einstein™

# Doświadczenia z biologii

## z MiLAB™

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

© Fourier Systems. All rights reserved.

# Spis treści


Doświadczenia według czujników ..... 4

Wstęp ..... 7

Transpiracja: parowanie wody z roślin lądowych ..... 17

Transport wody w pędach i liściach roślin lądowych ..... 22

Pomiar tempa fotosyntezy u roślin wodnych: *moczarka* ..... 29

Pomiar tempa fotosyntezy za pomocą czujnika tlenu ..... 34

Wpływ światła na tempo fotosyntezy ..... 38

Wpływ światła na tempo fotosyntezy: pomiar za pomocą czujnika tlenu ..... 45

Wpływ wodorowęglanów na tempo fotosyntezy: pomiar za pomocą czujników ciśnienia ..... 50

Pomiar syntezy glukozy podczas fotosyntezy ..... 55

Wpływ światła na zawartość chlorofilu w liściach roślin ..... 60

Tempo respiracji kiełkujących nasion ..... 64

Pomiar ilości $CO_2$ uwalnianego podczas respiracji kiełkujących nasion ..... 68

Biokataliza: dysmutacja $H_2O_2$ w obecności katalazy ..... 72

Wpływ działania enzymów na żywność: rozpad białek zawartych w białku jajka w obecności pepsyny ..... 77

Fermentacja alkoholowa przy udziale drożdży ..... 82

Wpływ temperatury na przenikalność błony komórkowej: uwalnianie pigmentu (antocyjanów) przez buraki ..... 87

Pomiary pH ekstraktów tkanek ..... 92

Zakwaszanie mleka ..... 96

Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: gliniane dzbanki (model) ..... 100

Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: pomiar utraty ciepła na opuszkach palców za pomocą czujników wilgotności i temperatury ..... 104

Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: pomiar utraty ciepła na opuszkach palców za pomocą czujnika temperatury ..... 108

Wpływ ćwiczeń fizycznych na ludzkie ciało: temperatura i tętno ..... 111

Ilość $CO_2$ wydychanego w ludzkim oddechu ..... 114

EKG i oddech w spoczynku i po aktywności fizycznej ..... 119

Wpływ gęsto zamieszkanych obszarów miejskich na mikroklimat ..... 124

Wpływ naturalnej wentylacji na klimat wewnątrz budynków ..... 128

Badanie izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych budynku ..... 131

Pomiar parametrów abiotycznych środowiska pod kamieniem za pomocą czujników światła i temperatury ..... 134

Pomiar parametrów abiotycznych środowiska pod kamieniem za pomocą czujników wilgotności i temperatury ..... 138

# Doświadczenia według czujników

## Kolorymetr

8. Pomiar syntezy glukozy podczas fotosyntezy 53

9. Wpływ światła na zawartość chlorofilu w liściach roślin 60

15. Wpływ temperatury na przenikalność błony komórkowej: uwalnianie pigmentu (antocyjanów) przez buraki 86

## $CO_2$

11. Pomiar ilości $CO_2$ uwalnianego podczas respiracji kiełkujących nasion 69

## EKG

23. EKG i oddech w spoczynku i po aktywności fizycznej 119

## Tętno

21. Wpływ ćwiczeń fizycznych na ludzkie ciało: temperatura i tętno 108

## Wilgotność

18. Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: gliniane dzbanki (model) 100

19. Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: pomiar utraty ciepła na opuszkach palców za pomocą czujników wilgotności i temperatury 101

