

# Doświadczenia z chemii

## z MiLAB Desktop™



imagine • explore • learn  
[www.einsteinworld.com](http://www.einsteinworld.com)

# Spis treści

Spis doświadczeń wg czujników	4
Przedmowa	6
Reakcje endotermiczne: rozpuszczanie azotanu amonu w wodzie	14
Reakcje endotermiczne: mieszanie kryształów wodorotlenku baru z zotocyjanianem amonu	18
Reakcje endotermiczne: reakcja roztworu kwasu cytrynowego z sodą oczyszczoną	22
Reakcje egzotermiczne: rozpuszczanie NaOH w wodzie	26
Miareczkowanie alkacymetryczne: reakcja NaOH z HCl	30
Reakcje redukcji i utleniania (redoks): reakcja chlorku miedzi z aluminium	35
Kataliza chemiczna: rozkład H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> w obecności MnO <sub>2</sub>	39
Prawo Hessa: zachowanie energii w chemii	44
Ciepło spalania	48
Wartość energetyczna produktów spożywczych	52
Wartość energetyczna paliw	57
Prawo Boyle'a-Mariotte'a	61
Wpływ zmian temperatury powietrza na ciśnienie powietrza: ogólne równanie stanu gazu	64
Przewodność słonej wody	69
Prawo Lamberta-Beera	72
Badanie płomienia	76
Krzepnięcie i topnienie wody	79
Jeszcze raz o temperaturze krzepnięcia	82
Równowaga reakcji chemicznych: określanie stałej, K <sub>c</sub>	85



## SPIS DOŚWIADCZEŃ WG CZUJNIKÓW



### Kolorymetr

15. Prawo Lamberta-Beera 72
19. Równowaga reakcji chemicznych: określanie stałej  $K_c$  85



### Czujnik przewodności

14. Przewodność słonej wody 69



### Czujnik pH

4. Reakcje egzotermiczne: rozpuszczanie NaOH w wodzie 26
5. Miareczkowanie alkacymetryczne: reakcja NaOH z HCl 30



### Czujnik ciśnienia (150 –1150 mbar)

7. Kataliza chemiczna: rozkład  $H_2O_2$  w obecności  $MnO_2$  39
12. Prawo Boyle'a-Mariotte'a 61
13. Wpływ zmian temperatury powietrza na ciśnienie powietrza: ogólne równanie stanu gazu 64



### CZUJNIK TEMPERATURY (-40°C DO 140°C)

1. Reakcje endotermiczne: rozpuszczanie azotanu amonu w wodzie 14
2. Reakcje endotermiczne: mieszanie kryształów wodorotlenku baru z izotiocyanianem amonu 18
3. Reakcje endotermiczne: reakcja roztworu kwasu cytrynowego z sodą oczyszczoną 22
4. Reakcje egzotermiczne: rozpuszczanie NaOH w wodzie 26
5. Miareczkowanie alkacymetryczne: reakcja NaOH z HCl 30
6. Reakcje redukcji i utleniania (redoks): reakcja chlorku miedzi z aluminium 35
8. Prawo Hessa: zachowanie energii w chemii 44
9. Ciepło spalania 48
10. Wartość energetyczna produktów spożywczych 52
11. Wartość energetyczna paliw 57
13. Wpływ zmian temperatury powietrza na ciśnienie powietrza: ogólne równanie stanu gazu 64

17. Krzepnięcie i topnienie wody 79

18. Jeszcze raz o temperaturze krzepnięcia 82



**Czujnik temperatury (0°C do 1250°C)**

16. Badanie płomienia 76

# Przedmowa

Niniejsza książka zawiera 20 doświadczeń chemicznych dla uczniów, przygotowanych do wykonania z wykorzystaniem oprogramowania MiLAB4™, zintegrowanego zestawu czujników einstein™ LabMate oraz czujników zewnętrznych einstein™. Najnowszą wersję MiLAB4 można pobrać z portalu edukacyjnego FOURIER (<http://fourieredu.com>).

Dla wygody dodaliśmy indeks, w którym doświadczenia zostały uporządkowane według wykorzystywanego czujnika.

## einstein™ LabMate

Zestaw czujników einstein™ LabMate obejmuje następujące elementy:

6 wbudowanych czujników:


- czujnik tętna
  - czujnik temperatury
  - czujnik wilgotności
  - czujnik ciśnienia
  - czujnik promieniowania nadfioletowego
  - czujnik światła
- + 4 gniazda do podłączania czujników zewnętrznych

Czujniki zewnętrzne można podłączyć poprzez włożenie końcówki kabla czujnika do jednego z gniazd czujnikowych.

## Podłączanie zestawu czujników einstein™ LabMate

1. Naciśnijcie przycisk zasilania na górnej ściance urządzenia, aby je włączyć.
2. Po uruchomieniu się zestawu einstein™ LabMate zobaczycie migającą kontrolkę w kolorze zielonym, niebieskim lub czerwonym i zielonym:
  - niebieska migająca kontrolka oznacza, że zestaw einstein™ LabMate jest włączony i sparowany z komputerem,
  - zielona migająca kontrolka oznacza, że zestaw einstein™ LabMate jest włączony, ale nie został sparowany z komputerem,
  - czerwono-zielona migająca kontrolka oznacza niski poziom naładowania akumulatora zestawu einstein™ LabMate. Akumulator należy wówczas doładować, podłączając go np. kablem USB do komputera.

## Jak sparować zestaw einstein™ LabMate z adapterem Bluetooth w komputerze z systemem Windows 7

1. Najpierw sprawdźcie, czy w komputerze zainstalowany jest adapter Bluetooth. Jeśli nie jesteście pewni, jak to zrobić, zajrzyjcie na stronę Pomocy Technicznej Microsoft. Następnie sparujcie zestaw einstein™ LabMate+ ze swoim komputerem w następujący sposób:
2. Otwórzcie Urządzenia i Drukarki klikając przycisk Start (  ), a następnie Urządzenia i Drukarki w menu Start.
3. Kliknijcie Dodaj urządzenie i postępujcie według instrukcji.
4. Kliknijcie zestaw einstein™ LabMate, który chcecie dodać do swojego komputera, a następnie kliknijcie Dalej.

Zestaw einstein™ LabMate powinien pojawić się na liście dostępnych urządzeń pod nazwą „LabMate” z 3 lub 4 cyframi bezpośrednio po niej. Cyfry te odpowiadają ostatnim 3 lub 4 cyfrom numeru seryjnego Waszego zestawu einstein™ LabMate (numer można znaleźć na tylnej ściance urządzenia). Jeśli nie widzicie zestawu einstein™ LabMate, który chcecie dodać, sprawdźcie, czy urządzenie jest włączone. Jeśli urządzenie włączyliście przed chwilą, system Windows może potrzebować paru sekund, by go wykryć.

**Uwaga:** Jeśli używacie innej wersji systemu niż Windows 7, sprawdźcie na stronie Pomocy Technicznej Microsoft, jak sparować urządzenie Bluetooth ze swoim komputerem.

## Parowanie zestawu LabMate z komputerem Mac za pośrednictwem Bluetooth

1. Upewnijcie się, że Wasz komputer jest wyposażony we wbudowany moduł Bluetooth lub też ma zainstalowany kompatybilny adapter Bluetooth. Otwórzcie System Preferences, a następnie wybierzcie Bluetooth z menu View.
2. Włączcie Bluetooth. W preferencjach Bluetooth wybierzcie pole wyboru Włączone (we wcześniejszych wersjach systemu Mac OS X kliknijcie zakładkę Ustawienia, a następnie Zasilanie Bluetooth: włączone). Upewnijcie się też, że zestaw einstein™LabMate jest włączony.
3. Skonfigurujcie nowe urządzenie. Kliknijcie Set Up New Device (we wcześniejszych wersjach systemu Mac OS X kliknijcie zakładkę Devices w opcjach Bluetooth, a następnie kliknijcie Set Up New Device). Wasz zestaw einstein™LabMate powinien pojawić się na liście dostępnych urządzeń pod nazwą „LabMate” z 3 lub 4 cyframi bezpośrednio po niej. Cyfry te odpowiadają ostatnim 3 lub 4 cyfrom numeru seryjnego Waszego zestawu einstein™LabMate (numer można znaleźć na tylnej ściance urządzenia). Jeśli nie widzicie zestawu einstein™LabMate, który chcecie dodać, sprawdźcie, czy urządzenie jest włączone. Aby zakończyć konfigurację zestawu einstein™LabMate, postępujcie według instrukcji wyświetlanych na ekranie.

## Konfiguracja MiLAB4

Kiedy korzystacie z zestawu einstein™LabMate wybierzcie ikonę MiLAB4 () na pulpicie aplikacji.

Jeśli znajdujecie się w pomieszczeniu, gdzie inni korzystają z zestawu einstein™LabMate, upewnijcie się, że Wasz komputer został sparowany z Waszym zestawem einstein™LabMate. Numer seryjny wyświetlany jest w prawym dolnym rogu ekranu MiLAB4™. Powinien on odpowiadać numerowi, który znajdziecie na spodzie urządzenia einstein™LabMate.

## Praca z wykresami w MiLAB4

Doświadczenia opisane w tej książce wymagają wykorzystania programu MiLAB4™ do przeprowadzenia analizy wyników.

### Jak rozumieć wykresy

Wykresy przedstawione w MiLAB4™ pokazują, jak dane z jednego lub kilku czujników zmieniają się w czasie. Dane przedstawiane są na osi y (pionowej), czas na osi x (poziomej).

Można również wyświetlić dane z jednego czujnika na osi x. Aby zmienić to, co wyświetlane jest na osi x, należy kliknąć klawisz strzałki (▼) pod osią x i wybrać dowolny zestaw danych z menu rozwijanego.

Domyślnie wykresy MiLAB4™ skalują się automatycznie, to znaczy, że wyświetlany jest cały wykres.

Pasek narzędziowy wykresu wygląda następująco:





Aby przybliżyć jedną część wykresu, musicie użyć narzędzia **Powiększ** (🔍) z paska narzędziowego wykresu, umieszczonego u dołu okna. Przeciągnijcie kursorem nad tą częścią wykresu, którą chcecie powiększyć. Kliknijcie ponownie narzędzie **Powiększ**, aby wyłączyć funkcję powiększania. Kliknijcie narzędzie **Dostosuj** (↕), aby przywrócić automatyczne dostosowanie rozmiaru wykresu do okna. Wykres można też przesuwac za pomocą narzędzia **Przesuwanie** (🖱️).

### Analizowanie wykresów

Analizowanie informacji zawartych na wykresie to jedna z najważniejszych i najpotężniejszych funkcji MiLAB4™.

Aby przeanalizować wykres:

- Wykonajcie doświadczenie.
- Aby skorzystać z funkcji analitycznych MiLAB4™ wybierzcie co najmniej jeden punkt (nazywany „kursorem”) na wykresie. Wiele funkcji wymaga wybrania dwóch kursorów. Użyjcie narzędzia kursorów, aby wyświetlić najpierw jeden  a następnie dwa kursory .

**Uwaga:** Jeśli używacie więcej niż jednego czujnika, oba punkty pojawią się na tej samej krzywej wykresu.

### Praca z kursorami

Na wykresie można wyświetlić do dwóch kursorów jednocześnie.

Użyjcie jednego kursora, aby wyświetlić indywidualne wartości zapisanych danych lub wybrać krzywą.

Użyjcie dwóch kursorów, aby przeanalizować dane na wykresie.


#### 1. Wyświetlanie pierwszego kursora:

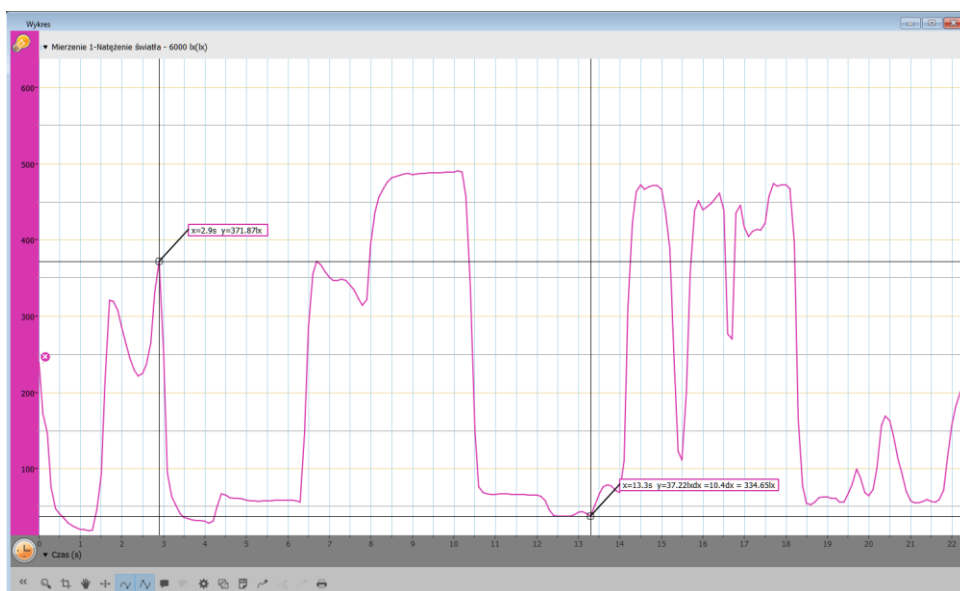
W oknie wykresu kliknijcie dowolny punkt na krzywej wykresu. MiLAB4™ wyświetli wartości współrzędnych.





## 2. Wyświetlanie drugiego kursora:

Po umieszczeniu pierwszego kursora kliknijcie narzędzie drugiego kursora (  ) na pasku narzędziowym wykresu.



Po wybraniu dwóch punktów na wykresie danych, różnice między wartościami x i y dla nich zostaną wyświetlone przy drugim z wybranych punktów.

- dx odnosi się do różnicy między wartościami x dla wybranych dwóch punktów.
- dy odnosi się do różnicy między wartościami y dla wybranych dwóch punktów.

## 3. Przesuwanie kursora:

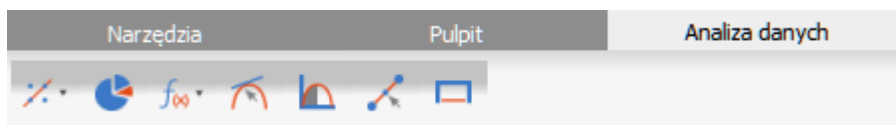
- Kliknijcie i przytrzymajcie kursor, a następnie przeciągnijcie w prawo i w lewo wzdłuż krzywej wykresu.
- Przeciągnijcie kursor w górę i w dół, aby przesunąć go z jednej krzywej wykresu na inną na tym samym wykresie.

## 4. Usuwanie kursora:

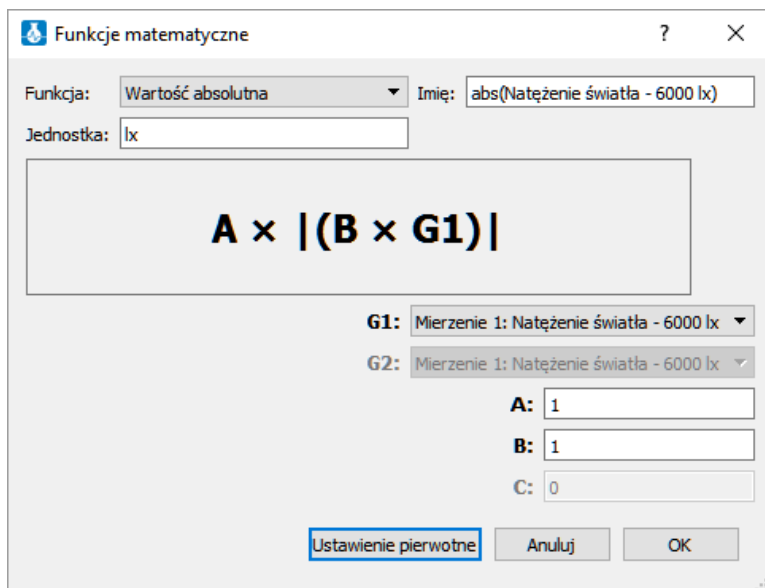
- Kliknijcie narzędzie drugiego, a następnie pierwszego kursora na pasku narzędziowym wykresu. Kursory znikną z krzywej wykresu.

## Praca z funkcjami

Po wybraniu kursora dostępnych jest wiele potężnych narzędzi analitycznych. Wybierzcie pasek **Analiza**, aby uzyskać dostęp do listy dostępnych narzędzi.



Wybierzcie jedno z narzędzi analitycznych, aby go użyć do przeanalizowania uzyskanych danych. Niektóre z narzędzi analitycznych wykreślają nową linię na wykresie pokazującym wyniki. Narzędzie **Funkcje matematyczne** ( $f_{\infty}$ ) umożliwia przeprowadzanie działań matematycznych na uzyskanych danych. Wybierzcie to narzędzie, aby otworzyć okno **Funkcja matematyczna**, a następnie wybierzcie działanie matematyczne z menu rozwijanego **Funkcja**. Zestaw danych można wybrać z menu rozwijanego G1. Równanie reprezentujące działanie matematyczne zostanie wyświetlone pogrubioną czcionką w oknie **Funkcja matematyczna**.



Niektóre funkcje – takie jak **Odejmowanie** – wymagają porównania dwóch krzywych wykresu. Aby porównać dwie linie wykresu:

- użyć menu rozwijanych G1 i G2, aby wybrać linie wykresu, które mają zostać porównane
- wybierzcie OK
- na wykresie pokazującym wyniki wyświetlona zostanie nowa linia wykresu

## Układ doświadczenia

Każde doświadczenie obejmuje następujące części:

- Wprowadzenie: krótki opis pojęć i teorii
- Sprzęt: sprzęt potrzebny do przeprowadzenia doświadczenia
- Konfiguracja sprzętu: ilustrowana instrukcja, jak przygotować sprzęt do doświadczenia
- Ustawienia czujników: zalecana konfiguracja
- Procedura: instrukcja krok po kroku, pokazująca jak przeprowadzić doświadczenie
- Analiza danych
- Pytania
- Dalsze propozycje


## Uszczelnianie

Wiele z doświadczeń w tej książce – szczególnie te, które wymagają pomiarów ciśnienia – wymaga dokładnego uszczelnienia używanej kolby lub próbówki. Poniżej opisano, co zrobić, by mieć pewność, że te doświadczenia będą przebiegały bezproblemowo.

Uwaga: aby uzyskać dokładne uszczelnienie będziecie potrzebować takiego materiału, którym można uszczelnić wszelkie otwory i szpary (np. modelina lub plastelina).

Uwaga: warto rozważyć zakup zestawu do doświadczeń z ciśnieniem einstein™ Pressure Kit. Został on zaprojektowany specjalnie z myślą o tego rodzaju doświadczeniach.

Po uszczelnieniu kolby lub próbówki można sprawdzić skuteczność uszczelnienia.

1. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
2. Jeśli w doświadczeniu wykorzystywane są zawory trójdrogowe, obróćcie kurki zaworów trójdrogowych tak, by umożliwić swobodny przepływ powietrza z atmosfery (pozycja A – Rys. 1).  
Odczyty powinny teraz pokazywać ciśnienie atmosferyczne.



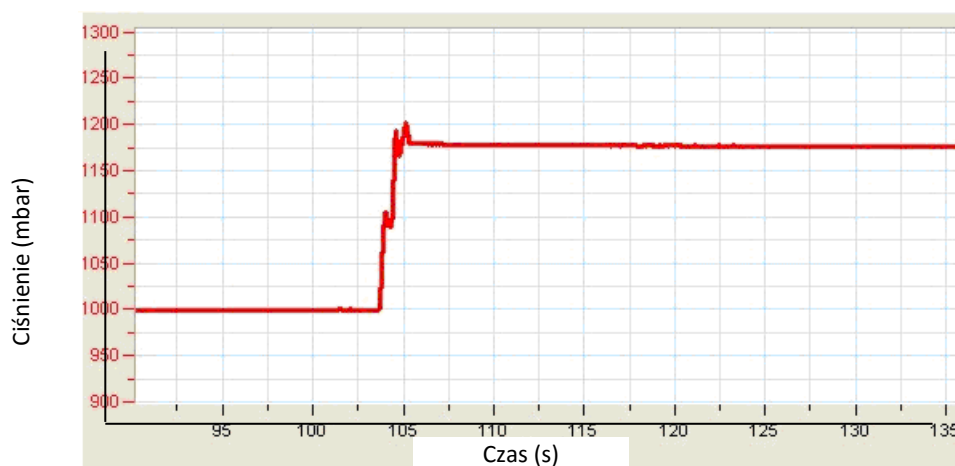
Rys. 1: Zawór trójdrogowy – pozycja A

3. Jeśli w doświadczeniu wykorzystywane są zawory trójdrogowe), obróćcie kurki zaworów trójdrogowych tak, by odizolować układ doświadczalny od powietrza atmosferycznego (pozycja B – Rys. 2).



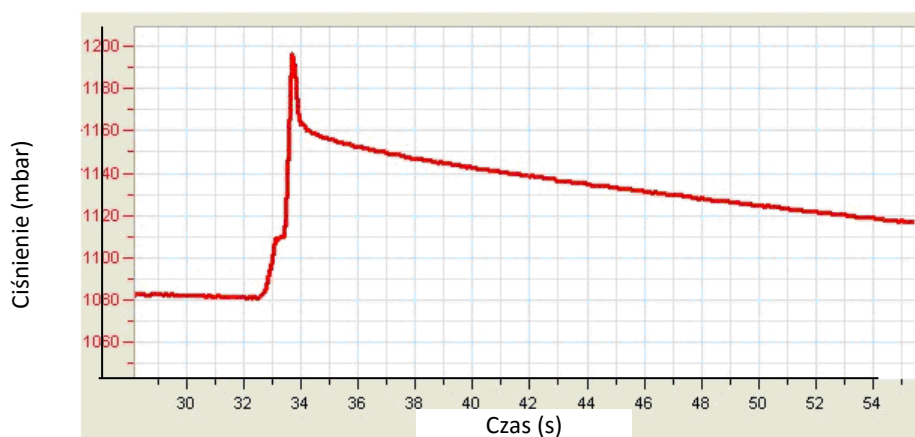
Rys. 2: Zawór trójdrogowy – pozycja B

4. Wciśnijcie zatyczki. Ciśnienie powinno się najpierw nieco podnieść, a następnie pozostać na stałym poziomie (Rys. 3).




Rys. 3

5. Jeśli ciśnienie spadnie (Rys. 4), to znaczy, że gdzieś jest nieszczelność. Sprawdźcie dokładnie wszystkie uszczelnienia. Użyjcie takiego materiału jak modelina lub plastelina, aby uszczelnić wszelkie otwory i szpary. Powtórzcie krok 4. Jeśli to nie pomoże, wymieńcie zatyczkę.



