

Uwaga: Za pomocą taśmy klejącej zamocujcie mikrofony do dołu.



Rys. 2

5. Po przygotowaniu następnego doświadczenia powtórzcie kroki 2 **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** do **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** opisane w poprzedniej sekcji (Pomiar prędkości dźwięku w powietrzu). Pamiętaj, by zapisać każdy doświadczenie. Ponadto w przypadku pomiaru prędkości dźwięku w takich materiałach jak aluminium czy drewno ostry dźwięk powinien być wydawany przez ten materiał (dobrze się sprawdzi uderzenie aluminiowego albo drewnianego pręta młotkiem).



Rys. 3



Analiza danych

Więcej informacji na temat pracy z wykresami: **Praca z wykresami w aplikacji MiLAB.**

1. Powiększcie część wykresu pokazującą, gdzie dźwięk dotarł do mikrofonów.
2. Za pomocą kursora zmierzcie czas, w którym dźwięk dotarł do pierwszego mikrofonu, a następnie przesuńcie kursor i umieśćcie go na wykresie drugiego mikrofonu, by zmierzyć czas, w którym dźwięk dotarł do drugiego mikrofonu.
3. Obliczcie prędkość dźwięku:

$$v = \frac{\ell}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

gdzie:

v = prędkość dźwięku

ℓ = długość nośnika

t = czas

4. Powtórzcie tę samą procedurę dla każdego materiału.
5. Porównajcie wyniki pochodzące z różnych materiałów i porównajcie je z ich wartościami rzeczywistymi: spróbujcie rozważyć przyczyny (ewentualnego) odchylenia.



Więcej informacji o produktach **einstein™** na stronie:



Autoryzowanym dystrybutorem produktów **einstein™** w Polsce jest VIDIS S.A.

ALBERT EINSTEIN and EINSTEIN are either trademarks or registered trademarks of The Hebrew University of Jerusalem. Represented exclusively by GreenLight. Official licensed merchandise. Website: einstein.biz © 2014 Fourier Systems Ltd. All rights reserved. Fourier Systems Ltd. logos and all other Fourier product or service names are registered trademarks or trademarks of Fourier Systems. All other registered trademarks or trademarks belong to their respective companies. **einstein™**World LabMate, **einstein™**Activity Maker, MultiLab, MiLAB and Terra Nova, are registered trademarks or trademarks of Fourier Systems LTD. First Edition, April 2014.