24. Wpływ gęsto zamieszkanych obszarów miejskich na mikroklimat 124

25. Wpływ naturalnej wentylacji na klimat wewnątrz budynków 128

28. Pomiar parametrów abiotycznych środowiska pod kamieniem za pomocą czujników światła i temperatury 138

## Światło


4. Pomiar tempa fotosyntezy za pomocą czujnika tlenu 34

5. Wpływ światła na tempo fotosyntezy 38

6. Wpływ światła na tempo fotosyntezy za pomocą czujnika tlenu 45

27. Pomiar parametrów abiotycznych środowiska pod kamieniem za pomocą czujników światła i temperatury 134


## Tlen


4. Pomiar tempa fotosyntezy za pomocą czujnika tlenu 34

5. Wpływ światła na tempo fotosyntezy 38

6. Wpływ światła na tempo fotosyntezy za pomocą czujnika tlenu 45


## pH


13. Wpływ działania enzymów na żywność: rozpad białek zawartych w białku jajka w obecności pepsyny 77

14. Fermentacja alkoholowa przy udziale drożdży 82

16. Pomiary pH ekstraktów tkanek 90

17. Zakwaszanie mleka 96

22. Ilość $CO_2$ wydychanego w ludzkim oddechu 114


## Czujnik ciśnienia (150 –1150 mbar)


1. Transpiracja: parowanie wody z roślin lądowych 17

2. Transport wody w pędach i liściach roślin lądowych 22

3. Pomiar tempa fotosyntezy u roślin wodnych: moczarka 29

5. Wpływ światła na tempo fotosyntezy 38

7. Wpływ wodorowęglanów na tempo fotosyntezy: pomiar za pomocą czujników ciśnienia 50

10. Tempo respiracji kiełkujących nasion 64

12. Biokataliza: Dysmutacja $H_2O_2$ w obecności katalazy 72

14. Fermentacja alkoholowa przy udziale drożdży 82

## Termopara (od 0°C do 1200°C)

26. Badanie izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych budynku 131

## Temperatura powierzchni (od -40°C do 140°C)

21. Wpływ ćwiczeń fizycznych na ludzkie ciało: temperatura i tętno 111

## Temperatura (od -40°C do 140°C)

13. Wpływ działania enzymów na żywność: rozpad białek zawartych w białku jajka w obecności pepsyny 77

15. Wpływ temperatury na przenikalność błony komórkowej: uwalnianie pigmentu (antocyjanów) przez buraki 86

18. Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: gliniane dzbanki (model) 100

19. Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: pomiar utraty ciepła na opuszkach palców za pomocą czujników wilgotności i temperatury 101

20. Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: pomiar utraty ciepła na opuszkach palców za pomocą czujnika temperatury 108

22. Ilość $CO_2$ wydychanego w ludzkim oddechu 114

24. Wpływ gęsto zamieszkanych obszarów miejskich na mikroklimat 124

26. Wpływ naturalnej wentylacji na klimat wewnątrz budynków 128

27. Pomiar parametrów abiotycznych środowiska pod kamieniem za pomocą czujników światła i temperatury 134

28. Pomiar parametrów abiotycznych środowiska pod kamieniem za pomocą czujników światła i temperatury 138

## Kroplomierz

16. Pomiary pH ekstraktów tkanek 90

## Anemometr

25. Wpływ naturalnej wentylacji na klimat wewnątrz budynków 128

# Wstęp

Niniejsza książka zawiera 28 doświadczeń z biologii dla uczniów korzystających z oprogramowania MultiLAB4™, zintegrowanego zestawu czujników einstein™ LabMate oraz czujników zewnętrznych einstein™. Najnowsze oprogramowanie MiLAB można pobrać ze strony **einsteinworld.com**.

Doświadczenia podzielono na pięć grup tematycznych: fizjologia roślin, procesy komórkowe, mikroorganizmy, fizjologia człowieka i środowisko.

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

## Tablet einstein™Tablet+ i zestaw czujników einstein™LabMate

## Tablet einstein™ Tablet+

Tablet einstein™Tablet zawiera następujące elementy:

8 wbudowanych czujników:

- tętna: 0-200 uderzeń/min
- światła: 0-600 lx, 0-6000 lx, 0-150 klx
- wilgotności względnej: zakres: 0-100%
- temperatury: -30°C do 50°C
- ultrafioletu: 10 W/m$^2$, 200 W/m$^2$, długości fali UV 290-390 nm
- GPS
- mikrofon (czujnik dźwięku)
- akcelerometr

+ 4 złącza do czujników zewnętrznych

## Zestaw czujników einstein™LabMate

Zestaw czujników einstein™LabMate zawiera następujące elementy:

6 wbudowanych czujników:

- tętna: 0-200 uderzeń/min
- temperatury: -30°C do 50°C
- wilgotności względnej: zakres: 0-100%
- ciśnienia: 0-400 kPa
- ultrafioletu: 10 W/m$^2$, 200 W/m$^2$, długości fali UV 290-390 nm
- światła: 0-600 lx, 0-6000 lx, 0-150 klux

+ 4 złącza do czujników zewnętrznych

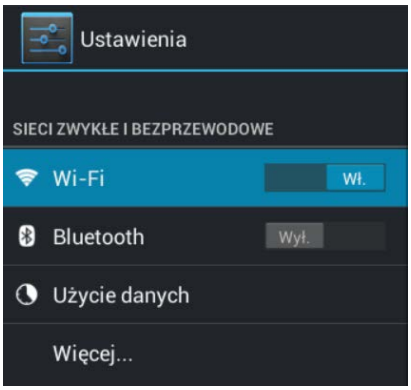
Czujniki zewnętrzne można podłączyć do dowolnego z tych urządzeń poprzez połączenie przewodu czujnika z jednym ze złączy czujników tego urządzenia.

## Korzystanie z zestawu czujników einstein™LabMate

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

## Parowanie z urządzeniem wyposażonym w system Android

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




2. Na tablecie wybierzcie przycisk Menu główne, a następnie ikonę Ustawienia systemowe.

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

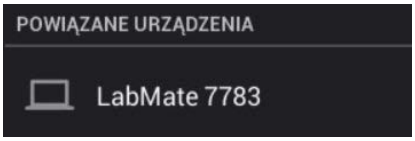
4. Ustawienie włącznika funkcji Bluetooth będzie ustawiony w pozycji ON spowoduje rozpoczęcie wyszukiwania urządzeń obsługujących Bluetooth.

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

6. Aby się połączyć, wybierzcie zestaw czujników einstein™LabMate. Na urządzeniu wyświetli się krótka informacja dotycząca parowania, a następnie żądanie sparowania Bluetooth.

7. Aby zatwierdzić proces parowania, wybierzcie polecenie **Paruj**.

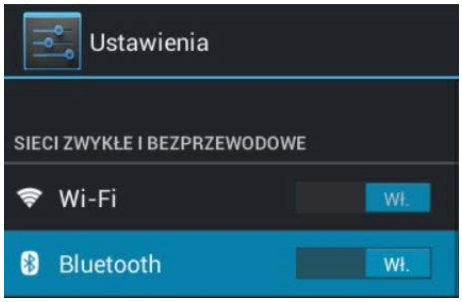
8. Po sparowaniu zestaw czujników einstein™LabMate pojawi się na liście sparowanych urządzeń.




9. UWAGA: Zachowajcie cierpliwość. Ponieważ urządzenia się różnią, czas parowania może wynieść od kilku sekund do kilku minut.

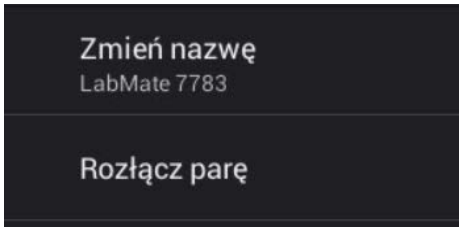
## Rozłączanie

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




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

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



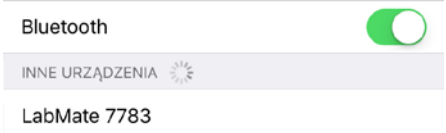

## Parowanie z urządzeniem wyposażonym w system iOS

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

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

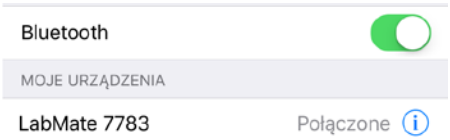
4. Ustawienie przełącznika funkcji Bluetooth w pozycji ON spowoduje rozpoczęcie wyszukiwania urządzeń obsługujących Bluetooth.