**Rys. 4**

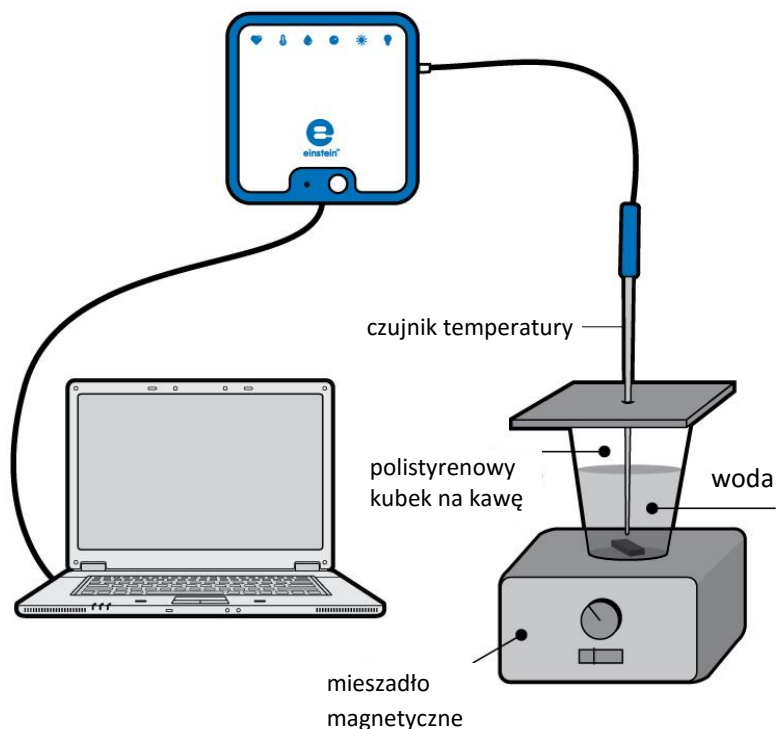
6. Kiedy pojemniki już zostaną dobrze uszczelnione, wybierzcie **Stop** ()

## Środki ostrożności

- Należy przestrzegać standardowych procedur bezpieczeństwa, dotyczących czynności laboratoryjnych w pracowni naukowej.
- Należy koniecznie podjąć odpowiednie środki bezpieczeństwa, aby chronić nauczycieli i uczniów podczas doświadczeń opisanych w tej książce.
- Uwaga! Nie jest możliwe opisanie wszystkich środków ostrożności ani sformułowanie wszystkich ostrzeżeń!
- Fourier odrzuca wszelką odpowiedzialność prawną lub finansową z tytułu użycia sprzętu, materiałów czy opisów podanych w tej książce.

## Rozdział 1

# Reakcje endotermiczne: rozpuszczanie azotanu amonu w wodzie



Rys. 1



## Wprowadzenie

Proces endotermiczny to taka reakcja chemiczna, w której pochłaniane jest ciepło. Gdy przeprowadzicie reakcję endotermiczną w kolbie, ta początkowo schłodzi się. Ciepło z otoczenia będzie przepływać do kolby dopóty, dopóki nie ustali się równowaga temperaturowa.

W tym doświadczeniu zaobserwujecie zmiany temperatury, zachodzące podczas rozpuszczania krystalicznego azotanu amonu w wodzie. Ciepło reakcji można obliczyć za pomocą następującego równania:

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

gdzie:

$Q$  = ilość ciepła uwalnianego lub wchłanianego

$m$  = masa substancji

$C$  = pojemność cieplna substancji

$\Delta T$  = zmiana wartości temperatury




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- 5 g NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>
- polistyrenowy kubek na kawę
- mieszadło magnetyczne z mieszadłem



## 123 Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników

Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:




<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	500
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	8 minut 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

1. Przygotujcie polistyrenową pokrywę do przykrycia polistyrenowego kubka na kawę. Pokrywka powinna być płaska i większa od obwodu kubka.
2. Zróbcie otwór w pokrywce i włóżcie w nią czujnik temperatury.
3. Włóżcie magnetyczne mieszadło do kubka.
4. Nalejcie 50 ml wody z kranu do kubka.
5. Postawcie kubek na mieszadle magnetycznym.
6. Połóżcie pokrywę na kubku zostawiając wąską szczelinę, tak, by do kubka można było wsypać NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.
7. Zaczynajcie mieszać wodę w kubku.

- Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
- Poczekajcie, aż odczyty z czujnika ustabilizują się.
- Dodajcie 5 g  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  do kubka i natychmiast przykryjcie go szczelnie pokrywką.
- Obserwujcie zmiany temperatury w oknie **Wykres** programu MiLAB4™ dopóty, dopóki temperatura nie przestanie się zmieniać.
- Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać gromadzenie danych.
- Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.



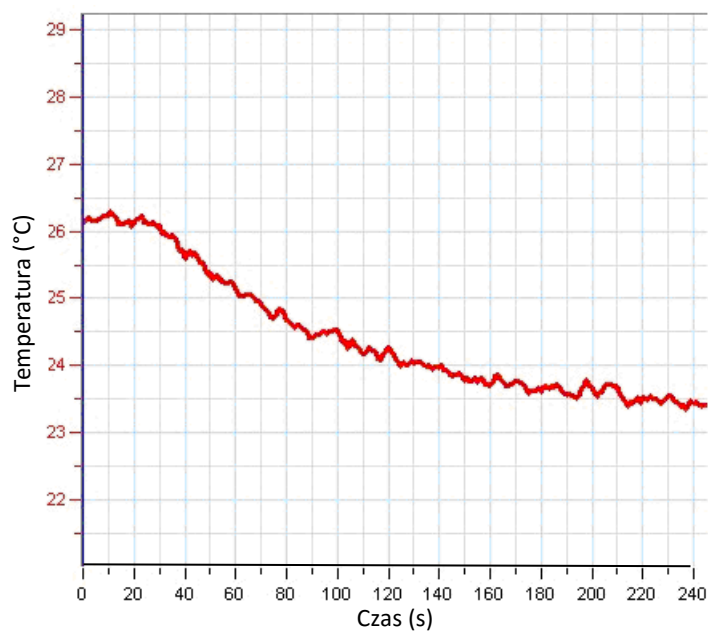
## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™.

- Za pomocą kursorów na wykresie wybierzcie temperaturę początkową i temperaturę końcową.
- Jak się zmieniła temperatura podczas rozpuszczania krystalicznego azotanu amonu w wodzie?
- Jaka jest różnica między wartościami początkową i końcową?
- Ile czasu było potrzebne, by reakcja osiągnęła temperaturę końcową?
- Obliczcie ciepło reakcji za pomocą równania 1.

**Uwaga:** Ciepło właściwe wody w temperaturze 25°C wynosi 4,18 J/g°C.

Poniżej pokazano przykładowy wykres temperatury jako funkcji czasu, uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 2





## Pytania

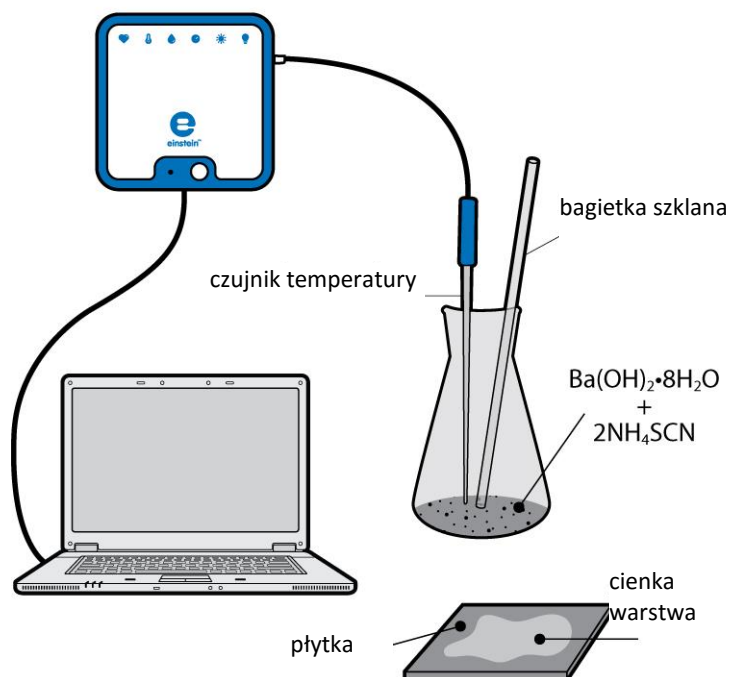
1. Jakiego rodzaju reakcją chemiczną jest proces rozpuszczania azotanu amonu w wodzie? Wnioski wysnujcie na podstawie obserwacji przeprowadzonego doświadczenia.
2. Spróbujcie przewidzieć wyniki rozpuszczania różnych ilości  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  w wodzie. Jaki miałyby to wpływ na zmianę temperatury?
3. Jaki byłby skutek ogrzania wody przed rozpuszczeniem  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ? Jaki byłby skutek ochłodzenia wody?



## Dalsze propozycje

1. Rozpuśćcie różne ilości  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  w wodzie. W każdym przypadku obserwujcie zmiany temperatury. Obliczcie ciepło reakcji dla każdego przypadku.
2. Zbadajcie wpływ zwiększenia i zmniejszenia początkowej temperatury wody na rozpuszczanie  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

# Reakcje endotermiczne: mieszanie kryształów wodorotlenku baru z izotiocyanianem amonu

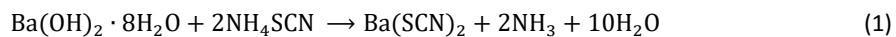


Rys. 1



## Wprowadzenie

Gdy dwie substancje krystaliczne –  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{NH}_4\text{SCN}$  – są dokładnie mieszane w kolbie, zachodzi następująca reakcja pochłaniająca ciepło, czyli inaczej reakcja endotermiczna:



Substancję gazową – tj. amoniak ( $\text{NH}_3$ ) – która tworzy się przy tej reakcji, można łatwo wykryć, ponieważ ma ona ostry zapach.

Jeśli kolbę, bardzo zimną w dotyku, postawicie na płytce pokrytej cienką warstwą wody, kolba przymarznie do płytki.

W tym doświadczeniu zaobserwujecie zmiany temperatury, zachodzące podczas mieszania krystalicznego oktahydratu wodorotlenku baru z izotiocyanianem amonu. Zobaczycie również przymarzanie kolby reakcyjnej do płytki w wyniku schładzania zachodzącego podczas reakcji endotermicznej.

Ciepło reakcji można obliczyć za pomocą następującego równania:

$$Q = mC\Delta T \quad (2)$$

Gdzie:

$Q$  = ilość ciepła uwalnianego lub wchłanianego

$m$  = masa substancji

$C$  = pojemność cieplna substancji

$\Delta T$  = zmiana wartości temperatury




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- 2 g Ba(OH)<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O
- 4 g NH<sub>4</sub>SCN
- drewniana lub plastikowa płytka o wymiarach ok. 5 cm x 5 cm
- szklana kolba 10 ml
- bagietka szklana o długości 10 cm



## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników


Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

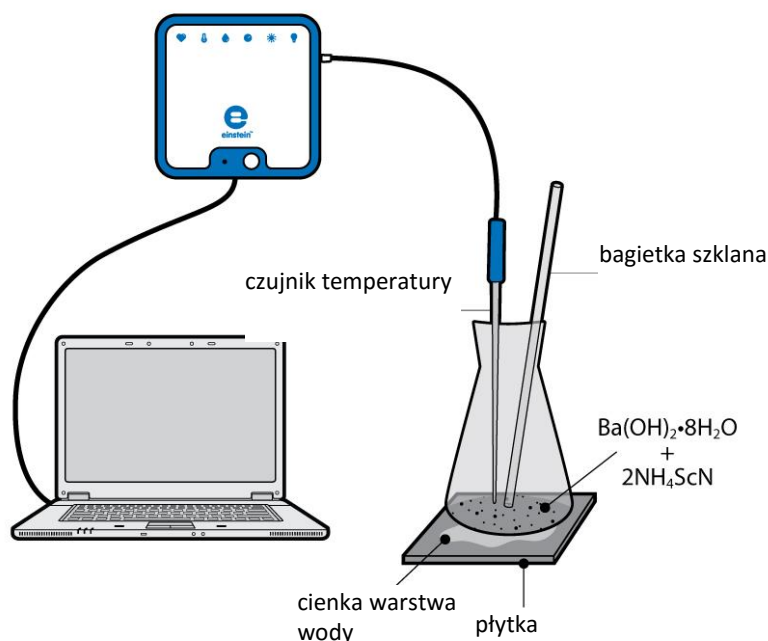
<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	200
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	3 minuty 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).





## Procedura doświadczalna

1. Lejcie wodę na płytkę, dopóki nie pokryje się ona cienką warstwą wody (Rys. 1).
2. Odważcie 2 g  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  do szklanej kolby o pojemności 10 ml.
3. Odważcie 4 g izotiocyanianu amonu i odłóżcie na bok.
4. Włóżcie czujnik temperatury w kryształki wodorotlenku baru w kolbie.
5. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
6. Poczekajcie, aż odczyty z czujnika temperatury ustabilizują się.
7. Dodajcie odważoną ilość  $\text{NH}_4\text{SCN}$  do kolby zawierającej  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .
8. Ustawcie kolbę na płytce pokrytej wodą, jak pokazano na Rys. 1a.



Rys. 1

9. Dokładnie wymieszajcie substancje w kolbie za pomocą szklanej bagietki.
10. Obserwujcie zmiany temperatury w kolbie w oknie **Wykres** programu MiLAB4™, dopóki temperatura nie przestanie się zmieniać.
11. Gdy temperatura ustabilizuje się, wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
12. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.
13. Spróbujcie zdjąć kolbę z płytki.



## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Za pomocą kursorów zaznaczcie na wykresie temperaturę początkową i temperaturę końcową. Jak się

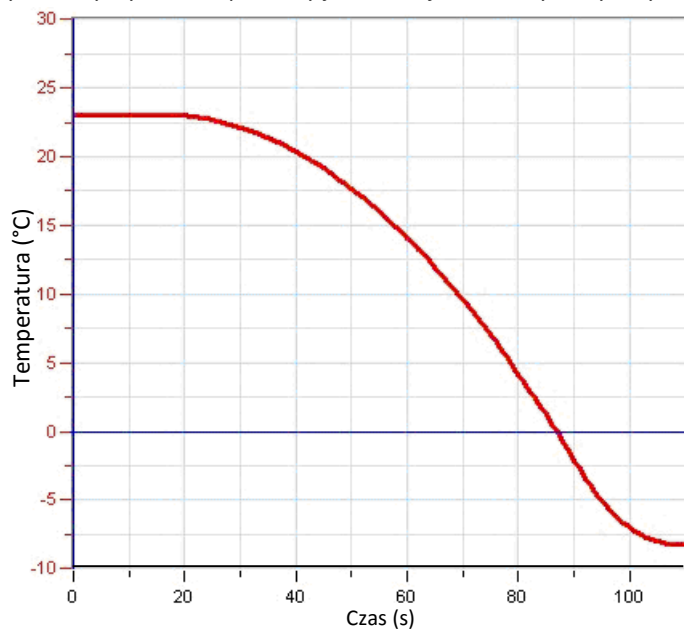
zmieniała temperatura w trakcie tej reakcji chemicznej? Jaka jest różnica między wartościami początkową i końcową?

2. Ile czasu było potrzebne, by reakcja osiągnęła temperaturę końcową?  
Obliczcie ciepło reakcji za pomocą równania 2.

**Uwaga:** Ciepło właściwe wody w temperaturze 25°C wynosi 4,18 J/g°C.

3. Opiszcie co się stało, gdy próbowaliście podnieść kolbę z płytki.

Poniżej pokazano przykładowy wykres temperatury jako funkcji czasu, uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 2

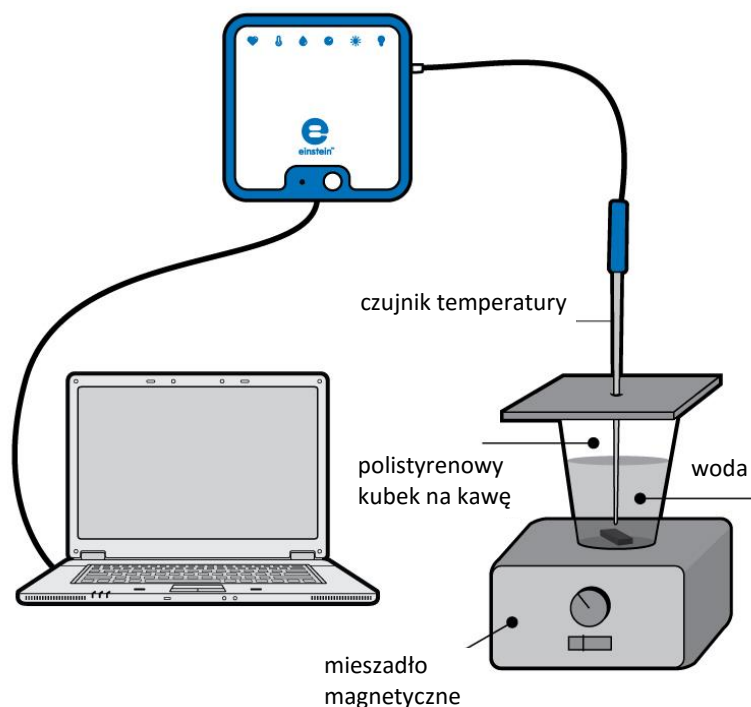
## Pytania

1. Jakie zmiany temperatury kolby zaobserwowaliście? Wyjaśnijcie uzyskane wyniki.
2. Jakiego rodzaju reakcja chemiczna zaszła w kolbie?
3. Wyjaśnijcie co się stało, gdy próbowaliście podnieść kolbę z płytki.

## Dalsze propozycje

1. Zmieńcie względne ilości  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  oraz  $\text{NH}_4\text{SCN}$  i obserwujcie zmiany temperatury w każdym przypadku.
2. Przeprowadźcie dodatkową reakcję endotermiczną: rozpuszczanie  $\text{KNO}_3$  w wodzie (25 g w 50 ml wody).
3. Za pomocą czujnika ciśnienia obserwujcie tempo uwalniania amoniaku w reakcji. W ten sposób można mierzyć tempo reakcji.

# Reakcje endotermiczne: reakcja roztworu kwasu cytrynowego z sodą oczyszczoną



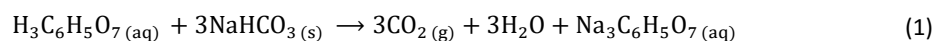
Rys. 1



## Wprowadzenie

Proces endotermiczny to taka reakcja chemiczna, w której pochłaniane jest ciepło. Gdy przeprowadzamy reakcję endotermiczną w kolbie, ta początkowo schładza się. Ciepło z otoczenia będzie przepływać do kolby dopóty, dopóki nie ustali się równowaga temperaturowa.

W tym doświadczeniu zaobserwujecie zmiany temperatury, zachodzące podczas reakcji między roztworem kwasu cytrynowego i sodą oczyszczoną.



Ciepło reakcji można obliczyć za pomocą następującego równania:

$$Q = mC\Delta T \quad (2)$$

Gdzie:

$Q$  = ilość ciepła uwalnianego lub wchłanianego

$m$  = masa substancji


$C$  = pojemność cieplna substancji

$\Delta T$  = zmiana wartości temperatury

## Sprzęt

- einstein tempera oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- 25 ml roztworu kwasu cytrynowego ( $H_3C_6H_5O_7$ )
- 15 g sody oczyszczonej ( $NaHCO_3$ )
- polistyrenowy kubek na kawę
- mieszadło magnetyczne z mieszadłem
- okulary ochronne

## 123 Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.

## Ustawienia czujników

Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:




<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	500
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	8 minut 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

Podczas doświadczenia nie zdejmujcie okularów ochronnych.

1. Przygotujcie polistyrenową pokrywkę do przykrycia polistyrenowego kubka na kawę. Pokrywka powinna być płaska i większa od obwodu kubka.
2. Zróbcie otwór w pokrywce i włóżcie w nią czujnik temperatury.
3. Włóżcie magnetyczne mieszadełko do kubka.
4. Nalejcie 25 ml kwasu cytrynowego do kubka.
5. Postawcie kubek na mieszadle magnetycznym.
6. Połóżcie pokrywkę na kubku, zostawiając wąską szczelinę, tak by do kubka można było dosypać sody oczyszczonej ( $\text{NaHCO}_3$ ).
7. Zaczynajcie mieszać wodę w kubku.
8. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
9. Poczekajcie, aż odczyty z czujnika ustabilizują się.
10. Po 20 sekundach dodajcie sody oczyszczonej ( $\text{NaHCO}_3$ ) do kubka i natychmiast przykryjcie go szczelnie pokrywką.
11. Obserwujcie zmiany temperatury w oknie **Wykres** programu MiLAB4™, dopóki temperatura nie przestanie się zmieniać.
12. Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
13. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.



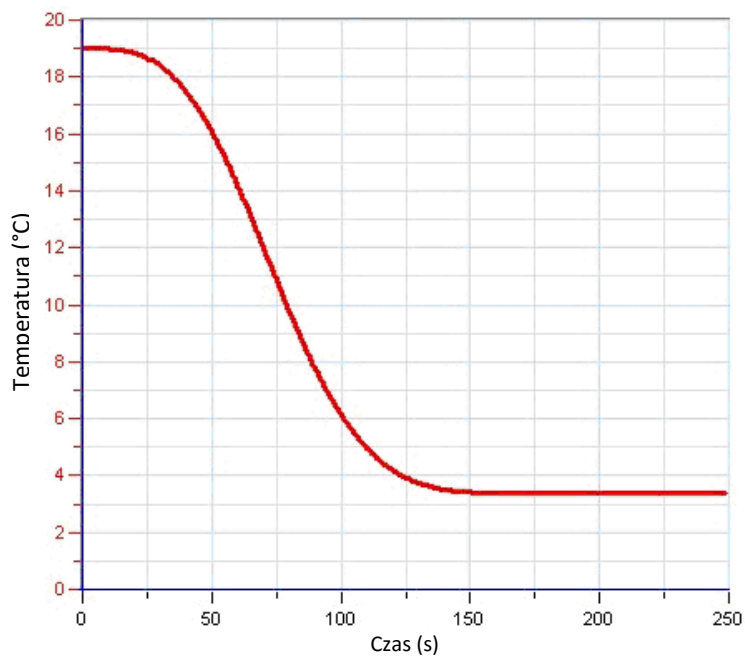
## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Za pomocą kursorów na wykresie zaznaczcie temperaturę początkową i temperaturę końcową. Jak się zmieniała temperatura w trakcie tej reakcji chemicznej? Jaka jest różnica między wartościami początkową i końcową?
2. Ile potrzeba było czasu, by reakcja osiągnęła temperaturę końcową?  
Obliczcie ciepło reakcji za pomocą równania 2.