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



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

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




## Rozłączanie

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

## Praca z wykresami w aplikacji MiLAB

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

## Odczytywanie wykresów

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

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

Aby powiększyć jedną część wykresu, dotknijcie ekranu i rozsuńcie 2 palce.
Aby pomniejszyć, zsuńcie palce ze sobą.

Zsuń, aby zmniejszyć

Rozsuń, aby powiększyć

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

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

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

# Analizowanie wykresu

Analizowanie informacji zawartych na wykresie to jedna z najistotniejszych i najbardziej rozbudowanych funkcji oprogramowania MiLAB.
Aby dokonać analizy wykresu:

- Wykonajcie doświadczenie.
- Aby skorzystać z funkcji analizy oprogramowania MiLAB, wybierzcie co najmniej jeden punkt na wykresie – jest on w tej instrukcji nazywany kursorem. Wiele z funkcji wymaga użycia dwóch kursorów.

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

# Praca z kursorami

Na wykresie można wyświetlić jednocześnie maksymalnie dwa kursory.
Użyjcie jednego kursora, aby wyświetlić wartości poszczególnych danych, wybrać krzywą albo – jeżeli korzystacie z co najmniej trzech kursorów – odkryć ukrytą oś *y*.
Za pomocą dwóch kursorów dokonajcie analizy danych na wykresie.

### Aby wyświetlić pierwszy kursor:

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

### Aby wyświetlić drugi kursor:

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

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

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

### Poruszanie kursorem

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

### Aby usunąć kursor:

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

## Praca z funkcjami

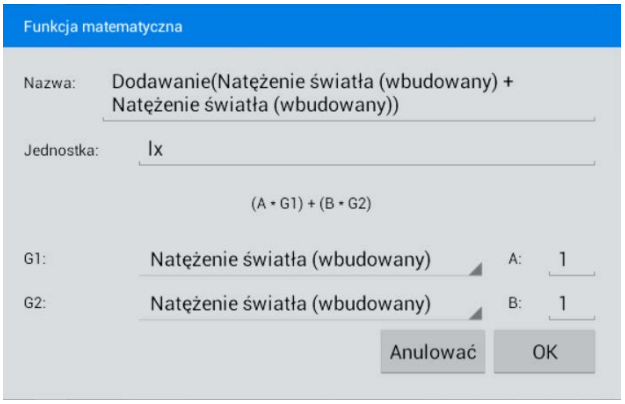
Wybranie kursora aktywuje przycisk **Funkcja** ( $f_x$ ).
Aby zobaczyć listę dostępnych narzędzi, dotknijcie przycisku **Funkcja**.

Aby zastosować wybraną funkcję, dotknijcie jednego z nich.

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

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

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




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

## Uszczelnianie

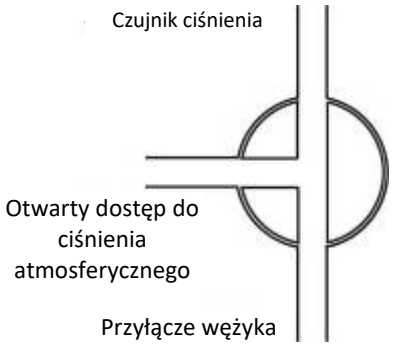
W wielu doświadczeniach w tej książeczce, zwłaszcza w doświadczeniach dotyczących pomiarów ciśnienia, należy dokładnie uszczelnić kolby lub probówki. Poniżej znajdują się wskazówki, które zapewnią sprawny przebieg tych doświadczeń.

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

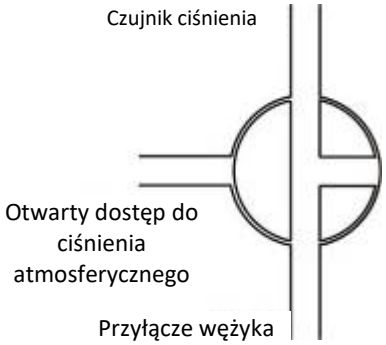
**Uwaga:** Można nabyć zestaw do pomiarów ciśnienia einstein™ przeznaczony specjalnie do tego typu doświadczeń.

Po uszczelnieniu kolby lub probówki możecie zbadać uszczelnienie.