Poniżej pokazano przykładowy wykres temperatury jako funkcji czasu, uzyskany w tym doświadczeniu:





Rys. 2

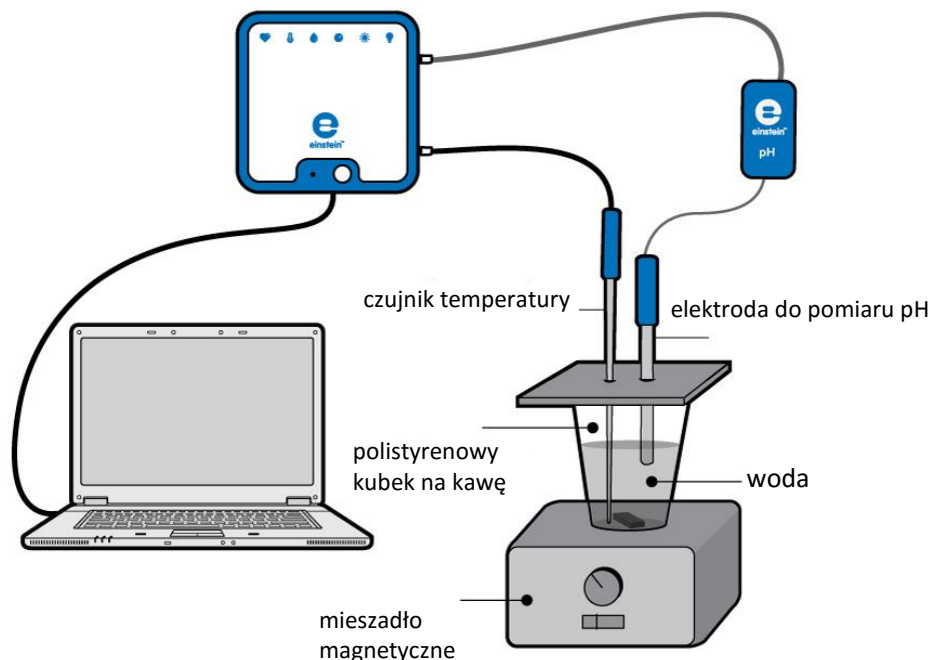
## Pytania

1. Jakiego rodzaju reakcja chemiczna zachodzi, gdy roztwór kwasu cytrynowego zostanie zmieszany z sodą oczyszczoną? Wnioski wysnujcie na podstawie obserwacji przeprowadzonego doświadczenia.
2. Spróbujcie przewidzieć wyniki mieszania różnych ilości sody oczyszczonej z roztworem kwasu cytrynowego. Jaki będzie zakres zmian temperatury?

## Dalsze propozycje

1. Zmieńcie względne ilości kwasu cytrynowego i sody oczyszczonej. W każdym przypadku obserwujcie zmiany temperatury. Obliczcie ciepło reakcji dla każdego przypadku.
2. Za pomocą czujnika CO<sub>2</sub> obserwujcie tempo uwalniania CO<sub>2</sub> w reakcji.

# Reakcje egzotermiczne: rozpuszczanie NaOH w wodzie



Rys. 1



## Wprowadzenie

Niemal wszystkie reakcje chemiczne wiążą się albo z uwalnianiem, albo z wchłanianiem ciepła. Reakcje te klasyfikuje się jako egzotermiczne lub endotermiczne. Proces egzotermiczny to taka reakcja chemiczna, w której wytwarzane jest ciepło. Gdy przeprowadzicie reakcję egzotermiczną w kolbie, ta początkowo ogrzeje się. Ciepło z kolby będzie przepływać do otoczenia dopóty, dopóki nie ustali się równowaga temperaturowa. Kalorymetr to urządzenie służące do pomiaru ciepła wchłanianego lub wytwarzanego podczas reakcji chemicznej. Ciepło reakcji można obliczyć za pomocą następującego równania:

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

Gdzie:

$Q$  = ilość ciepła uwalnianego lub wchłanianego

$m$  = masa substancji

$C$  = pojemność cieplna substancji

$\Delta T$  = zmiana wartości temperatury

W tym doświadczeniu zaobserwujecie zmiany temperatury, które zachodzą podczas rozpuszczania wodorotlenku sodu w wodzie. Polistyrenowy kubek na kawę posłuży Wam za kalorymetr.




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik do pomiaru pH
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- polistyrenowy kubek na kawę
- 10 g NaOH
- mieszadło magnetyczne z mieszadłem

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik pH do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrane zostały tylko **Czujnik pH** oraz **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników

Zaprogramujcie czujniki tak, by zapisywały dane według następującej konfiguracji:




<b>Czujnik:</b>	czujnik pH (zakres pomiaru 0-14)
<b>Pomiary:</b>	pH
<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	5000
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	1 godzina 23 minuty 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

1. Przygotujcie polistyrenową pokrywkę do przykrycia polistyrenowego kubka na kawę. Pokrywka powinna być płaska i większa od obwodu kubka (Rys. 1).
2. W pokrywce zróbce dwa otwory: jeden na elektrodę do pomiaru pH, drugi na czujnik temperatury.
3. Włóżcie magnetyczne mieszadło do kubka.

- Nalejcie 100 ml wody z kranu do kubka.
- Postawcie kubek na mieszadle magnetycznym.
- Położcie pokrywkę na kubku, zostawiając wąską szczelinę, tak, by można było dosypać NaOH.
- Zacznijcie mieszać wodę w kubku.
- Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
- Zacznijcie mieszać wodę w kubku.
- Poczekajcie, aż odczyty z czujnika ustabilizują się.
- Dodajcie 2 g krystalicznego NaOH do kubka i natychmiast przykryjcie go szczelnie pokrywką.
- Obserwujcie zmiany pH i temperatury w oknie **Wykres** programu MiLAB4™, dopóki odczyty nie ustabilizują się.
- Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
- Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.



## Analiza danych

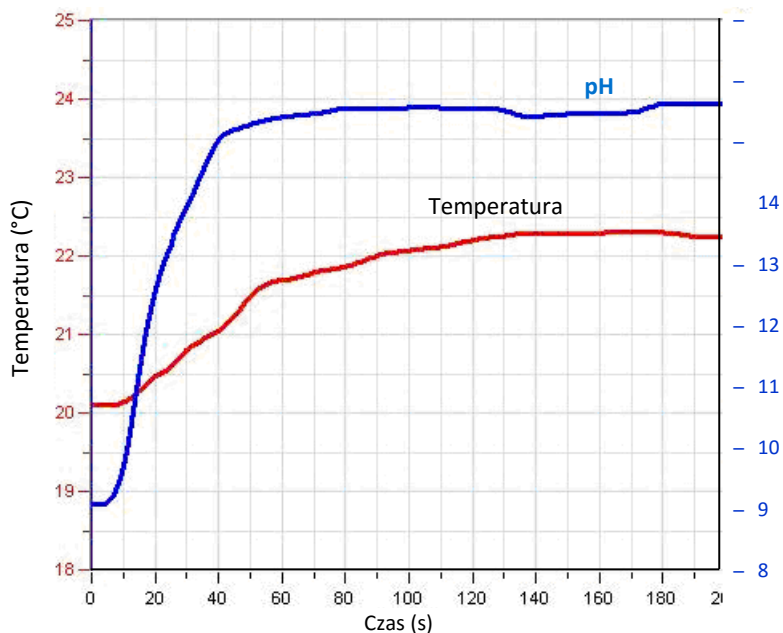
Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

- Jak się zmieniało pH w trakcie procesu rozpuszczania?  
Za pomocą kursorów na wykresie zaznaczcie początkową wartość pH i końcową wartość pH.
  - Zanotujcie różnicę między tymi dwiema wartościami.
  - Zanotujcie, ile czasu zabrało osiągnięcie końcowej wartości pH.
  - Zanotujcie różnicę między tymi dwiema wartościami pH.
- Za pomocą kursorów na wykresie ustalcie zmianę temperatury podczas procesu.
- Obliczcie ciepło reakcji, używając ustalonej wartości zmiany temperatury ( $\Delta T$ ) oraz równania 1.

**Uwaga:** Ciepło właściwe wody w temperaturze 25°C wynosi 4,18 J/g°C.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:

pH



Rys. 2

## Pytania

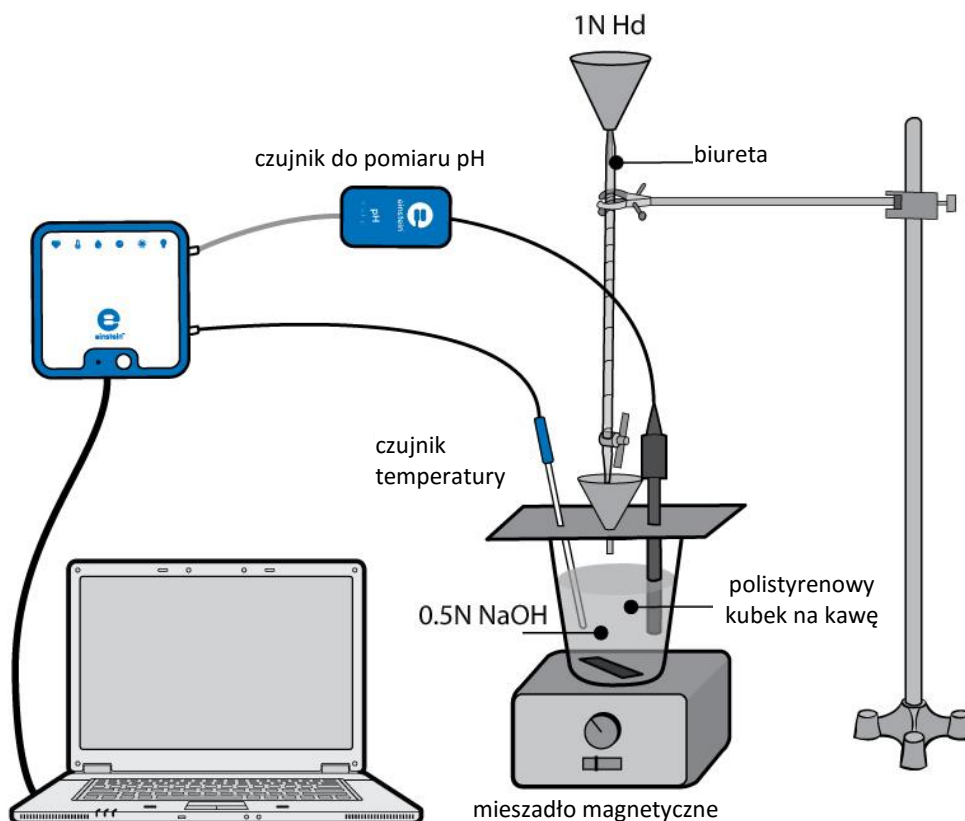
1. Czy pH zmieniło się szybko? Porównajcie czas zmian pH z czasem zmian temperatury.
2. Wyjaśnijcie różnicę między czasem potrzebnym do zmiany pH, a czasem zmian temperatury.
3. Czy rozpuszczanie NaOH jest reakcją egzotermiczną, czy endotermiczną? Czy jest to reakcja gwałtowna? Wnioski wysnujcie na podstawie obserwacji przeprowadzonego doświadczenia.
4. Spróbujcie zgadnąć, jak zmieniłby się wykres, gdybyście do wody dodawali różne ilości NaOH. Jak zmieniłoby się pH w każdym takim przypadku? Jaki byłby zakres zmian temperatury?

## Dalsze propozycje

1. Rozpuśćcie różne ilości NaOH w wodzie. W każdym przypadku obserwujcie zmiany pH i temperatury. Obliczcie ciepło reakcji dla każdego przypadku.
2. Zbadajcie wpływ pH wody na rozpuszczanie NaOH. Obserwujcie ciepło reakcji w roztworze buforowym. Ewentualnie rozpuśćcie KOH lub  $\text{NH}_4\text{OH}$  w wodzie przed rozpuszczeniem NaOH.
3. Przeprowadźcie dodatkową reakcję egzotermiczną. Rozpuśćcie bezwodny  $\text{CuSO}_4$  (białe kryształki) w wodzie. Rozpuszczanie siarczynu miedzi w wodzie powoduje wytworzenie niebieskiego roztworu wodnego jonów miedzi.

# Miareczkowanie alkacymetryczne: reakcja NaOH z HCl

Rys.1



## Wprowadzenie

W wodnych roztworach suma substancji zasadowych do wody prowadzi do podwyższenia pH roztworu, a suma kwasów prowadzi do obniżenia pH. Zmiany wartości pH można śledzić za pomocą specjalnych barwników, nazywanych wskaźnikami pH, lub elektrody do pomiaru pH. Kwasy i zasady wzajemnie się zobojętniają, czyli wzajemnie neutralizują swoje działanie. Dodając znaną ilość kwasu do roztworu zasadowego o nieznanym stężeniu, można ustalić to stężenie poprzez sumę roztworu aż do jego całkowitego zneutralizowania się. Ta procedura oznaczania stężenia zasady i kwasu nazywana jest miareczkowaniem alkacymetrycznym. W czasie zobojętniania kwasy i zasady reagują ze sobą i wytwarzają substancje jonowe, które nazywamy solami. W tym doświadczeniu zaobserwujecie (za pomocą elektrody do pomiaru pH i czujnika temperatury) zmiany pH i temperatury, zachodzące podczas dodawania kwasu (kwasu solnego (HCl)) do roztworu zasady (wodorotlenku sodu (NaOH)).




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik do pomiaru pH
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- polistyrenowy kubek na kawę
- biureta 50 ml
- szklany lejek
- 50 ml NaOH o stężeniu 0,5N (w przybliżeniu)
- 100 ml roztworu HCl o stężeniu 1N
- okulary i rękawice ochronne
- mieszadło magnetyczne z mieszadełkiem

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik pH do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
4. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
5. W oknie Ustawienia czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrane zostały tylko **Czujnik pH** oraz **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników



Zaprogramujcie czujniki tak, by zapisywały dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik pH (zakres pomiaru 0-14)
<b>Pomiary:</b>	pH
<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	2000
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	33 minuty 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

1. Przygotujcie polistyrenową pokrywkę do przykrycia polistyrenowego kubka na kawę. Pokrywka powinna być płaska i większa od obwodu kubka (Rys. 1).
2. W pokrywce zróbcie trzy otwory: jeden na elektrodę do pomiaru pH, drugi na czujnik temperatury, a trzeci na szklany lejek.
3. Włóżcie magnetyczne mieszadełko do kubka.
4. Dodajcie 50 ml roztworu NaOH o stężeniu 0,5 N do kubka.
5. Postawcie kubek na mieszadle magnetycznym.
6. Połóżcie pokrywkę na kubku.
7. Zaczynicie mieszać roztwór NaOH w kubku.
8. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
9. Poczekajcie, aż odczyty z czujników ustabilizują się.
10. Przez lejek dodawajcie kroplę po kropli 1 N roztworu HCl z biurety do kubka.
11. Obserwujcie zmiany pH i temperatury w oknie **Wykres** programu MiLAB4™.
12. Gdy pH zacznie się zmieniać, zatrzymajcie wkraplanie HCl i zanotujcie objętość HCl dodanego do tego momentu.
13. Zaczynicie znowu wkraplać HCl, bardzo uważnie obserwując zmiany pH.
14. Zatrzymajcie wkraplanie HCl natychmiast, gdy poziom pH ustabilizuje się.
15. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.



## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Za pomocą kursorów na wykresie zmierzcie początkową i końcową wartość pH roztworu.
2. Jak się zmieniało pH w trakcie procesu zobojętniania? Jaką objętość HCl dodano do chwili, gdy pH zaczęło się zmieniać? Porównajcie ją z objętością HCl dodanego do chwili, gdy NaOH został całkowicie zobojętniony.
3. Na wykresie zaznaczcie czas, kiedy pH zaczęło się zmieniać, a następnie zaznaczcie punkt zobojętnienia. Ile czasu zajęł cały proces?
4. Na wykresie zaznaczcie temperaturę początkową i temperaturę końcową. Jak się zmieniała temperatura w trakcie reakcji?
5. Obliczcie ciepło reakcji  $Q$ ,

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

Gdzie:

$m$  = masa wody

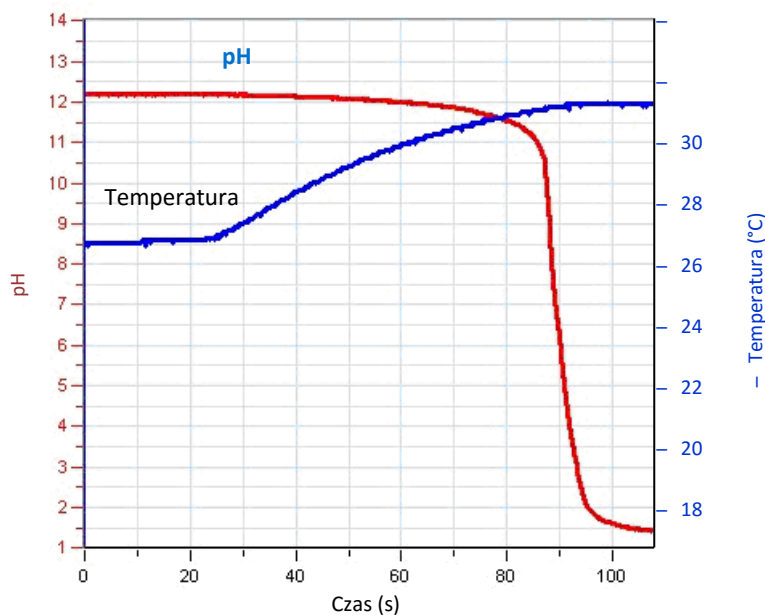
$C_p$  = pojemność cieplna wody przy stałym ciśnieniu

$\Delta T$  = zmiana wartości temperatury

**Uwaga:** Ciepło właściwe wody w temperaturze 25°C wynosi 4,18 J/g°C.



Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 2

## Pytania

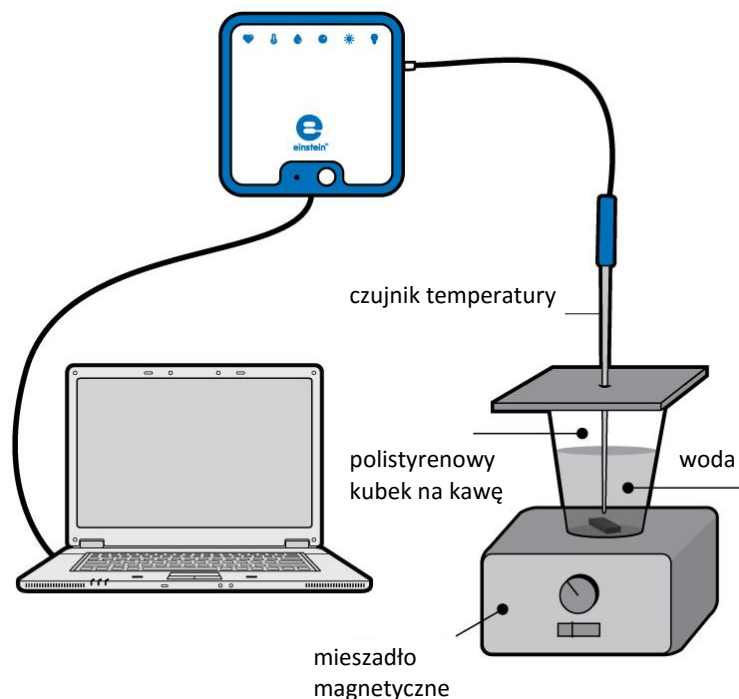
1. Czy zaobserwowaliście szybką zmianę pH? Wyjaśnijcie różnicę między krótkim czasem potrzebnym, by dokonały się zmiany pH i czasem całego procesu zobojętniania.
2. Czy reakcja zobojętniania jest reakcją egzotermiczną, czy endotermiczną? Wnioski wysnujcie na podstawie przeprowadzonego doświadczenia.
3. Spróbujcie przewidzieć, co by się stało, gdyby miareczkowanie alkacymetryczne zostało przeprowadzone z użyciem innych stężeń NaOH w kubku. Jak zmieniłoby się pH w każdym takim przypadku? Jaki byłby zakres zmian temperatury?
4. Jaki byłby skutek reakcji innych kwasów (takich jak np. kwas octowy) z NaOH?

## Dalsze propozycje

1. Użycie różnych stężeń NaOH przy stałym stężeniu HCl.
2. Obliczcie nieznanne stężenia miareczkowanego NaOH (lub HCl). Można to zrobić ustawiając stałe tempo przepływu kwasu (lub zasady) z biurety. Za pomocą wartości tego tempa przepływu oraz danych czasowych z wykresu obliczcie ilość titrantu dodanego do roztworu.

3. Przeprowadźcie miareczkowanie alkacymetryczne z użyciem różnych rodzajów kwasów i/lub zasad: słabego kwasu z silną zasadą i odwrotnie.

# Reakcje redukcji i utleniania (redoks): reakcja chlorku miedzi z aluminium



Rys. 1

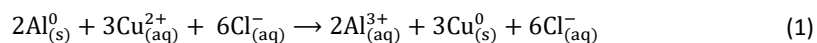


## Wprowadzenie

W reakcjach redoks zachodzi wymiana elektronów między dwoma związkami chemicznymi. O związku chemicznym, który traci elektron mówimy, że ulega utlenianiu, a o tym, który pozyskuje elektron – że ulega redukcji.

Związek chemiczny, ulegający utlenianiu, nazywa się reduktorem, a związek chemiczny, ulegający redukcji, nazywa się utleniaczem.

W tym doświadczeniu zaobserwujecie zmiany temperatury, które zachodzą podczas następującej reakcji redoks:



Aluminium (Al) ulega utlenieniu z  $\text{Al}^0$  do  $\text{Al}^{3+}$ , a miedź (Cu) ulega redukcji z  $\text{Cu}^{2+}$  do  $\text{Cu}^0$ .

Ciepło reakcji można obliczyć za pomocą następującego równania:

$$Q = mC\Delta T \quad (2)$$

Gdzie:

$Q$  = ilość ciepła uwalnianego lub wchłanianego.

$m$  = masa substancji.

$C$  = pojemność cieplna substancji.

$\Delta T$  = zmiana wartości temperatury.




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- polistyrenowy kubek na kawę
- 5 g  $\text{CuCl}_2$
- mieszadło magnetyczne z mieszadłem
- folia aluminiowa
- okulary ochronne

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników

Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:




<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	200
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	3 minuty 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

Podczas doświadczenia nie zdejmujcie okularów ochronnych.

1. Przygotujcie polistyrenową pokrywkę do przykrycia polistyrenowego kubka na kawę. Pokrywka powinna być płaska i większa od obwodu kubka (Rys. 1).
2. Włóżcie magnetyczne mieszadełko do kubka.
3. Nalejcie 50 ml wody z kranu do kubka.
4. Postawcie kubek na mieszadle magnetycznym.
5. Połóżcie pokrywkę na kubku, zostawiając wąską szczelinę, tak, by można było dodać  $\text{CuCl}_2$ .
6. Zaczynajcie mieszać wodę w kubku.
7. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych. Poczekaście, aż odczyty z czujnika ustabilizują się.
8. Dodajcie 5 g  $\text{CuCl}_2$  do kubka i natychmiast przykryjcie go szczelnie pokrywką.
9. Włóżcie folię aluminiową do kubka i ponownie przykryjcie go szczelnie pokrywką.
10. Obserwujcie zmiany temperatury w oknie **Wykres** programu MiLAB4™, dopóki temperatura nie przestanie się zmieniać.
11. Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
12. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.



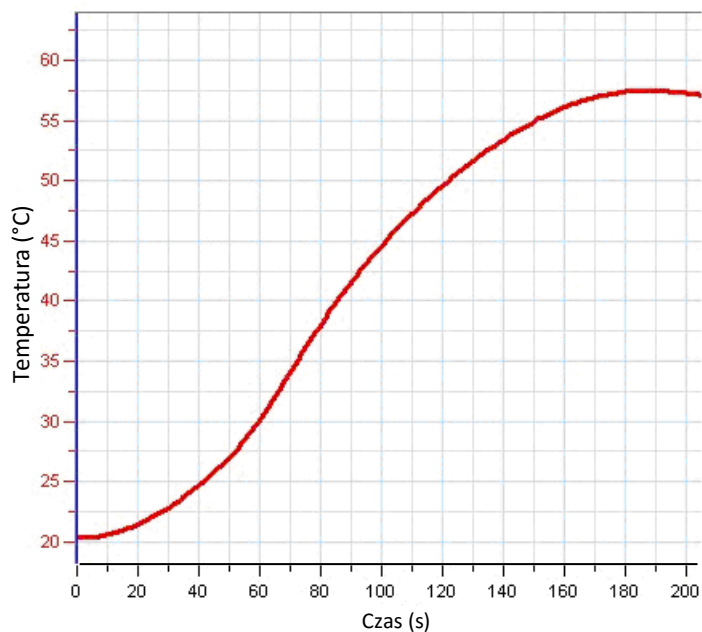
## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Za pomocą kursorów zaznaczcie na wykresie temperaturę początkową i końcową. Jaka jest różnica między nimi? Jak się zmieniała temperatura w trakcie tej reakcji redoks? Ile czasu było potrzeba, by reakcja osiągnęła temperaturę końcową?
2. Obliczcie ciepło reakcji za pomocą równania 2.

**Uwaga:** Ciepło właściwe wody w temperaturze 25°C wynosi 4,18 J/g°C.

Poniżej pokazano przykładowy wykres temperatury jako funkcji czasu, uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 2



## Pytania

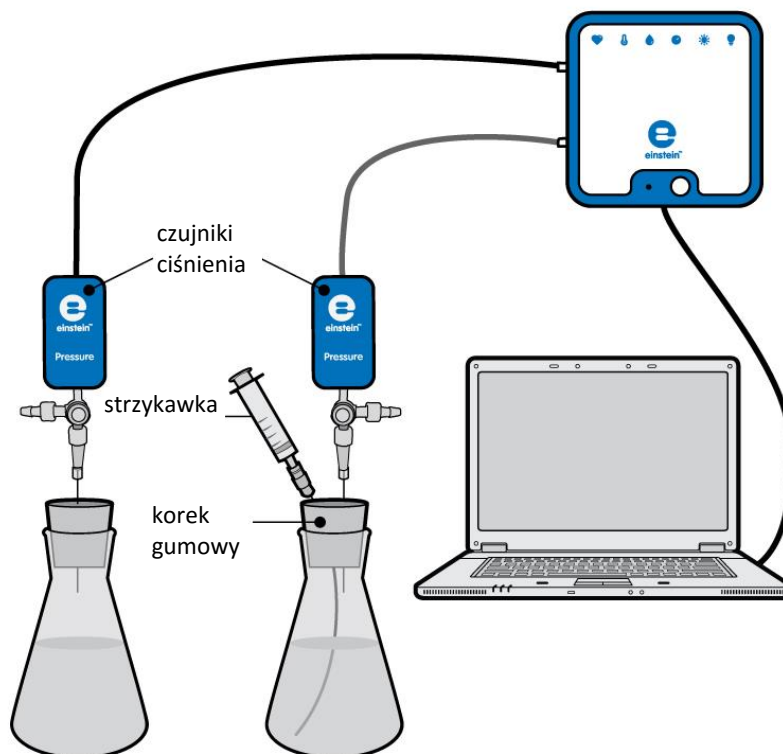
1. Jak zmienił się kolor folii aluminiowej?
2. Zapiszcie reakcję, która zaszła. Zapiszcie osobne równania reakcji redoks dla miedzi i dla aluminium.
3. Który substrat uległ redukcji, a który utlenieniu?



## Dalsze propozycje

1. Wrzućcie kawałek żelaza do roztworu chlorku miedzi. Zapiszcie reakcję, która zaszła. Zapiszcie osobne równania reakcji redoks.
2. Wrzućcie kawałek metalicznego cynku do rozcieńzonego kwasu solnego. Uwolni się wodór ( $H_2$ ). Zapiszcie ogólne równanie reakcji i osobne równania reakcji redoks dla tej reakcji. Który substrat uległ redukcji? Który substrat uległ utlenieniu?

# Kataliza chemiczna: rozkład $\text{H}_2\text{O}_2$ w obecności $\text{MnO}_2$



Rys. 1



## Wprowadzenie

Katalizator to substancja chemiczna, która zwiększa tempo reakcji, ale nie ulega trwałej przemianie w trakcie reakcji. Proces taki nazywamy katalizą. Katalizator wchodzi w reakcję w jednej fazie i zostaje odtworzony w następnej fazie.

Czysty roztwór  $\text{H}_2\text{O}_2$  jest stabilny. Kiedy jednak dodać katalizator, taki jak  $\text{MnO}_2$ , metaliczna platyna czy jony  $\text{Fe}^{+2}$  to  $\text{H}_2\text{O}_2$  ulega niewspółmiernie szybkiej dysmutacji w wodę i tlen cząsteczkowy.




W tym doświadczeniu używajcie czujnika ciśnienia, aby obserwować uwalnianie tlenu cząsteczkowego, wynikające z rozkładu  $H_2O_2$  w obecności  $MnO_2$ .

## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- dwa czujniki ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 mbar – 1150 mbar)
- dwa zawory trójdrogowe
- dwie szklane kolby o pojemności 10 ml
- dwa korki gumowe, po jednym do każdej kolby
- jedna plastikowa strzykawka o pojemności 2 ml
- trzy igły do strzykawki o rozmiarze 20G (średnica 0,9 mm)
- trzy krótkie rurki lateksowe
- 3% roztwór  $H_2O_2$
- kilka kryształków  $MnO_2$

## 123 Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB (.
2. Podłączcie czujniki ciśnienia do gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. Wbijcie igłę (rozmiar 20G) w korek tak, by czubek lekko wystawał po drugiej stronie.
5. Na drugim końcu igły, wystającym z górnej powierzchni korka, podłączcie zawór trójdrogowy do czujnika ciśnienia.
6. Obróćcie kurek zaworu, tak, by otwarty był przepływ w kierunku pionowym. W tej pozycji powietrze może przepływać przez zawór.
7. Wbijcie jeszcze jedną igłę w jeden z korków. Na tę igłę nałożycie później strzykawkę, napełnioną 3% roztworem  $H_2O_2$ .
8. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrane zostały tylko **Czujniki ciśnienia**.

## Ustawienia czujników

Zaprogramuj czujniki tak, by zapisywały dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 mbar – 1150 mbar)
<b>Pomiary:</b>	ciśnienie (mbar)
<b>Czujnik:</b>	czujnik ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 mbar – 1150 mbar)
<b>Pomiary:</b>	ciśnienie (mbar)






<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	500
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	8 minut 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrane zostały tylko zewnętrzne czujniki ciśnienia (150 mbar – 1150 mbar), a nie wewnętrzny czujnik ciśnienia (0 kPa - 400 kPa).




## Procedura doświadczalna

1. Oznaczcie kolby etykietami 1 i 2.
2. Napełnijcie plastikową strzykawkę 2 ml 3% roztworem  $H_2O_2$ .
3. Wlejcie 8 ml wody i 2 ml 3% roztworu  $H_2O_2$  do kolby 1.
4. Wlejcie 8 ml wody i wrzucie kilka kryształków  $MnO_2$  do kolby 2. Delikatnie pomieszajcie roztwór.
5. Zamknijcie szczelnie kolby gumowymi korkami.
6. Podłączcie strzykawkę napełnioną roztworem  $H_2O_2$  do kolby 2, nakładając ją na dodatkową igłę wbitą w korek.
7. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
8. Obserwujcie poziom ciśnienia w oknie **Wykres** programu MiLAB4™.
9. Sprawdźcie, czy powietrze w kolbach jest pod ciśnieniem atmosferycznym (około 1000 mbar).
10. Wstrzyknijcie roztwór  $H_2O_2$  do kolby 2 i natychmiast obróćcie kurki zaworów na obu kolbach, by zatrzymać przepływ powietrza przez zawory.
11. Obserwujcie w oknie **Wykres** programu MiLAB4™ zmiany wartości ciśnienia podczas doświadczenia, dopóki ciśnienie nie przestanie się zmieniać.
12. Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
13. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.



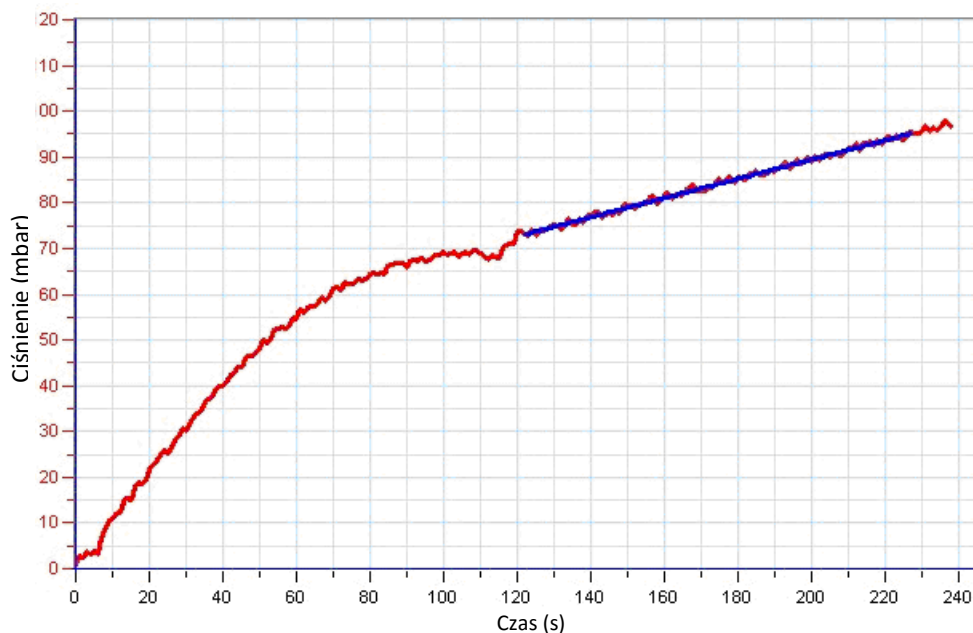
## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: **Praca z wykresami w MiLAB4™**

1. Za pomocą kursorów zaznaczcie na wykresie ciśnienie początkowe i końcowe w kolbie 1. To samo zróbcie dla drugiej kolby.
2. Jak zmieniło się ciśnienie w każdej kolbie?
3. Znajdźcie różnicę między tymi dwoma zestawami wartości.
4. Obliczcie szybkość reakcji dysproporcjonowania  $H_2O_2$ . Utwórzcie wykres różnicowy odejmując wartości ciśnienia w kolbie kontrolnej/odniesienia od wartości z wykresu dla kolby, w której przeprowadzono doświadczenie:
  - a. Za pomocą kursora zaznaczcie punkty początkowy i końcowy krzywej wykresu dla kolby, do której dodano  $MnO_2$ .
  - b. Wybierzcie **Funkcje matematyczne** (  ) z górnego paska menu w oknie **Analiza**.
  - c. W otwartym w ten sposób oknie **Funkcje matematyczne** wybierzcie Odejmowanie z menu rozwijanego **Funkcja**.

- d. Z menu rozwijanego G1 wybierzcie **Ciśnienie** (dla kolby z  $\text{MnO}_2$ ). Z menu rozwijanego G2 wybierzcie **Ciśnienie** (dla kolby kontrolnej/odniesienia).
- e. Wybierzcie nową krzywą wykresu.
- f. Następnie dopasujcie krzywą do przetwarzanych danych:
  - i. Wybierzcie **Dopasowanie krzywej** (  $\text{y} = \text{ax} + \text{b}$  ) z górnego paska menu w oknie **Analiza**.
  - ii. W otwartym w ten sposób oknie **Dopasowanie krzywej** wybierzcie **Funkcja liniowa** z menu rozwijanego **Dopasowanie krzywej**.
  - iii. Obok drugiego kursora wyświetlone zostanie równanie krzywej wykresu.
- g. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu to sumaryczna szybkość reakcji.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 3

## Pytania

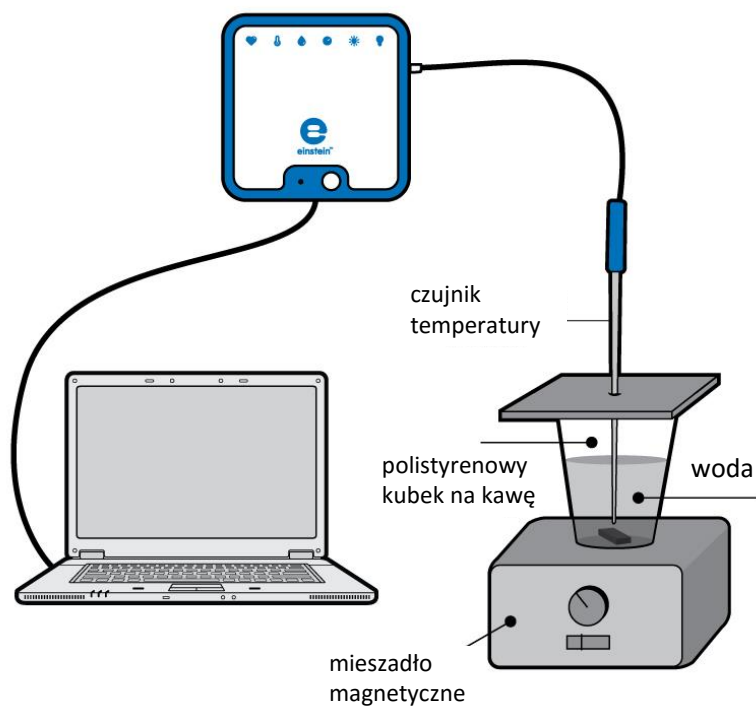
1. W jaki sposób ciśnienie wpłynęło na dysproporcjonowanie  $\text{H}_2\text{O}_2$ ?
2. Porównajcie zmiany ciśnienia w obu kolbach. Czy zaobserwowaliście jakąś zmianę w kolbie 1? A w kolbie 2? Wyjaśnijcie różnice.
3. Która z kolb służy jako kolba kontrolna/kolba odniesienia? Wyjaśnijcie.
4. Dlaczego w tym doświadczeniu potrzebny jest układ odniesienia?
5. Jaki skutek spowodowało dodanie kryształków  $\text{MnO}_2$  do kolb?
6. Jak Suma rosnących ilości  $\text{MnO}_2$  wpłynęłoby na szybkość reakcji?
7. Jaki wpływ na szybkość dysproporcjonowania  $\text{H}_2\text{O}_2$  miałyby podniesienie temperatury w kolbach w trakcie doświadczenia?

## Dalsze propozycje

1. Dodawajcie coraz większe ilości  $\text{MnO}_2$  do mieszaniny reakcyjnej i obserwujcie reakcje.

2. Obliczcie szybkość reakcji uzyskaną w każdym doświadczeniu.
3. Porównajcie wpływ różnego rodzaju katalizatorów chemicznych, takich jak:  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ , jony  $\text{Fe}^{+2}$ , metaliczna platyna.
4. Zmieńcie stężenie  $\text{H}_2\text{O}_2$  dodawanego do mieszaniny reakcyjnej. Porównajcie wpływ stężeń substratu reakcji na szybkość reakcji z wpływem katalizatora.
5. Obserwujcie zmiany temperatury zachodzące w trakcie tej reakcji. Oszacujcie wpływ temperatury na szybkość rozkładu  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

# Prawo Hessa: zachowanie energii w chemii



Rys. 1



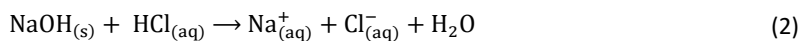
## Wprowadzenie

Według prawa Hessa, jeśli reakcję można przeprowadzić w szeregu kroków, suma entalpii (całkowitej energii) poszczególnych kroków powinna być równa zmianie entalpii dla całej reakcji. W tym doświadczeniu będziecie korzystać z następujących reakcji:

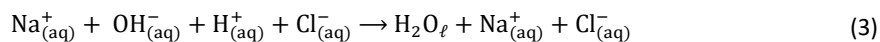
1. Rozpuszczanie stałego wodorotlenku sodu w wodzie, wytwarzające wodny roztwór jonów.



2. Reakcja stałego wodorotlenku sodu z wodnym roztworem kwasu solnego, wytwarzająca wodę i wodny roztwór chlorku sodu.



3. Reakcja roztworów wodnych wodorotlenku sodu i kwasu solnego, wytwarzająca wodę i wodny roztwór chlorku sodu.



Ciepło reakcji można obliczyć za pomocą następującego równania:

$$Q = mC\Delta T \quad (4)$$

Gdzie:

$Q$  = ilość ciepła uwalnianego lub wchłanianego

$m$  = masa substancji

$C$  = pojemność cieplna substancji

$\Delta T$  = zmiana wartości temperatury




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- zlewka o pojemności 250 ml
- polistyrenowy kubek na kawę
- mieszadło magnetyczne z mieszadłem
- 50 ml NaOH o stężeniu 1,0 M
- 50 ml HCl o stężeniu 1,0 M
- 100 ml HCl o stężeniu 0,5 M
- 100 ml wody
- 4 g stałego NaOH
- okulary i rękawice ochronne



## 123 Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników

Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	500

Czas trwania pomiaru:




8 minut 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

W czasie trwania doświadczenia nie zdejmujcie okularów i rękawic ochronnych.

1. Przygotujcie polistyrenową pokrywkę do przykrycia polistyrenowego kubka na kawę. Pokrywka powinna być płaska i większa od obwodu kubka.
2. Zróbcie otwór w pokrywce i włóżcie w nią czujnik temperatury.
3. Włóżcie magnetyczne mieszadło do kubka.
4. Nalejcie 100 ml wody z kranu do kubka.
5. Postawcie kubek na mieszadle magnetycznym.
6. Połóżcie pokrywkę na kubku, zostawiając wąską szczelinę, tak, by do kubka można było dosypać NaOH.
7. Zaczynajcie mieszać wodę w kubku.
8. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
9. Poczekajcie, aż odczyty z czujnika ustabilizują się.
10. Reakcja #1:
  - a. Dodajcie 2 g krystalicznego NaOH do kubka i natychmiast przykryjcie go szczelnie pokrywką.
  - b. Obserwujcie zmiany temperatury w oknie **Wykres** programu MiLAB4™.
  - c. Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
  - d. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.
11. Reakcja #2:
  - a. Powtórzcie reakcję rozpuszczania (kroki 3-9) używając 100 ml HCl o stężeniu 0,5 M zamiast wody.

**Uwaga:** Zachowajcie wyjątkową ostrożność podczas pracy z HCl i NaOH.

12. Reakcja #3:
  - a. Powtórzcie kroki 3-9, odmierzając wstępnie do zlewki 50 ml HCl o stężeniu 1,0 M.  
W kroku 10a, zamiast stałego NaOH, dodajcie 50 ml NaOH o stężeniu 1,0 M.

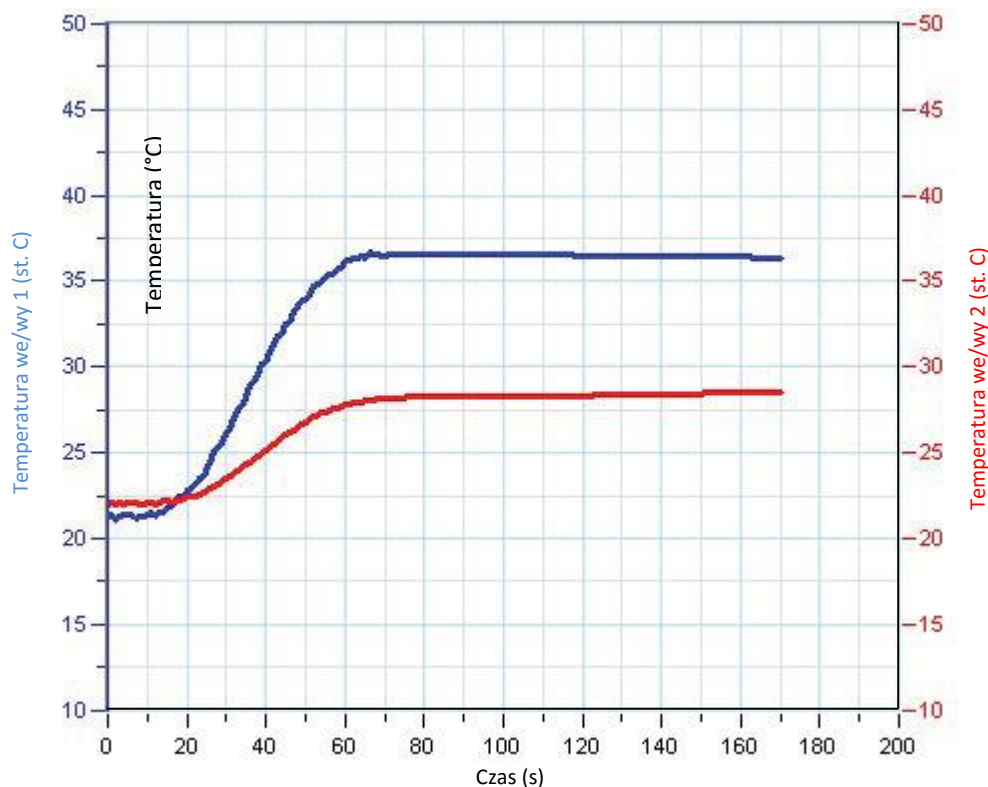


## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Za pomocą kursorów zaznaczcie na wykresie temperaturę początkową i końcową dla każdej reakcji.
2. Ustalcie zmianę temperatury ( $\Delta T$ ) dla każdej reakcji.
3. Ustalcie masę 100 ml roztworu dla każdej reakcji (przyjmijcie, że gęstość każdego roztworu to 1 g/ml).
4. Obliczcie ciepło uwolnione w każdej z reakcji: wykorzystajcie równanie 4. oraz ciepło właściwe wody ( $C_p = 4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ) do obliczenia ciepła  $Q$ .
5. Ustalcie zmianę entalpii  $\Delta H$  ( $\Delta H = -Q$ )
6. Obliczcie liczbę moli NaOH zużytych w każdej reakcji.
7. Ustalcie stosunek  $\Delta H/\text{mol NaOH}$  dla każdej z trzech reakcji.
8. Porównajcie wartości ciepła reakcji ( $\Delta H/\text{mol}$ ) z kroków 1 i 3.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 2

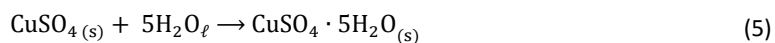
## Pytania

1. Czy według zebranych danych wartość ciepła wszystkich reakcji jest równa sumie wartości ciepła poszczególnych reakcji?
2. Ustalcie błąd procentowy dla tego doświadczenia.