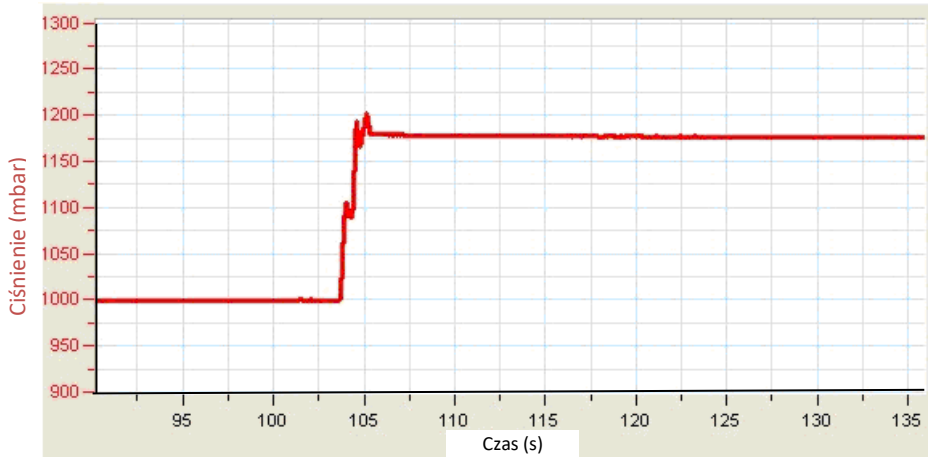
1. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć rejestrowanie danych.
2. (Jeżeli Wasz zestaw zawiera zawór trójdrogowy) Obróćcie zawory trójdrogowe w taki sposób, aby umożliwić swobodny przepływ powietrza z otoczenia.
   Teraz odczyt powinien wskazywać wartość ciśnienia atmosferycznego.



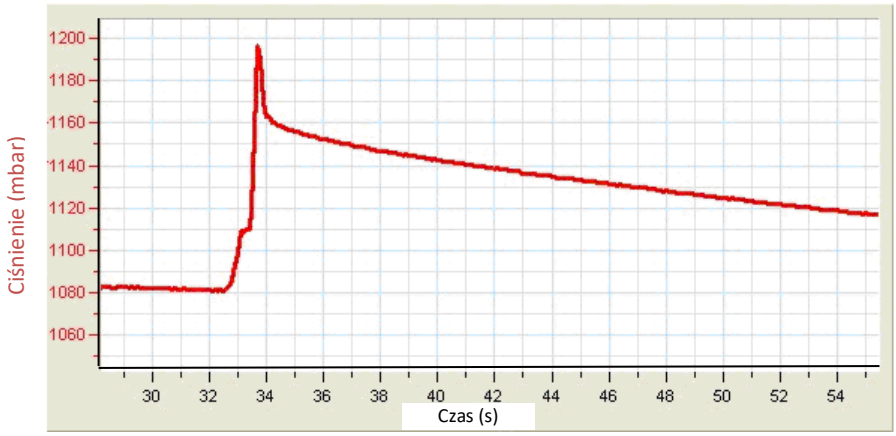

3. (Jeżeli Wasz zestaw zawiera zawór trójdrogowy) Obróćcie zawory trójdrogowe w taki sposób, aby odciąć dopływ powietrza z otoczenia do układu.




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




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




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

## Plan doświadczenia

Każde doświadczenie obejmuje następujące części:

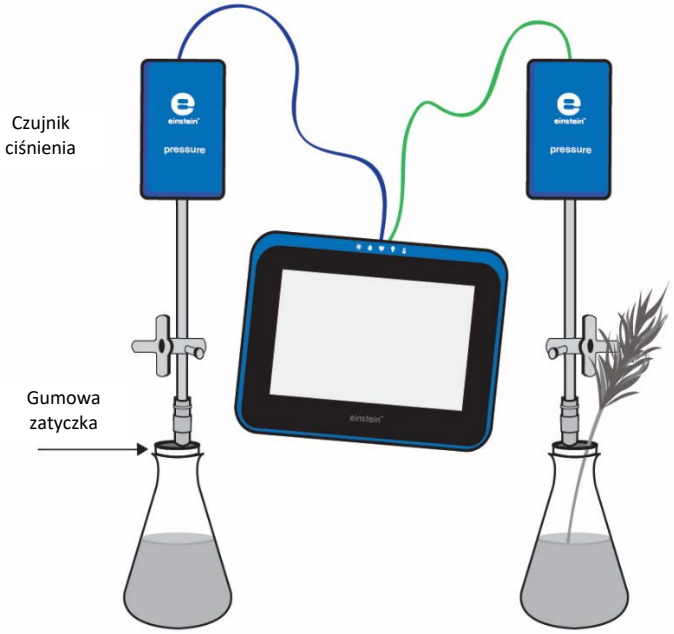
- **Wstęp:** Krótki opis pojęcia i teorii
- **Wyposażenie:** Wyposażenie potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia
- **Przygotowanie wyposażenia:** Ilustrowane instrukcje organizacji doświadczenia
- **Przygotowanie doświadczenia:** Zalecana konfiguracja
- **Procedura:** Szczegółowe instrukcje do przeprowadzenia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

## Środki ostrożności

- Postępujcie zgodnie ze standardowymi procedurami bezpieczeństwa przewidzianymi dla ćwiczeń laboratoryjnych w pracowni.
- Podczas opisanych w tej książeczce doświadczeń należy koniecznie stosować odpowiednie środki ochrony nauczycieli i uczniów.
- Wymienienie tu wszystkich możliwych środków ostrożności i ostrzeżeń jest praktyce niemożliwe!
- Firma Fourier nie ponosi odpowiedzialności za jakiekolwiek szkody wynikłe z korzystania z wyposażenia, materiałów lub zawartych w tej książeczce opisów.

Rozdział 1

# Transpiracja: parowanie wody z roślin lądowych




**Rys. 1**

## Wstęp

Ponad 90% wody wchłanianej przez korzenie rośliny ostatecznie oddają do atmosfery. Większość wody tracą przez parowanie przez aparaty szparkowe w liściach. Ten proces nazywa się transpiracją. Utracona woda jest stale i bez przerwy uzupełniana, wnikając do rośliny przez korzenie i znów docierając do liści. Jej transport odbywa się przez drewno (ksylem), będące u roślin główną przewodzącą wodę tkanką.

W tym doświadczeniu zbadacie transpirację, posługując się umieszczonym w kolbie pędem rośliny. W miarę transportu wody w górę łodygi pędu i jej parowania z liści objętość powietrza w kolbie powiększy się, a ciśnienie (zgodnie z prawem Boyle'a-Mariotte'a) spadnie. Ów spadek ciśnienia zostanie zarejestrowany przez czujnik ciśnienia.

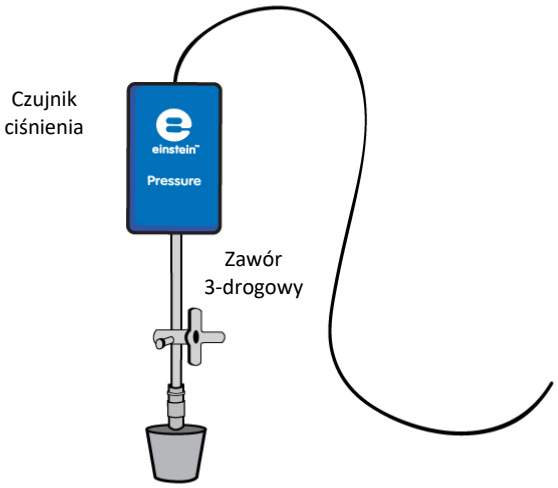
## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dwa czujniki ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 – 1150 mbar)
- Dwie szklane kolby o pojemności 250 ml
- Jedna zatyczka z otworem na przedłużacz strzykawki
- Jedna zatyczka z dwoma otworami
- Kawałek modeliny (opcjonalnie)
- Dwa przedłużacze strzykawek*
- Dwa zawory trójdrogowe*

* zawarte w zestawie akcesoriów do doświadczeń z czujnikiem ciśnienia einstein™ Pressure Kit