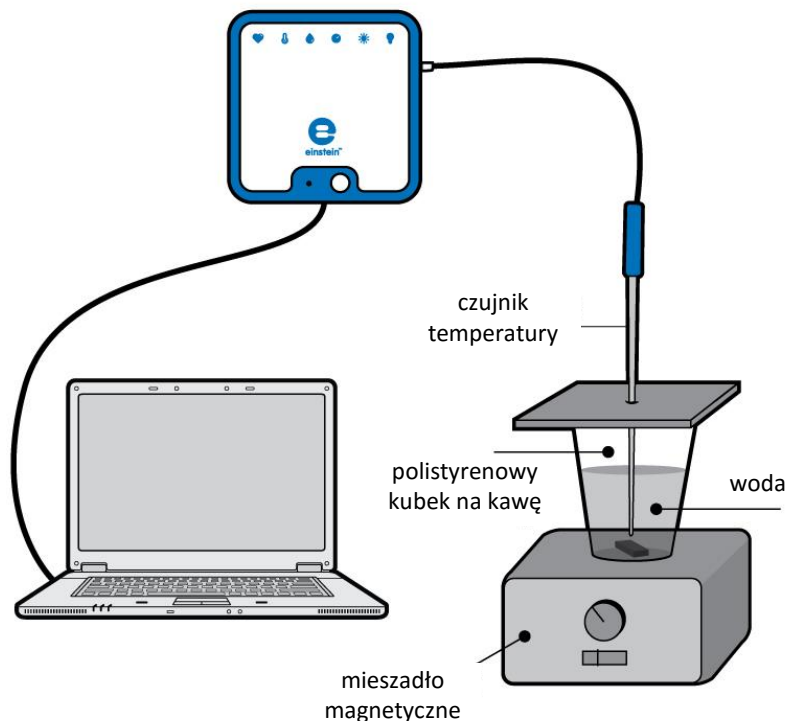
## Dalsze propozycje

Rozpuśćcie różne ilości NaOH. Obserwujcie zmiany temperatury.

1. W każdej reakcji obserwujcie zmiany pH.
2. Rozpuśćcie bezwodny  $\text{CuSO}_4$  w wodzie oraz  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$  w wodzie i przeliczcie prawo Hessa dla:



# Ciepło spalania

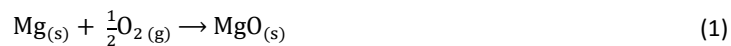


Rys. 1

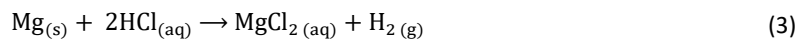
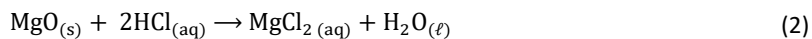


## Wprowadzenie

Według prawa Hessa, jeśli reakcję można przeprowadzić w szeregu kroków, suma entalpii (całkowitej energii) poszczególnych kroków powinna być równa zmianie entalpii dla całej reakcji. W tym doświadczeniu wykorzystacie prawo Hessa do przeanalizowania reakcji, w której trudno byłoby zmierzyć ciepło reakcji bezpośrednio w laboratorium. Zbadacie ciepło spalania taśmy magnezowej:



Równanie to można uzyskać łącząc:





Ciepło reakcji można obliczyć za pomocą następującego równania:

$$Q = mC\Delta T \quad (5)$$

Gdzie:

$Q$  = ilość ciepła uwalnianego lub wchłanianego.

$m$  = masa substancji.

$C$  = pojemność cieplna substancji.

$\Delta T$  = zmiana wartości temperatury.




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- zlewka o pojemności 250 ml
- polistyrenowy kubek na kawę
- taśma magnezowa, 0,5 g
- MgO, 1 g
- 500 ml roztworu HCl o stężeniu 1 M
- mieszadło magnetyczne z mieszadłem
- okulary i rękawice ochronne

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników

Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:




<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	500
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	8 minut 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

Podczas doświadczenia nie zdejmujcie okularów i rękawic ochronnych.

1. Przygotujcie polistyrenową pokrywkę do przykrycia polistyrenowego kubka na kawę. Pokrywka powinna być płaska i większa od obwodu kubka.
2. Zróbcie w pokrywce otwór na czujnik temperatury.
3. Włóżcie magnetyczne mieszadełko do kubka.
4. Nalejcie do kubka 100 ml roztworu HCl o stężeniu 1,0.
5. Postawcie kubek na mieszadle magnetycznym.
6. Połóżcie pokrywkę na kubku zostawiając wąską szczelinę, tak, by do kubka można było dodać MgO.
7. Zaczynajcie mieszać HCl w kubku.
8. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
9. Poczekaście, aż odczyty z czujnika ustabilizują się.
10. Reakcja #1:
  - a. Dodajcie 1 g MgO do kubka i natychmiast przykryjcie go szczelnie pokrywką.
  - b. Obserwujcie zmiany temperatury w oknie **Wykres** programu MiLAB4™, dopóki zmiany nie ustaną.
  - c. Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
  - d. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.
11. Reakcja #2:
  - a. Powtórzcie reakcję (kroki 3-10) używając 0,5 g taśmy magnezowej zamiast sproszkowanego tlenku magnezu.

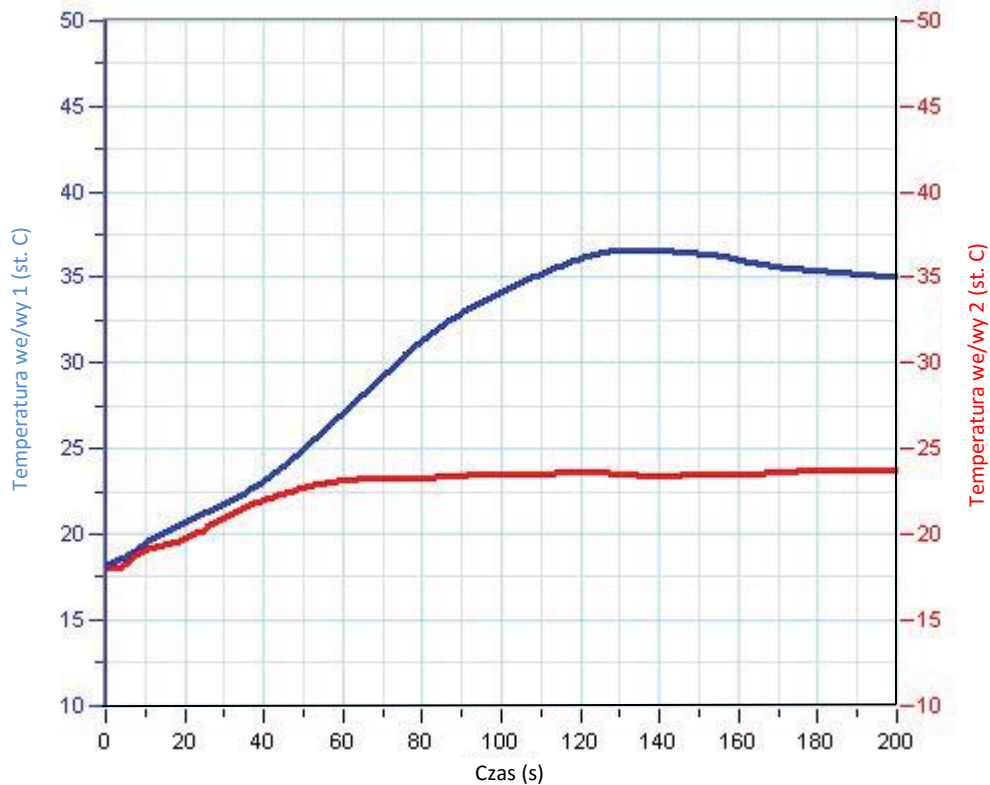


## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Za pomocą kursorów zaznaczcie na wykresie temperaturę początkową i końcową dla każdej reakcji.
2. Ustalcie zmianę temperatury ( $\Delta T$ ) dla każdej reakcji.
3. Wykorzystajcie równanie 5. oraz ciepło właściwe wody ( $C_p = 4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ) do obliczenia ciepła  $Q$  (przyjmijcie, że gęstość roztworu HCl to 1 g/ml).
4. Ustalcie zmianę entalpii  $\Delta H$  ( $\Delta H = -Q$ )
5. W końcowej odpowiedzi przeliczcie dżule (J) na kilodżule (kJ).
6. Ustalcie liczbę moli wykorzystanego MgO i Mg.
7. Obliczcie stosunek  $\Delta H/\text{mol}$  dla MgO i Mg.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:



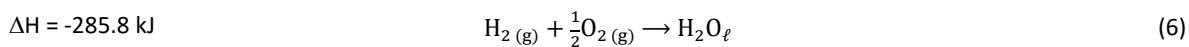
Rys. 2

## Pytania

1. Ustalcie stosunek  $\Delta H/\text{mol Mg}$  dla następującej reakcji:



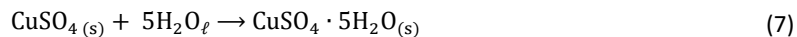
korzystając z wartości  $\Delta H$  obliczonych na podstawie danych doświadczalnych oraz



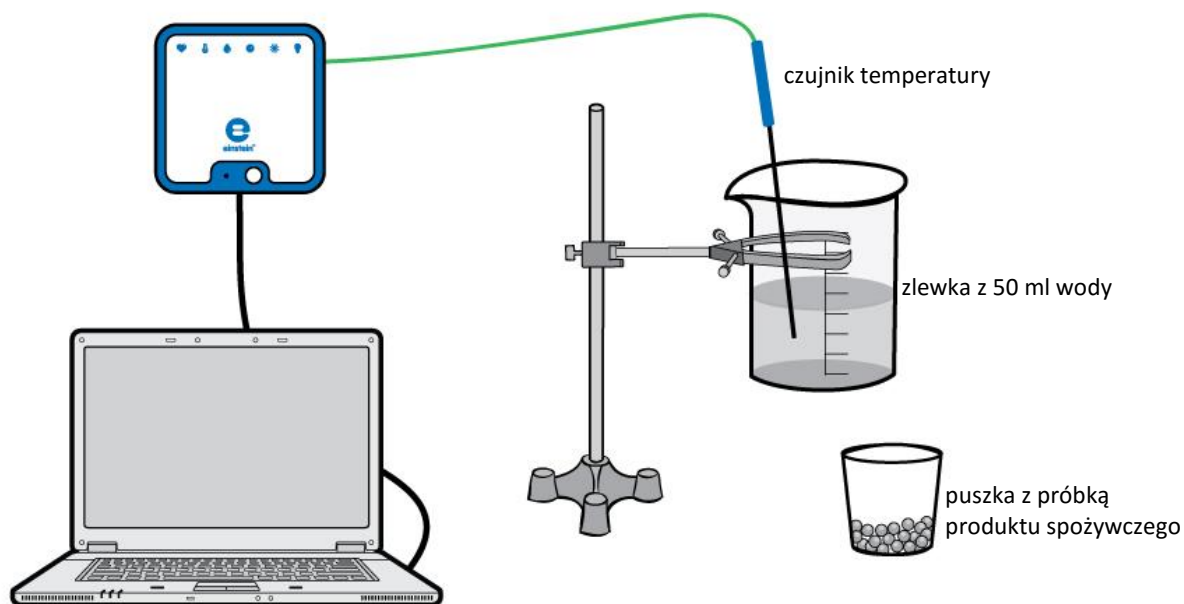
ustalcie błąd procentowy dla uzyskanej odpowiedzi na pytanie 1. Wartością do przyjęcia jest 602 KJ.

## Dalsze propozycje

Ustalcie ciepło reakcji dla następującego równania:



# Wartość energetyczna produktów spożywczych



Rys. 1



## Wprowadzenie

Wszelkie działania człowieka wymagają spalania kalorii. Spalanie kalorii generuje z kolei potrzebną człowiekowi do życia energię. W tym doświadczeniu, spalając trzy próbki produktów spożywczych (popcorn, piankę żelową i orzeszki ziemne), ustalicie ilość energii (w kJ/g) uwalnianej przez nie. Uwolniona energia ogrzewa znaną ilość wody i może zostać wyliczona z równania 1. Wartość energetyczną uzyskuje się dzieląc ciepło przez masę spalonego produktu spożywczego (równanie 2):

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

Gdzie:

$Q$  = ilość ciepła uwalnianego/wchłanianego

$m$  = masa wody

$C_p$  = pojemność cieplna wody przy stałym ciśnieniu

$\Delta T$  = zmiana temperatury wody

$$E_{\text{żywn.}} = \frac{Q}{m_{\text{żywn.}}} \quad (2)$$

Gdzie:

$E_{\text{żywn.}}$  = wartość energetyczna produktu spożywczego

$m_{\text{żywn.}}$  = masa spalonego produktu spożywczego




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- statyw z łapą laboratoryjną
- niewielka puszka ( $\leq 50$  ml) na produkt żywnościowy
- niewielka puszka (100 – 200 ml) na wodę
- trzy próbki produktów spożywczych: popcorn, pianka żelowa i orzeszki ziemne
- waga
- bagietki do mieszania
- menzura (cylinder miarowany)
- zimna woda
- zapalki



## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników




Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	200
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	3 minuty 20 sekund

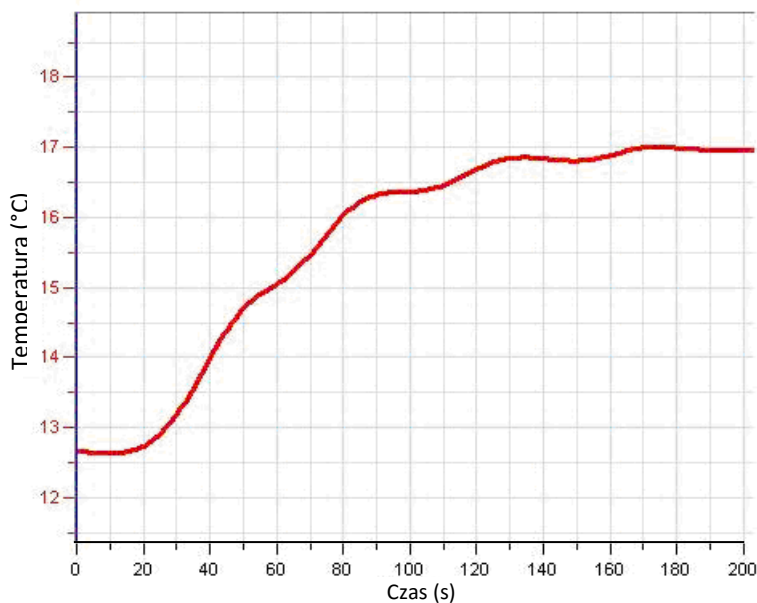
**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



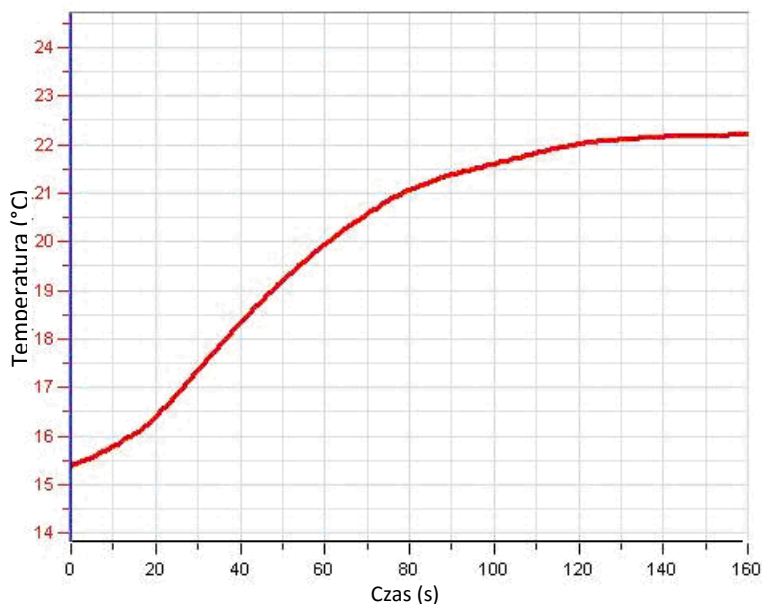
## Procedura doświadczalna

1. Ustalcie masę próbki żywności.
2. Dodajcie 50 ml zimnej wody do pojemnika na wodę i ustalcie jego dokładną masę, ważąc go.
3. Umieście pierwszą próbkę żywności w puszcze na żywność. Zauważcie, że próbki łatwiej się zapalą, jeśli zostaną zmielone. W szczególności dotyczy to orzeszków.
4. Umieście puszkę z próbką żywności bezpośrednio pod pojemnikiem z wodą.
5. Włóżcie czujnik temperatury do wody (nie może w żadnym razie dotykać dna).
6. Zaczynajcie mieszać próbkę wody w pojemniku.
7. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
8. Oczekajcie około minuty, zanim zapalicie zapałką próbkę żywności.
9. Dalej mieszajcie próbkę wody, dopóki temperatura nie przestanie rosnąć.
10. Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
11. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.
12. Powtórzcie procedurę 1-11 dla pozostałych dwóch próbek żywności.

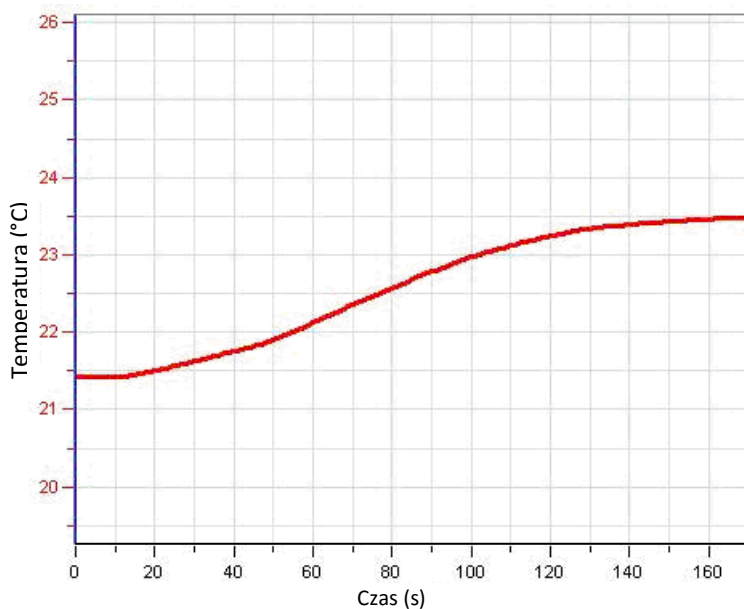
Poniżej pokazano przykładowe wykresy uzyskane w tym doświadczeniu:



Rys. 2: Spalanie 4,4 g orzeszków ziemnych



Rys. 3: Spalanie 0,5 g popcornu



Rys. 4: Spalanie 3,6 g pianki żelowej



## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Za pomocą dwóch kursorów zaznaczcie temperaturę wody na początku doświadczenia, a następnie zaznaczcie najwyższą zarejestrowaną temperaturę.
  - a. Jaka była zmiana temperatury wody ( $\Delta T$ ) dla każdej z próbek żywności?

- b. Według równania pierwszego obliczcie ciepło ( $Q$ ) wchłonięte przez wodę.
  - c. Zważcie pozostałości próbek żywności, aby ustalić masę tego, co pozostało.
2. Odejmijcie tę wartość od pierwotnej wagi żywności, aby ustalić  $m_{\text{żywn.}}$  - masę żywności, która uległa spaleni.

**Uwaga:** Ciepło właściwe wody w temperaturze 25°C wynosi 4,18 J/g°C.

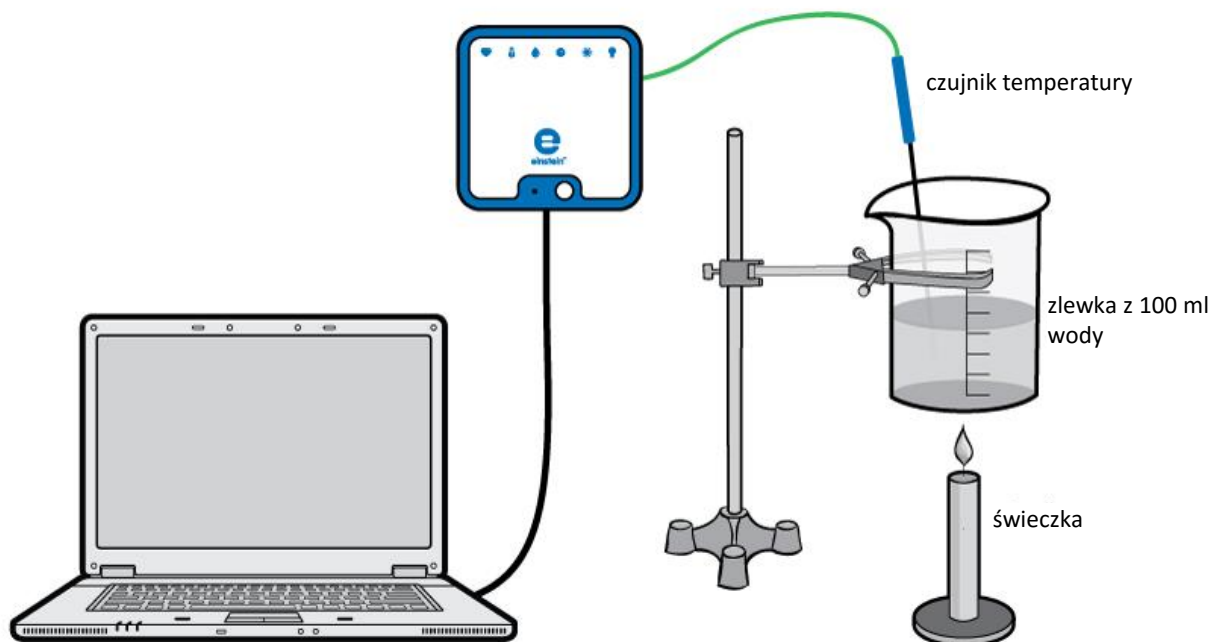


## Pytania

1. Która próbka żywności miała najwyższą wartość energetyczną (w kJ/g)?
2. Energia żywności wyrażana jest w jednostkach nazywanych „kaloriami” (1 cal = 4,18 kJ). Ile kalorii będzie miała torebka zawierająca 50 g orzeszków ziemnych?
3. Orzeszki ziemne mają dużą zawartość tłuszczu. Pianka żelowa i popcorn mają wysoką zawartość węglowodanów. Jakie uogólnienie, co do względnej wartości energetycznej tłuszczu i węglowodanów, można sformułować na podstawie uzyskanych wyników?



# Wartość energetyczna paliw



Rys. 1



## Wprowadzenie

W tym doświadczeniu ustalicie i porównacie ciepło, wytwarzane przez dwa różne paliwa: parafinę i metanol. Parafina należy do grupy związków nazywanych alkanami. Benzyna i olej napędowy to ważne alkany, które wykorzystuje się jako paliwa.

Metanol i etanol wykorzystywane są jako dodatki do benzyny i jej zastępniki.

W tym doświadczeniu porównacie wartość energetyczną parafiny i metanolu, a zrobicie to, mierząc ich ciepło spalania.

Aby określić ciepło spalania, najpierw spalicie parafinę a następnie metanol i wyliczycie ciepło wytworzone przez te dwa paliwa, mierząc ciepło pochłonięte przez znaną ilość wody:

$$|Q = mC_p\Delta T \quad (1)$$

Gdzie:

$Q$  = ilość ciepła uwalnianego lub wchłanianego

$m$  = masa wody

$C_p$  = pojemność cieplna wody przy ustalonym ciśnieniu

$\Delta T$  = zmiana wartości temperatury




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- statyw z łapą laboratoryjną
- zlewka lub niewielka puszką (250 ml)
- waga
- menzura (cylinder miarowany)
- zimna woda
- bagietka do mieszania
- świeczka
- palnik na metanol (np. palnik z zestawu do fondue)
- zapalki

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników




Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	200
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	3 minuty 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

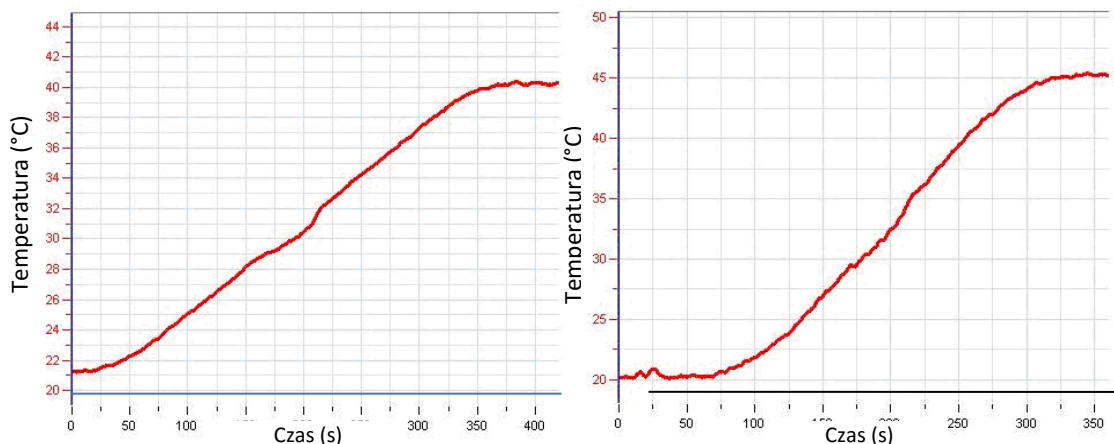
1. Ustalcie masę pustego pojemnika na wodę.
2. Nalejcie 100 ml zimnej wody do zlewki i zważcie ją.
3. Zważcie świeczkę, aby ustalić jej masę.
4. Użyjcie statywu, aby zamocować zlewkę w łąpie nad świeczką.
5. Włóżcie czujnik temperatury do wody (nie może w żadnym razie dotykać dna).
6. Zaczynajcie mieszać próbkę wody w pojemniku.
7. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
8. Odczekajcie około 30 sekund, zanim zapalicie świeczkę.
9. Dalej mieszajcie próbkę wody podczas jej podgrzewania.
10. Zgaście płomień, gdy woda osiągnie temperaturę 40°C.
11. Gdy temperatura już przestanie rosnać, wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
12. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.
13. Zważcie wszystko, co pozostało ze świeczki (w tym nacieki woskowe), aby ustalić końcową masę świeczki.
14. Zważcie palnik na metanol, aby ustalić jego masę.
15. Zastąpcie świeczkę palnikiem na metanol i powtórzcie doświadczenie z 200 ml wody (nie zapomnijcie zważyć wody w pojemniku).
16. Po zgaszeniu palnika na metanol, przykryjcie go kawałkiem metalu i pozostawcie do schłodzenia do temperatury pokojowej.
17. Zważcie palnik na metanol, aby ustalić masę palnika i pozostałego paliwa.



## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

Poniżej pokazano przykładowe wykresy uzyskane w tym doświadczeniu:



Rys. 2

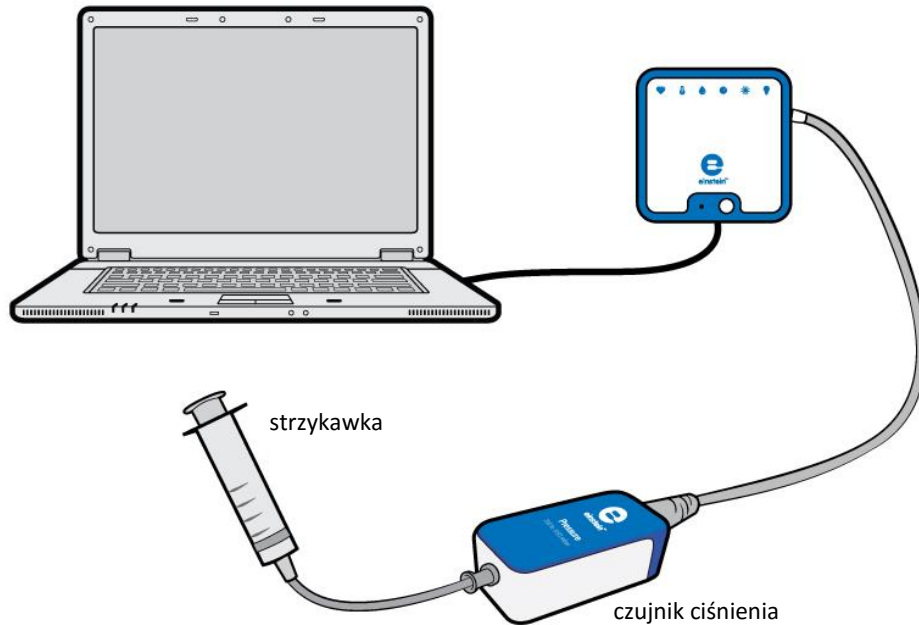
1. Na obu wykresach zaznaczcie kursorami temperaturę początkową i najwyższą osiągniętą temperaturę.
2. Ustalcie masę podgrzanej wody.
3. Jak bardzo zmieniła się temperatura wody ( $\Delta T$ )?
4. Za pomocą równania 1 obliczcie ciepło ( $Q$ ) wchłonięte przez wodę.
5. Ustalcie masy spalonej parafiny i spalonego metanolu.
6. Obliczcie procentową sprawność dla procesów w obu doświadczeniach. Podzielcie uzyskaną w doświadczeniu wartość [kJ/g] przez odpowiednie wartości literaturowe i pomnóżcie wynik przez 100. Wartości literaturowe: 41,5 kJ/g (parafina) i 30,0 kJ/g (etanol).

## Pytania

1. Które paliwo wytwarza więcej energii z jednego spalonego grama? Podajcie wyjaśnienie tej różnicy (wskazówka: metanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  to cząstka, która zawiera tlen; parafina  $\text{C}_{25}\text{H}_{52}$  przeciwnie, nie zawiera tlenu).
2. Zaproponujcie zalety wykorzystania etanolu (lub parafiny) jako paliwa.
3. Omówcie czynniki powodujące straty ciepła, które przyczyniły się do niskiej sprawności procesu przeprowadzonego w doświadczeniu.

# Prawo Boyle'a-Mariotte'a

Rys. 1



## Wprowadzenie

Prawo Boyle'a-Mariotte'a mówi, że przy stałej temperaturze, ciśnienie danej masy suchego gazu jest odwrotnie proporcjonalne do jego objętości:

$$P = \frac{k}{V} \quad (1)$$

Gdzie:

$P$  = ciśnienie

$k$  = stała

$V$  = objętość gazu

Wielkość stałej zależy od temperatury, masy oraz właściwości gazu.

W tym doświadczeniu zmienicie objętość powietrza w strzykawce i zmierzycie ciśnienie za pomocą czujnika ciśnienia, podłączonego bezpośrednio do strzykawki.




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 – 1150 mbar)
- strzykawka (50 ml)

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik ciśnienia do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik ciśnienia**.



## Ustawienia czujników






Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 – 1150 mbar)
<b>Pomiary:</b>	ciśnienie (mbar)
<b>Próbkowanie:</b>	ręczne
<b>Liczba pomiarów:</b>	50

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik ciśnienia (150 mbar – 1150 mbar), a nie wewnętrzny czujnik ciśnienia (0 kPa - 400 kPa).




## Procedura doświadczalna

1. Wyciągnijcie tłoczek strzykawki aż do kreski 50 ml, aby napełnić ją powietrzem.
2. Podłączcie czujnik ciśnienia bezpośrednio do końcówki wylotowej strzykawki (Rys. 1).
3. Wybierzcie **Start** () , aby włączyć zapis danych.
4. Dane będą zbierane ręcznie: wybierzcie **Pomiar ręczny** () za każdym razem, gdy zechcecie wykonać kolejny pomiar.
5. Wykonajcie pierwszy pomiar, wybierając **Pomiar ręczny** () .
6. Zaczynajcie wciskać tłoczek strzykawki, zmniejszając objętość powietrza w jej wnętrzu do 45 ml, a następnie wybierzcie **Pomiar ręczny** () , aby dokonać pomiaru.
7. Powtórzcie krok 6 dla następujących objętości powietrza w strzykawce: 40 ml, 35 ml, 30 ml, 25 ml oraz 20 ml.
8. Wybierzcie **Stop** () , aby zatrzymać rejestrację danych.



## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Aby można było wpisać do tabeli danych wartości objętości odpowiadające każdemu pomiarowi należy najpierw wyeksportować dane. W tym celu wybierzcie **Eksportuj** (  ) i zapiszcie plik w formacie csv.
2. Otwórzcie wyeksportowane dane w odpowiednim arkuszu kalkulacyjnym lub programie do tworzenia wykresów.
3. Dodajcie kolumnę do istniejących danych i wpiszcie wartości objętości odpowiadające każdemu pomiarowi ciśnienia (przykład na Rys. 2).

	Pomiary	Ciśnienie we/wy 1	Objętość (ml)
1	0	99.29	50
2	1	112.14	45
3	2	123.57	40
4	3	142.14	35
5	4	165	30
6	5	199.29	25
7	6	241.43	20

Rys. 2

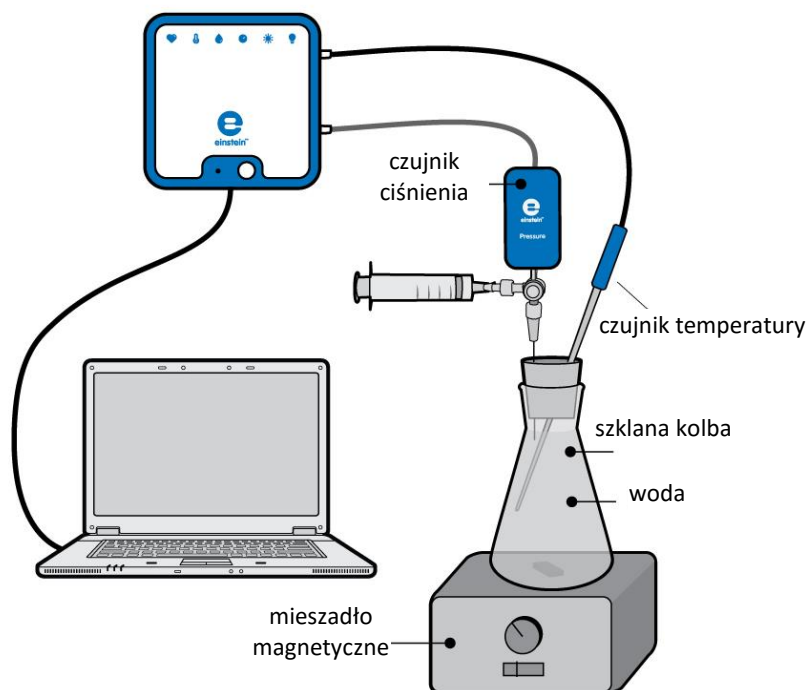
4. Wstawcie nową kolumnę, w której wyliczycie odwrotność objętości.
5. Obliczcie odwrotność objętości ( $1/V$ ) dla każdego pomiaru.
6. Utwórzcie wykres ciśnienia jako funkcji  $1/\text{objętość}$ .



## Pytania

1. Czy relacja między ciśnieniem i objętością jest proporcjonalna, czy odwrotnie proporcjonalna? Wyjaśnijcie.
2. Czy z uzyskanego wykresu możesz wywnioskować, jakie będzie ciśnienie gazu, jeśli objętość zostanie obniżona do 10 ml?

# Wpływ zmian temperatury powietrza na ciśnienie powietrza: ogólne równanie stanu gazu



Rys. 1



## Wprowadzenie

Na objętość gazów ( $V$ ) ma wpływ ich temperatura ( $T$ ). Jak mówi prawo Charlesa, próbka gazu o stałym ciśnieniu zwiększa objętość liniowo wraz z temperaturą:

$$V \propto T \quad (1)$$

$$\frac{V}{T} = \text{constans}$$

Prawo Charlesa, połączone z prawem Boyle'a-Mariotte'a, można wyrazić w postaci jednego prawa: ogólnego równania stanu gazu.

Prawo to mówi, że objętość zajmowana przez daną ilość gazu jest proporcjonalna do temperatury bezwzględnej, podzielonej przez ciśnienie ( $P$ ):

$$\frac{PV}{T} = \text{constans} \quad (2)$$



W tym doświadczeniu będziecie badać relację między ciśnieniem i temperaturą oraz ich wpływ na zachowanie gazu. Zrobicie to, mierząc wpływ ogrzewania stałej objętości powietrza, zamkniętego w szczelnie zamkniętej kolbie, na jego ciśnienie.




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 mbar – 1150 mbar)
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- szklana kolba 50 ml
- korek gumowy
- igły do strzykawki o rozmiarze 20G (średnica 0,9 mm)
- zawór trójdrogowy
- statyw
- mieszadło magnetyczne/płyta grzejna i mieszadełko
- okulary ochronne



## 123 Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik ciśnienia do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
4. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 2.
5. Wbijcie igłę (rozmiar 20G) w korek tak, by czubek lekko wystawał po drugiej stronie korka (Rys. 1).
6. Podłączcie zawór trójdrogowy do drugiego końca igły, wystającego z górnej powierzchni korka. Podłączcie czujnik ciśnienia do drugiego końca zaworu.
7. Obróćcie kurek zaworu tak, by otwarty był przepływ w kierunku poziomym. W tej pozycji powietrze może przepływać przez zawór z kolby do otoczenia.
8. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrane zostały tylko **Czujnik ciśnienia** oraz **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników

Zaprogramujcie czujniki tak, by zapisywały dane według następującej konfiguracji:




<b>Czujnik:</b>	czujnik ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 mbar – 1150 mbar)
<b>Pomiary:</b>	ciśnienie (mbar)
<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę

Liczba pomiarów:	500
Czas trwania pomiaru:	8 minut 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrane zostały tylko zewnętrzny czujnik ciśnienia (150 mbar – 1150 mbar) i zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik ciśnienia (0 kPa – 400 kPa) lub wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

1. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na powyższym Rys. 1.
2. Załóżcie okulary ochronne.
3. Zróbcie w korku otwór na tyle duży, by dało się włożyć w niego końcówkę czujnika temperatury (można też zrobić wąską szparkę na bocznej ściance korka).
4. Włóżcie magnetyczne mieszadełko do kolby.
5. Napełnijcie szklaną kolbę wodą. Zostawcie w kolbie niewielką objętość powietrza, tak, by woda nie sięgała igieł.
6. Włóżcie czujnik temperatury w otwór lub szparę zrobioną w korku.
7. Zakorkujcie kolbę i zacznijcie mieszać.
8. Upewnijcie się, że ciśnienie w kolbie jest równe ciśnieniu atmosferycznemu (około 1000 mbar) a następnie obróćcie kurek zaworu, aby uniemożliwić wpływanie powietrza do kolby.
9. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.
10. Obserwujcie poziom ciśnienia w oknie **Wykres** programu MiLAB4™.
11. Zacznijcie ogrzewać kolbę. Obróćcie włącznik grzania na mieszadle magnetycznym/płycie grzejnej do pozycji pośredniej. Obserwujcie zmiany ciśnienia przez około 5 minut.
12. Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
13. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.

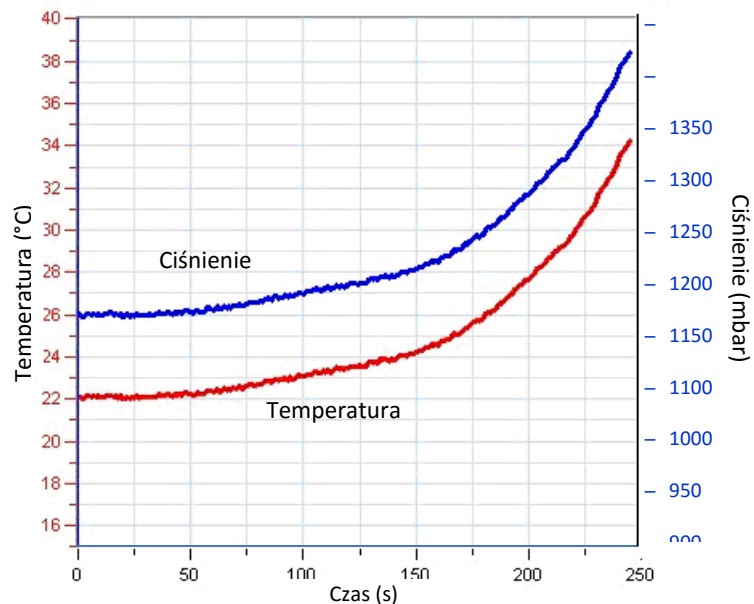


## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Porównajcie rozkład zmian ciśnienia z rozkładem zmian temperatury. Czy dostrzegacie jakieś podobieństwo między nimi?

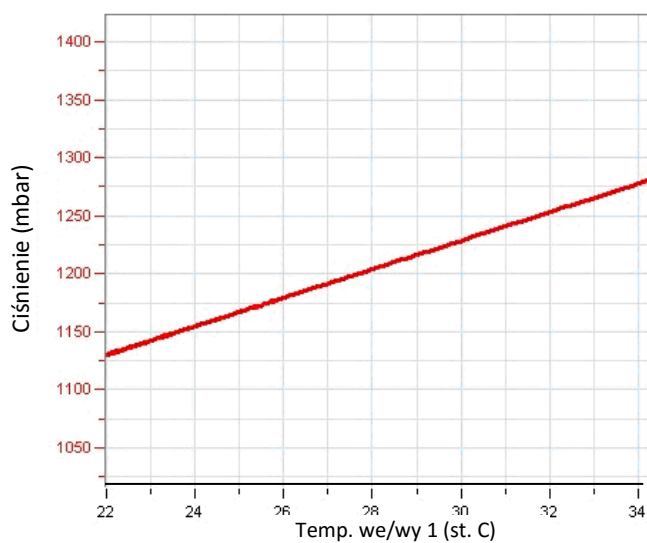
Poniżej pokazano przykładowe wykresy uzyskane w tym doświadczeniu:



Rys. 2

2. Znajdźcie korelację między zmianami temperatury i ciśnienia, wyświetlając wykres ciśnienia jako funkcji temperatury. Utwórzcie wykres ciśnienia jako funkcji temperatury wybierając strzałkę w dół ▼ na pasku **Wykres** a następnie **Temperatura** jako wielkość na osi x (Rys. 4).

Poniżej pokazano przykładowy wykres ciśnienia jako funkcji temperatury uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 3

## Pytania

1. Zmiany temperatury i ciśnienia układają się w krzywą nieliniową. Dlaczego?
2. Jaki kształt przyjęłyby te krzywe, gdyby kolba była ogrzewana w kąpeli?

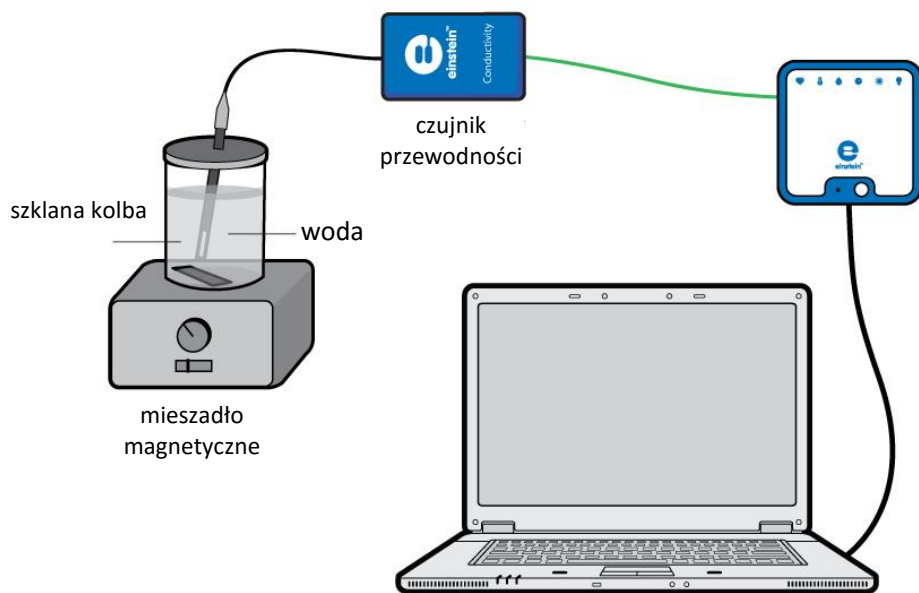
3. Jaka jest relacja między zmianami ciśnienia podczas doświadczenia, a zmianami temperatury? Odwołajcie się do wykresu ciśnienia jako funkcji temperatury.
4. Jaki byłby wpływ ochłodzenia kolby na ciśnienie?
5. Załóżcie, że objętość wody w kolbie została zmniejszona. Jaki byłby skutek ogrzania kolby w porównaniu do wyników otrzymanych w tym doświadczeniu?



### Dalsze propozycje

1. Ogrzewajcie kolbę przez chwilę. Następnie przestańcie ją ogrzewać. Gdy temperatura ustabilizuje się, zacznijcie schładzać kolbę. Obserwujcie zmiany ciśnienia mierzonego w kolbie.
2. Przeprowadźcie to doświadczenie z innymi objętościami wody w kolbie. W każdym przypadku porównajcie wpływ ogrzewania i schładzania na ciśnienie.

# Przewodność słonej wody



Rys. 1



## Wprowadzenie

Rozpuszczanie chlorku sodu w wodzie uwalnia jony, zgodnie z poniższym równaniem:



W tym doświadczeniu zbadacie wpływ zwiększania stężenia chlorku sodu na przewodność. Będziecie mierzyć przewodność, gdy stężenie jonów w obserwowanym roztworze będzie stopniowo zwiększane przez Suma kropli stężonego roztworu NaCl.




## Sprzęt

- einstein™ LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik przewodności (zakres pomiarowy: 0 mS – 20 mS)
- 200 ml wody destylowanej
- szklana kolba 250 ml
- 50 ml roztworu chlorku sodu
- mieszadło magnetyczne z mieszadłem
- okulary ochronne

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujnik przewodności do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik przewodności**.



## Ustawienia czujników





Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik przewodności (zakres pomiarowy: 0 mS – 20 mS)
<b>Pomiary:</b>	przewodność (mS)
<b>Próbkowanie:</b>	ręczne
<b>Liczba pomiarów:</b>	20



## Procedura doświadczalna


Podczas doświadczenia nie zdejmujcie okularów ochronnych.

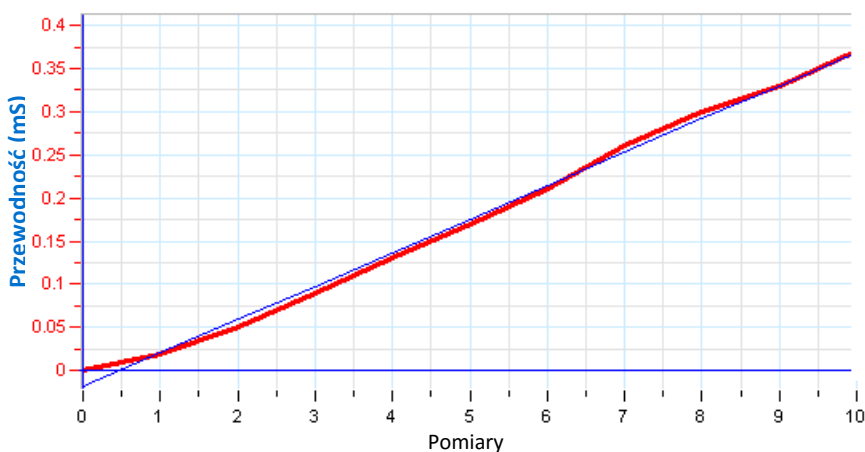
1. Włóżcie magnetyczne mieszadełko do kolby.
2. Wlejcie 40 ml wody destylowanej do kolby i umieśćcie ją na mieszadle magnetycznym.
3. Do kolby włóżcie elektrodę czujnika przewodności.
4. Zaczynajcie mieszać wodę w kolbie.
5. Wybierzcie **Start** () , aby włączyć zapis danych dot. przewodności roztworu w kolbie.
6. Dane będą zbierane ręcznie: wybierzcie **Pomiar ręczny** () z głównego paska narzędziowego za każdym razem, kiedy chcecie zarejestrować dane próbki.
7. Dodajcie jedną kroplę roztworu chlorku sodu do wody destylowanej. Pomieszajcie, aby dobrze się rozpuścił.
8. Wybierzcie **Pomiar ręczny** () , aby zmierzyć przewodność roztworu w kolbie.
9. Powtórzcie tę procedurę 9 razy, dopóki do wody nie dodacie w sumie 10 kropli.
10. Zmieńcie tempo mieszania podczas doświadczenia i obserwujcie wpływ zmiany na szybkość zmiany przewodności.
11. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** () z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.



## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Obliczcie szybkość zmiany przewodności uzyskanej w tym procesie:
  - a. Zaznaczcie na wykresie krzywą wykresu.
  - b. Wybierzcie **Dopasowanie krzywej** (  ) z górnego paska menu w oknie **Analiza**.
  - c. W otwartym w ten sposób oknie **Dopasowanie krzywej** wybierzcie **Funkcja liniowa** z menu rozwijanego **Dopasowanie krzywej**.
  - d. Obok drugiego kursora wyświetlone zostanie równanie krzywej wykresu.
2. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu to szybkość zmiany przewodności.  
Poniżej pokazano przykładowy wykres zmian przewodności i konduktancji uzyskany w tym doświadczeniu: Prosta linia jest wynikiem liniowego dopasowania krzywej.



Rys. 2



## Pytania

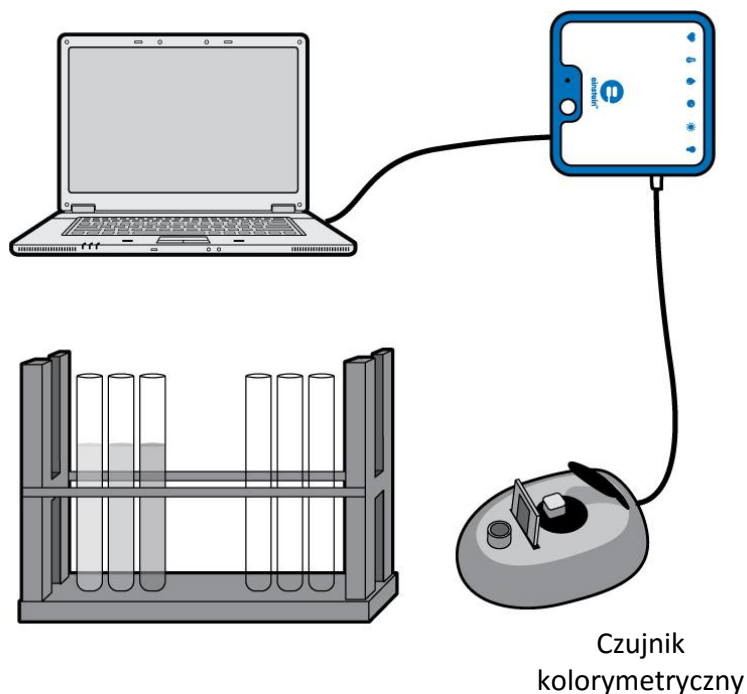
1. Opiszcie zmianę przewodności w miarę wzrostu stężenia roztworu NaCl.
2. Jakiego rodzaju zależność matematyczna ujawnia się między przewodnością i stężeniem?



## Dalsze propozycje

1. Dodawajcie roztwór  $\text{CaCl}_2$  (o tym samym stężeniu) zamiast NaCl.
2. Wykonajcie to doświadczenie ponownie, ale zmieńcie szybkość mieszania. Jaki ma to wpływ na przewodność? Wyjaśnijcie to zjawisko.

# Prawo Lamberta-Beera



Rys. 1



## Wprowadzenie

Ilość światła przenikającego przez roztwór określana jest jako transmitancja. Wyrażana jest ona jako stosunek pierwotnego natężenia światła  $I_0$  i natężenia światła przepuszczonego  $I_t$  :

$$T = \frac{I_t}{I_0} \quad (1)$$

Gdzie:

$T$ = transmitancja.

$I_t$ = natężenie przepuszczonego światła.

$I_0$ = natężenie pierwotnego promienia światła.

Można by sądzić, że relacja między transmitancją i absorbancją będzie prostą relacją odwrotności. Jednak rzeczywista relacja między tymi dwiema zmiennymi jest relacją odwrotną i logarytmiczną (logarytm o podstawie 10):

$$A = \log \frac{1}{T} = -\log T \quad (2)$$



Gdzie:

$A$  = absorpcja.

$T$  = transmitancja jako liczba z przedziału od 0 do 1,  $\frac{T\%}{100}$

Prawo Lamberta-Beera definiuje relację między absorbancją i stężeniem. Absorbancja rozpuszczonej substancji jest funkcją liniową jej stężenia. Długość ścieżki, którą przebiega światło (grubość kuwety) oraz współczynnik absorpcji właściwej (wielkość stała dla konkretnej substancji) determinują nachylenie wykresu liniowego.

$$A = \epsilon dc \quad (3)$$

Gdzie:

$\epsilon$  = absorpcja właściwa.

$d$  = długość ścieżki światła (szerokość kuwety).

$c$  = stężenie.

Prawo Lamberta-Beera obowiązuje jednak tylko dla rozcieńczonych roztworów.

Granice jego stosowalności są różne dla różnych materiałów. Ogólna zasada jest taka, że każdy materiał wykazujący absorpcję sięgającą 0,5-0,6, wciąż podlega prawu Lamberta-Beera.

W tym doświadczeniu zaobserwujecie liniowy wzrost absorbancji roztworu  $\text{CuSO}_4$  o rosnącym stężeniu. Umożliwi to Wam ustalenie jego absorpcji właściwej dla danej długości fali, należącej do jego widma absorpcyjnego.




## Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik kolorymetryczny
- cztery roztwory  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  o stężeniach od 0,006 mol/L do 0,05 mol/L.

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB (.
2. Podłączcie czujnik kolorymetryczny do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik kolorymetryczny**.



## Ustawienia czujników

Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	kolorymetr 0% – 100%
<b>Pomiary:</b>	absorbancja (%)

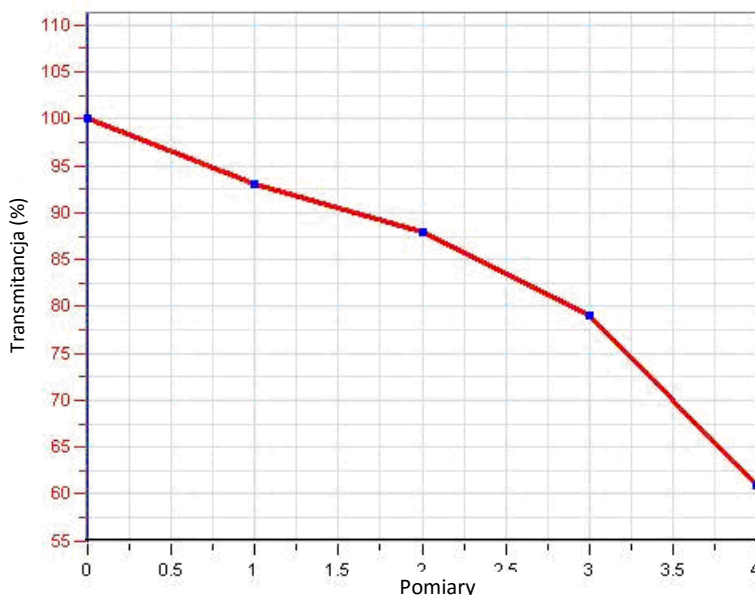
Próbkowanie:	ręczne
Liczba pomiarów:	10



## Procedura doświadczalna

1. Do kolorymetru wsuńcie slajd z czerwonym filtrem.
2. Skalibrujcie czujnik kolorymetryczny (dane techniczne kolorymetru).
3. Wybierzcie **Start** (🟢), aby włączyć zapis danych.
4. Dokonajcie pomiarów próbek w kolejności zwiększającego się stężenia. Dane będą zbierane ręcznie: wybierzcie **Pomiar ręczny** (🟢) z głównego paska narzędziowego za każdym razem, kiedy chcecie zarejestrować dane próbki.
5. Wybierzcie **Stop** (🟢), aby zatrzymać rejestrację danych.
6. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (📁) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 2



## Analiza danych


Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

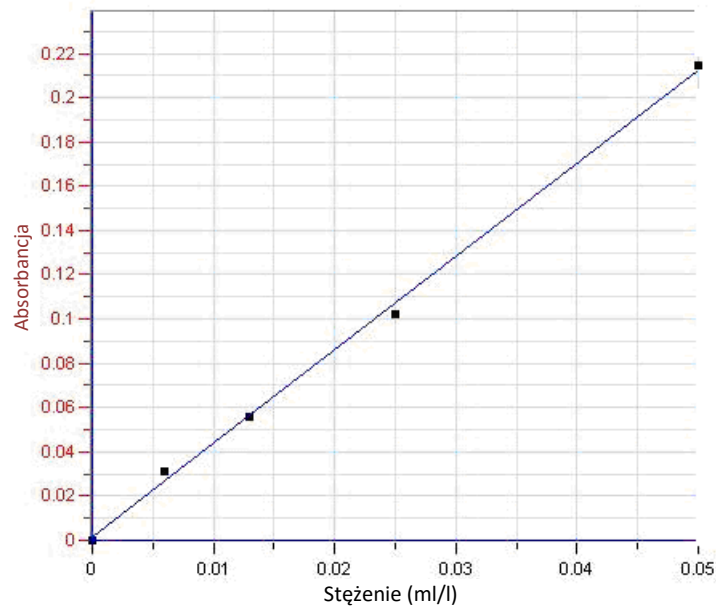
1. Zauważcie, że kolorymetr zmierzył transmittancję. Teraz należy ją przekształcić w absorpcję:
  - a. Kursorem zaznaczcie na wykresie krzywą wykresu.
  - b. Wybierzcie **Funkcje matematyczne** (  $f(x)$  ) z górnego paska menu w oknie **Analiza**.

W otwartym w ten sposób oknie **Funkcje matematyczne** wybierzcie **Log10** z menu rozwijanego **Funkcja**.

W pole tekstowe A wpisz -1. W pole tekstowe B wpiszcie 0,01.

W pole tekstowe **Nazwa** wpiszcie nazwę (np. absorpcja).

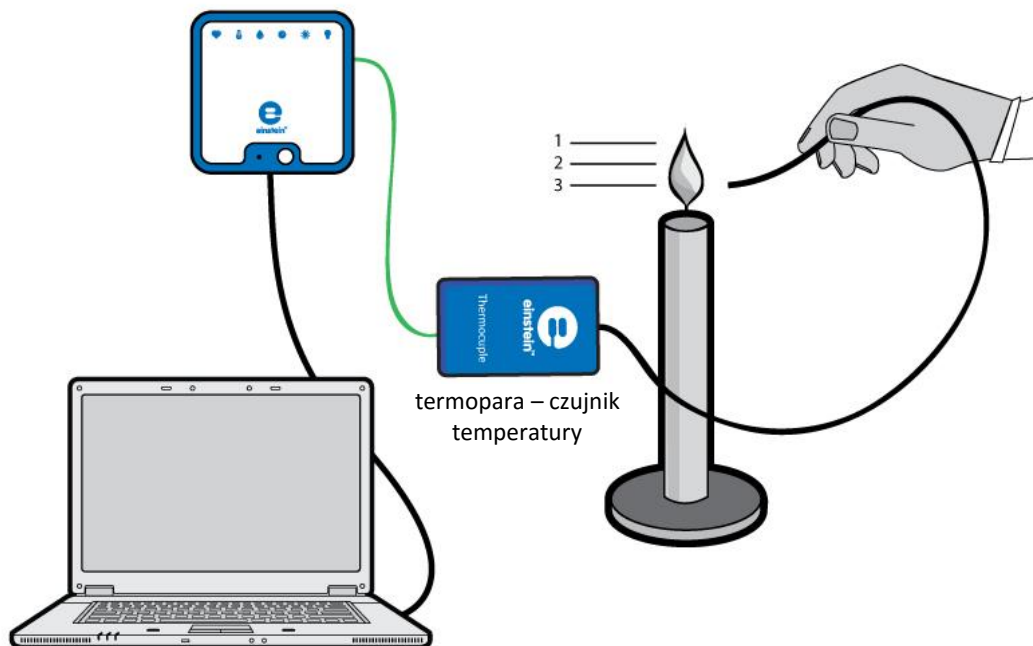
2. Aby można było wpisać do tabeli wartości stężenia  $\text{CuSO}_4$  należy najpierw wyeksportować dane. W tym celu wybierzcie **Eksportuj** (  ) z paska **Wykres** i zapiszcie plik w formacie csv.
3. Otwórzcie wyeksportowane dane w odpowiednim arkuszu kalkulacyjnym lub programie do tworzenia wykresów.
4. Dodajcie nową kolumnę do tabeli danych.
  - a. Jeśli to możliwe, nadajcie kolumnie nazwę (np. stężenie) i wskaźcie jednostki (np. mol/L).
  - b. W tabelę wpiszcie stężenia próbek.
5. W arkuszu kalkulacyjnym lub programie do tworzenia wykresów utwórzcie wykres absorpcji jako funkcji stężenia. Przykładowy wykres pokazano na Rys. 3 poniżej.



Rys. 3

6. Użycie funkcji dopasowania krzywej, aby uzyskać absorpcję właściwą  $\text{CuSO}_4$ .
7. Podzielcie nachylenie przez długość ścieżki światła (szerokość kuwety), aby uzyskać współczynnik absorpcji właściwej  $\text{CuSO}_4$ .

## Badanie płomienia



Rys. 1



### Wprowadzenie

Płomień nie ma jednolitej temperatury. Rozkład temperatur w płomieniu można określić za pomocą termopary (bardzo czułego i szybko reagującego czujnika temperatury o zakresie stosowania od 0°C do temperatur dużo wyższych niż 1000°C). W poniższym doświadczeniu będziecie badać płomień świecy w trzech charakterystycznych obszarach, oznaczonych jako 1, 2 i 3 na Rys. 1.



### Sprzęt

- einstein™LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury TC-K (zakres pomiarowy: od 0°C do 1200°C)
- świeczka
- zapałki



### Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()

2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników




Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od 0°C do 1200°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	10 próbek na sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	1000
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	1 minuta 40 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (0°C do 1200°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

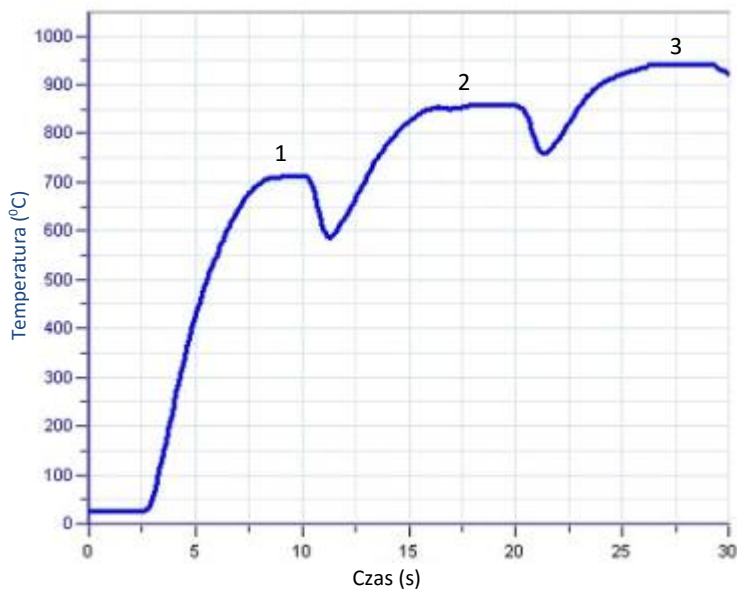
1. Zapalcie świecę i zostawcie zapaloną przez około dwie minuty, zanim rozpoczniecie doświadczenie.
2. Wybierzcie **Start** (  ), aby rozpocząć zapis danych.  
Zarejestrujcie temperaturę otoczenia, zanim włożycie czujnik w płomień (zauważcie, że termopara jest bardzo czuła i szybko reaguje na zmiany temperatury).
3. Monitorujcie temperaturę w trzech różnych obszarach płomienia (Rys. 1):
  - a. szczyt ciemnego obszaru wokół knota 3
  - b. środek żółtego obszaru 2
  - c. szczyt żółtego obszaru 1
4. Wybierzcie **Stop** (  ), aby zatrzymać rejestrację danych.
5. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.



## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

Krzywa temperatury jako funkcji czasu pokazuje nam, że płomień jest najgorętszy na szczycie i robi się chłodniejszy, im niżej przesuwa się czujnik.



Rys. 2

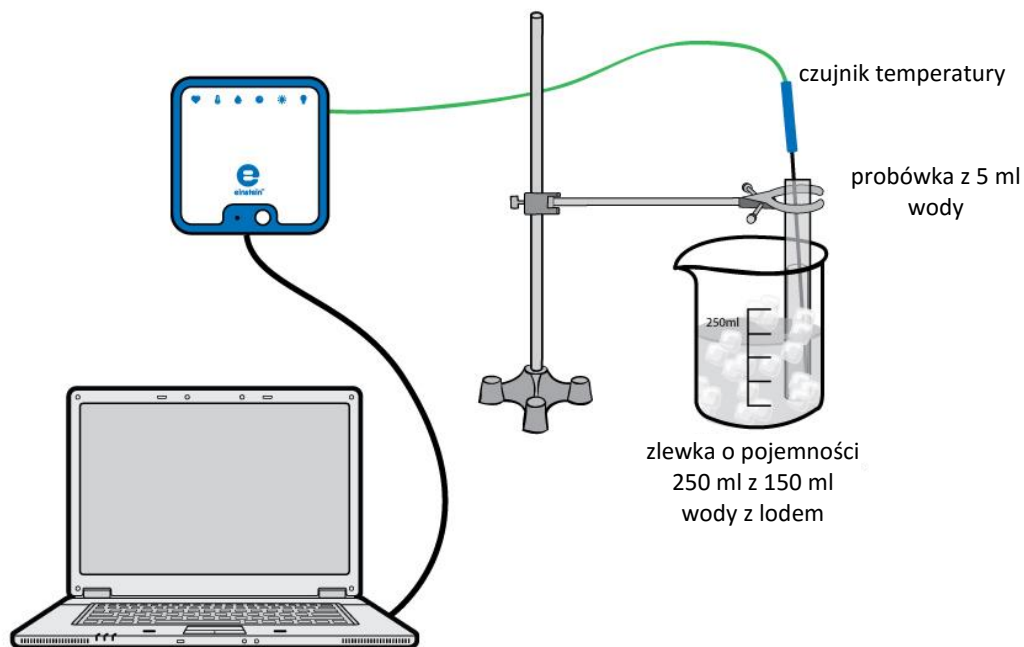


## Pytania

1. Jakie temperatury zarejestrowano w każdej strefie płomienia? (1, 2 i 3).
2. Jak sądzicie, dlaczego szczyt płomienia jest jego najgorętszą częścią?

# Krzepnięcie i topnienie wody

Rys. 1



## Wprowadzenie


Krzepnięcie to proces, w którym materia zmienia stan z ciekłego na stały. Topnienie to proces zmiany ciał stałych w ciecz. Te przejścia fazowe zachodzą – odpowiednio – w temperaturze krzepnięcia lub topnienia. W tym doświadczeniu zbadacie temperaturę krzepnięcia i topnienia wody.

## Sprzęt

- einstein™ LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik temperatury (zakres pomiarowy: od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $140^{\circ}\text{C}$ )
- statyw z łapą laboratoryjną
- menzura (cylinder miarowany)
- zlewka (250 ml)
- probówka
- bagietka do mieszania
- woda
- kostki lodu
- sól

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB (.
2. Podłączcie czujnik temperatury do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik temperatury**.



## Ustawienia czujników




Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -0°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co 10 sekund
<b>Liczba pomiarów:</b>	200
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	33 minuty 20 sekund

**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrany został tylko zewnętrzny czujnik temperatury (-40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).




## Procedura doświadczalna (część I, krzepnięcie)

1. Wsypcie co najmniej 150 ml kostek lodu i zimnej wody do zlewki o pojemności 250 ml.
2. Wlejecie 1 ml wody do probówki o pojemności 5 ml i zamocujecie ją w łańcuchu statywu. Opuśćcie probówkę do zlewki z wodą i lodem. Musicie tak ustawić probówkę, by próbka znalazła się poniżej poziomu wody z lodem.
3. Umieściecie czujnik temperatury w wodzie znajdującej się w probówce.
4. Wybierzcie **Start** () , aby rozpocząć zapis danych.
5. Dodajcie mniej więcej pięć łyżek soli do zlewki i pomieszajcie szklaną bagietką.
6. Po około 15 minutach wybierzcie **Stop** () , aby zatrzymać rejestrację danych, ale pozostawcie probówkę w kąpeli wodno-lodowej.
7. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** () z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.





## Procedura doświadczalna (część II, topnienie)

1. Wybierzcie **Start** () , aby ponownie uruchomić zapis danych. Przesuńcie probówkę w górę i zamocujcie



w pozycji nad kąpielą wodno-lodową. Wylejcie wodę z lodem i wlejcie do zlewki 150 ml ciepłej wody z kranu.

Opuśćcie probówkę do zlewki z ciepłą wodą.

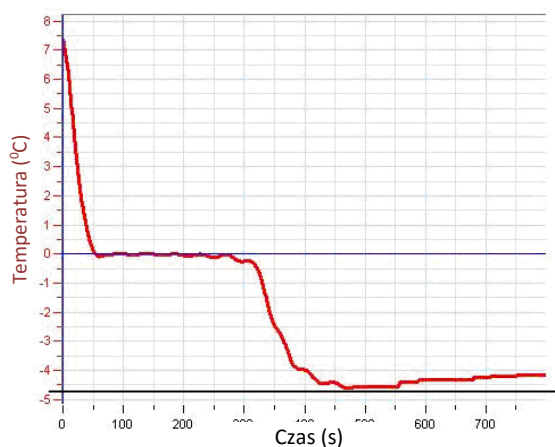
2. Po kolejnych 15 minutach wybierzcie **Stop** (  ) z górnego paska narzędzi, aby zatrzymać rejestrację danych.
3. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.



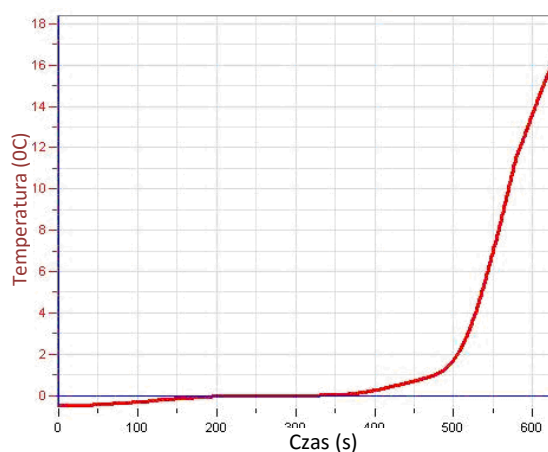
## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresami, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

Poniżej pokazano przykładowe wykresy uzyskane w tych doświadczeniach:



**Część I: krzepnięcie wody**



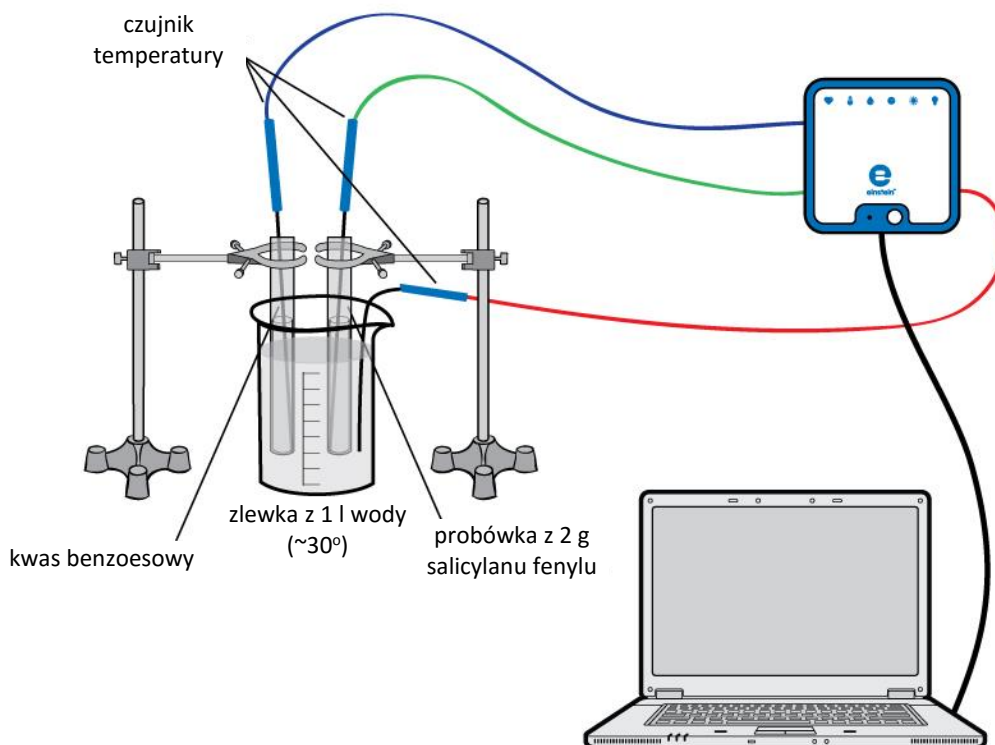
**Część II: topnienie zamarzniętej wody**

1. Co się dzieło z temperaturą wody w trakcie fazy krzepnięcia, a co w trakcie fazy topnienia?
2. Jaka jest temperatura krzepnięcia, a jaka temperatura topnienia wody?
3. Jaka jest różnica między temperaturą krzepnięcia wody, a temperaturą topnienia?
4. Jak zmienia się energia kinetyczna wody zawartej w probówce w trakcie procesu topnienia i procesu krzepnięcia? Czy się zwiększa, zmniejsza, czy też pozostaje taka sama, gdy:
  - a. temperatura zmienia się na początku i na końcu części I.
  - b. temperatura pozostaje stała w części I.
  - c. temperatura zmienia się na początku i na końcu części II.
  - d. temperatura pozostaje stała w części II.
5. Czy energia potencjalna zwiększyła się, czy zmniejszyła w tych częściach z pytania 4., gdzie energia kinetyczna pozostawała stała?

# Jeszcze raz o temperaturze krzepnięcia

Rys.

1



## Wprowadzenie

W doświadczeniu 17. pt. Krzepnięcie i topnienie wody zauważyliście, że temperatura czystej wody pozostaje stała na poziomie temperatury krzepnięcia w trakcie procesu krzepnięcia i topnienia. Teraz przyjrzyjcie się procesowi krzepnięcia salicylanu fenylu. Poza tym zaobserwujecie, jaki wpływ na temperaturę krzepnięcia będzie miało rozpuszczenie niewielkiej ilości innej substancji (np. kwasu benzoowego) w salicylanie fenylu.




## Sprzęt

- einstein™ LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- trzy czujniki temperatury (zakres pomiarowy: od -40°C do 140°C)
- zlewka o pojemności 1 litra (lub większej)
- próbówka z 2 g salicylanu fenylu
- próbówka z 2 g salicylanu fenylu i kilkoma miligramami kwasu benzoowego
- bagietka do mieszania

123

## Procedura konfiguracji sprzętu

1. Uruchomcie MiLAB ()
2. Podłączcie czujniki temperatury do gniazd w einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania, jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrane zostały tylko **Czujniki temperatury**.



## Ustawienia czujników


Zaprogramujcie czujniki tak, by zapisywały dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Czujnik:</b>	czujnik temperatury (zakres pomiarowy od -40°C do 140°C)
<b>Pomiary:</b>	temperatura (°C)
<b>Częstotliwość pomiarów:</b>	co sekundę
<b>Liczba pomiarów:</b>	1000
<b>Czas trwania pomiaru:</b>	16 minut 40 sekund


**Uwaga:** Upewnijcie się, że wybrane zostały tylko zewnętrzne czujniki temperatury (40°C do 140°C), a nie wewnętrzny czujnik temperatury (-30°C do 50°C).



## Procedura doświadczalna

1. Wlejcie około 1 l wody do zlewki. Woda powinna mieć temperaturę około 30°C. Włóżcie jeden z czujników temperatury do tej zlewki, aby monitorować temperaturę wody.
2. Aby stopić próbki, przygotujcie drugą zlewkę z gorącą wodą (60°C do 80°C).
3. Włóżcie probówki z próbkami do gorącej wody, dopóki nie zobaczycie przezroczystej cieczy w obu probówkach.
4. Umieście czujnik temperatury w każdej probówce z próbką i przenieście je szybko do zlewki zawierającej wodę o temperaturze 30°C.
5. Wybierzcie **Start** () , aby rozpocząć zapis danych.
6. Lekko zamieszajcie próbki, dopóki nie stopnieją.
7. Przyjrzyjcie się probówkom, ponieważ w przezroczystej cieczy szybko zaczną się pojawiać coraz większe

ilości białych wytrąceń, i tak aż do całkowitego skrzepnięcia cieczy.

8. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** (  ) z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.

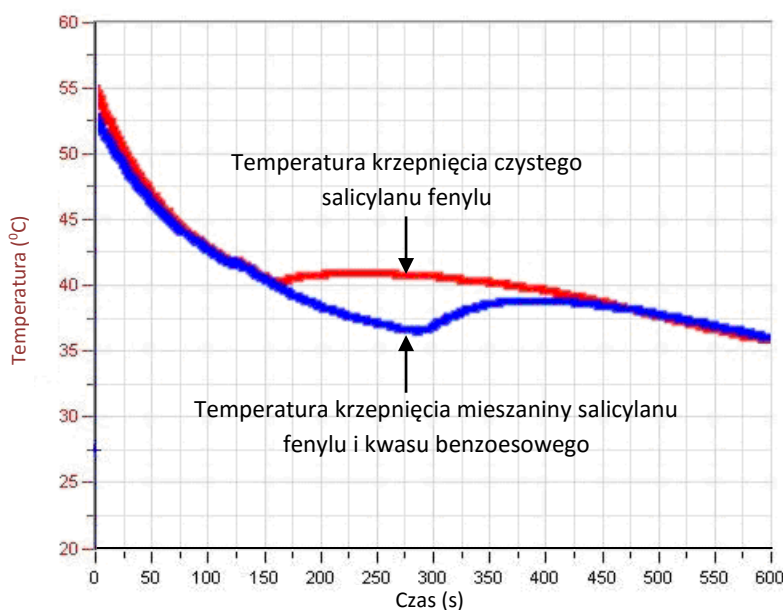


## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Jaką temperaturę krzepnięcia czystego salicylanu fenylu ustaliliście na podstawie swoich danych?
2. Jaka była temperatura krzepnięcia mieszaniny salicylanu fenylu i kwasu benzooesowego?

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 2

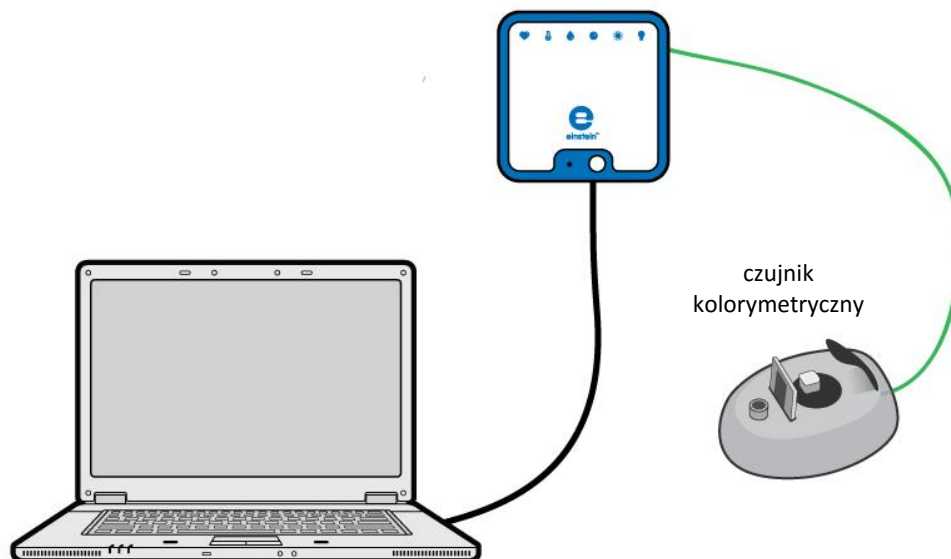


## Pytania

1. Jak sądzicie, jaką metodę mógłby zastosować chemik, by sprawdzić, czy nieznaną ciecz jest czysta, czy nie (wnioski wysnujcie na podstawie tego doświadczenia i jego wyniku).
2. Dlaczego temperatura krzepnięcia zmienia się w wyniku rozpuszczenia innego składnika w salicylanie fenylu?
3. Czy charakter tej zmiany zależy od temperatury krzepnięcia rozpuszczonego związku?

# Równowaga reakcji chemicznych: określanie stałej $K_c$

Rys.1



## Wprowadzenie

Można by sądzić, że reakcje chemiczne powodują przemianę całości użytych związków (substratów reakcji) w produkty reakcji. Istnieje jednak duża liczba reakcji, które dają w wyniku mieszaninę substratów i produktów. Przykładem może być reakcja jonów żelaza (III) ( $\text{Fe}^{3+}$ ) z jonami tiocyjanianu ( $\text{SCN}^-$ ), dająca w wyniku jony tiocyjanianu żelaza(III) ( $\text{FeSCN}^{2+}$ ):



Mówi się, że substraty i produkty w tym równaniu pozostają ze sobą w równowadze. Stała równowagi chemicznej ( $K_c$ ) to miara ilości produktu wytworzonego względem ilości pozostałych wciąż substratów (równanie 2). Oznacza to, że im wyższa  $K_c$  tym więcej produktu jest wytwarzane. Jeśli  $K_c$  jest równa 1, stężenia substratów i produktów są podobne. Aby ustalić wartość  $K_c$ , należy najpierw ustalić stężenia równowagowe wszystkich komponentów.

$$K_c = \frac{[\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{eq}}}{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{eq}}[\text{SCN}^-]_{\text{eq}}} \quad (2)$$

W tym doświadczeniu, do ustalenia stężenia produktu reakcji, użyjecie czujnika kolorymetrycznego. Ponieważ  $\text{FeSCN}^{2+}$  pochłania światło niebieskie (i dlatego wydaje się czerwony w roztworze), użyjecie slajdu niebieskiego

w czujniku kolorymetrycznym, aby ustalić stężenie czterech próbek, w porównaniu do standardowego roztworu o znanym stężeniu  $\text{FeSCN}^{2+}$ . Stężenie  $\text{Fe}^{3+}$  w tym standardowym roztworze musi być około 100 razy większe od stężenia roztworów poddawanych próbie. To wysokie stężenie, wraz z niskim stężeniem początkowym KSCN, wymusza przesunięcie punktu równowagi daleko w prawo, co daje pewność, że wszystkie jony  $\text{SCN}^-$  weszły w reakcję z  $\text{Fe}^{3+}$ , by utworzyć  $\text{FeSCN}^{2+}$ .

Pamiętaj, że absorpcja  $\text{FeSCN}^{2+}$  zależy liniowo od stężenia, zgodnie z prawem Lamberta-Beera. Na podstawie ustalonych stężeń będziemy mogli następnie wyliczyć stężenia pozostałych komponentów (poniższa Analiza danych).



## Sprzęt

- einstein™ LabMate oraz komputer z oprogramowaniem MiLAB
- czujnik kolorymetryczny
- plastikowe kuwety
- probówki
- bagietka do mieszania
- termometr
- waga
- 0,002 M KSCN
- 0,002 M  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  w 1 M  $\text{HNO}_3$
- 0,2 M  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  w 1 M  $\text{HNO}_3$  (roztwór standardowy)
- pipety
- trzy zlewki o pojemności 100 ml
- okulary i rękawice ochronne

**Uwaga!** Roztwory  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  przygotowuje się z  $\text{HNO}_3$  o stężeniu 1 M. Zachowaj wyjątkową ostrożność podczas pracy z tymi substancjami.


123

## Procedura konfiguracji sprzętu

Podczas doświadczenia nie zdejmujcie okularów i rękawic ochronnych.

1. Przygotujcie cztery probówki o pojemności min. 10 ml. Oznaczcie je 1-4.
2. Wlejcie około 30 ml roztworu  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  o stężeniu 0,002 M do zlewki o pojemności 100 ml i przelejcie pięć ml roztworu do każdej z probówek oznaczonych etykietami.
3. Wlejcie około 25 ml roztworu KSCN o stężeniu 0,002 M do kolejnej zlewki o pojemności 100 ml i przelejcie 2, 3, 4 i 5 ml tego roztworu do probówek oznaczonych 1 do 4, jak pokazano w poniższej tabeli.
4. Każdy z roztworów w czterech probówkach rozcieńczcie wodą, zgodnie z poniższą tabelą. Każdy roztwór wymieszajcie dokładnie szklaną bagietką. Pamiętajcie, by umyć i osuszyć bagietkę za każdym razem przed zanurzeniem jej w kolejnym roztworze.

Probówka	0,002 M Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (ml)	0,002 M KSCN (ml)	H <sub>2</sub> O (ml)
1	5	2	3
2	5	3	2
3	5	4	1
4	5	5	0

5. Uruchomcie MiLAB ()
6. Podłączcie czujnik kolorymetryczny do jednego z gniazd w einstein™LabMate.
7. Zmierzcie i zarejestrujcie temperaturę jednego z przygotowanych roztworów, ponieważ ustalona wartość K<sub>c</sub> zależy od temperatury.
8. Przygotujcie standardowy roztwór FeSCN<sup>2+</sup> przelewając 9 ml Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> o stężeniu 0,2 M do piątej probówki (oznaczonej 5). Przelejcie 1 ml KSCN o stężeniu 0,002 M do tej samej probówki. Dokładnie wymieszajcie.
9. W oknie Ustawienie czujników wybierzcie **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie całe doświadczenie, korzystając z danych w poniższej tabeli. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko **Czujnik kolorymetryczny**.







## Ustawienia czujników

Zaprogramujcie czujnik tak, by zapisywał dane według następującej konfiguracji:

<b>Czujnik:</b>	kolorymetr 0% - 100%
<b>Pomiary:</b>	absorbancja (%)
<b>Próbkowanie:</b>	ręczne
<b>Liczba pomiarów:</b>	10



## Procedura doświadczalna

1. Do kolorymetru wsuńcie slajd z niebieskim filtrem.
2. Skalibrujcie czujnik kolorymetryczny (patrz dane techniczne czujnika kolorymetrycznego).
3. Wybierzcie **Start** () , aby włączyć zapis danych.
4. Wykonajcie pomiary próbek i próbki odniesienia. Dane będą zbierane ręcznie: wybierzcie **Pomiar ręczny** () z głównego paska narzędziowego za każdym razem, kiedy chcecie zarejestrować dane próbki. Zauważcie, że początkowo mierzysz transmitancję (%T).
5. Wybierzcie **Stop** () , aby zatrzymać rejestrację danych.
6. Zapiszcie dane, wybierając polecenie **Zapisz** () z górnego paska menu w oknie **Narzędzia**.
7. Ustalcie odpowiadające próbkom wartości absorpcji (A) na podstawie zmierzonej transmitancji, jak wyjaśniono w doświadczeniu 15 pt. *Prawo Lamberta-Beera*.



## Analiza danych

Aby uzyskać więcej informacji o tym, jak pracować z wykresem, zajrzyjcie do sekcji: Praca z wykresami w MiLAB4™

1. Przygotujcie tabelę, aby zapisać wyniki poniższych wyliczeń dla każdego z czterech doświadczeń.
2. Najpierw obliczcie stężenia początkowe Fe<sup>3+</sup> i SCN<sup>-</sup> w każdej próbówce, w oparciu o skład i stopień rozcieńczenia w wodzie. Objętość każdego użytego składnika w probówkach 1 – 4 podano w kroku 2. Procedury konfiguracji sprzętu. Zauważcie, że musicie znać początkowe stężenia, aby dokonać wyliczenia stężeń równowagowych. Początkowe stężenie żelaza(III) ([Fe<sup>3+</sup>]<sub>i</sub>) w każdej próbówce można wyliczyć na podstawie objętości i użytych stężeń w następujący sposób:

$$[\text{Fe}^{3+}]_i = \frac{V_{\text{Fe}(\text{NO}_3)_3}}{V_{\text{całkowite}}} \times 0.002 \text{ M} \quad (3)$$

Stężenie [Fe<sup>3+</sup>]<sub>i</sub> musi być identyczne dla wszystkich czterech probówek, ponieważ dodawana była taka sama objętość roztworu Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> o stężeniu 0,002 M.

Podobnie można wyliczyć stężenie początkowe tiocyjanianu ([SCN<sup>-</sup>]<sub>i</sub>) w każdej próbówce:

$$[\text{SCN}^-]_i = \frac{V_{\text{KSCN}}}{V_{\text{całkowite}}} \times 0.002 \text{ M} \quad (4)$$

3. Porównajcie wartości absorpcji badanych czterech „nieznanych” roztworów z wartością absorpcji, uzyskaną dla „znanego” standardu odniesienia, aby w następujący sposób wyliczyć stężenia równowagowe jonów tiocyjanianu żelaza(III) ([FeSCN<sup>2+</sup>]<sub>eq</sub>) (załóżcie tutaj, że z powodu jego względnie niskiego stężenia, wszystkie jony tiocyjanianu weszły w reakcję, która wytworzyła jon tiocyjanianu żelaza(III) i dlatego [FeSCN<sup>2+</sup>]<sub>std</sub> = [SCN<sup>-</sup>]<sub>i</sub> = 0,002M):

$$[\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{eq}} = \frac{A_{\text{eq}}}{A_{\text{std}}} \times [\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{std}} \quad (5)$$

gdzie:

A<sub>eq</sub> = absorbancja „nieznanego” roztworu w równowadze.

A<sub>std</sub> = absorbancja „znanego” standardowego roztworu odniesienia.

4. Obliczcie stężenie równowagowe dla Fe<sup>3+</sup> i SCN<sup>-</sup> ([Fe<sup>3+</sup>]<sub>eq</sub> oraz [SCN<sup>-</sup>]<sub>eq</sub>).

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{eq}} = [\text{Fe}^{3+}]_i - [\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{eq}} \quad (6)$$

$$[\text{SCN}^-]_{\text{eq}} = [\text{SCN}^-]_i - [\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{eq}} \quad (7)$$

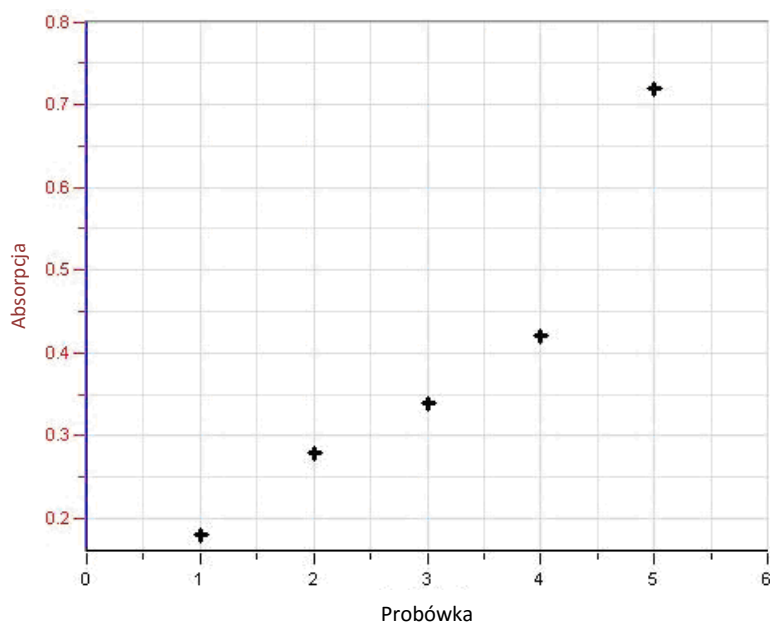
5. Obliczcie K<sub>c</sub> z powyższego równania 2 (patrz *Wprowadzenie*) dla każdej próbówki:



$$K_c = \frac{[\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{eq}}}{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{eq}}[\text{SCN}^-]_{\text{eq}}} \quad (2)$$

6. Ustalcie wartość średnią K<sub>c</sub>. W jakim stopniu uzyskane wartości były stałe?

Poniżej pokazano przykładowy wykres absorpcji w zależności od roztworu/probówki uzyskany w tym doświadczeniu:



Rys. 2

## Pytania

1. Co wyraża K<sub>c</sub>?
2. o stanie się z K<sub>c</sub>, jeśli dodacie do probówek jednakową objętość lub porcję jednego z substratów (Fe<sup>3+</sup> lub SCN<sup>-</sup>)?
3. Dlaczego roztwory Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> należy przygotowywać w HNO<sub>3</sub> o stężeniu 1M a nie w wodzie?
4. Standardowe stężenie [FeSCN<sup>2+</sup>] jest znane w tym doświadczeniu. Można je również wyliczyć ze zmierzonej absorpcji standardowego roztworu (probówka 5.). Jakich dodatkowych informacji potrzebujecie, aby je wyliczyć?



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](http://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.*