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki ciśnienia do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
4. Doświadczenie przeprowadźcie w przewiewnym i dobrze oświetlonym pomieszczeniu, najlepiej w pobliżu okna.
5. Wybierzcie pęd drzewa lub krzewu charakteryzującego się dużą powierzchnią liści (czyli posiadający wiele mniejszych liści lub kilka dużych). Łodyga pędu powinna mieć okrągły przekrój i gładką powierzchnię, aby szczelnie wypełniła otwór w zatyczce.
6. Napełnijcie obie 250-mililitrowe kolby wodą. Kolby powinny być napełnione wodą niemal całkowicie: między powierzchnią wody a spodem korka powinien pozostać jedynie minimalny odstęp rzędu 1 mm.
7. Do kolby z zatyczką z dwoma otworami włóżcie pęd drzewa lub krzewu. Koniec łodygi pędu powinien prawie dotykać dna kolby. (W razie potrzeby uszczelnijcie miejsce przejścia łodygi przez zatyczkę modeliną lub innym podobnym materiałem.)
8. Drugą kolbę zatkajcie drugą zatyczką.
9. Wsuńcie w otwory w zatyczkach obu kolb przedłużacze strzykawek (Rys. 2).
10. Każdy z przedłużaczy podłączcie do zaworu trójdrogowego.
11. Upewnijcie się, że kolby są zamknięte całkowicie szczelnie; w razie potrzeby uszczelnijcie je modeliną lub innym, podobnym materiałem.
12. Do każdego zaworu trójdrogowego podłączcie jeden czujnik ciśnienia.
13. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w sekcji **Pomiary** wybrano tylko czujniki ciśnienia.




**Rys. 2**

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| Ciśnienie (150 – 1150 mbar) | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |

## Procedura

Sprawdźcie przygotowany układ doświadczalny: zanim rozpocznie doświadczenie, upewnijcie się raz jeszcze, że obie kolby są szczelnie zamknięte. Szczegółowe wskazówki na ten temat zawarto w rozdziale pt. „Uszczelnianie”.

**Wykonanie doświadczenia:**

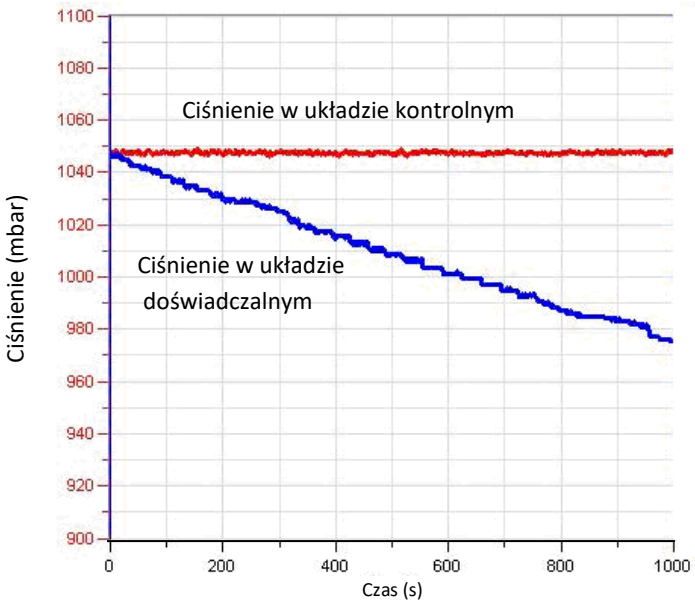
1. Upewnijcie się, że na początku doświadczenia w obu kolbach panuje ciśnienie atmosferyczne. W tym celu przełączcie oba zawory trójdrogowe do położenia A (zob. rozdział pt. „Uszczelnianie”), po czym z powrotem do położenia B. Teraz w obu kolbach powinno panować ciśnienie atmosferyczne.
2. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
3. Obserwujcie wartość ciśnienia w oknie **Wykres** programu MultiLAB4.
4. Pomiar powinien być prowadzony przez co najmniej 25 minut.
5. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Aby obliczyć tempo transpiracji, utwórzcie wykres przedstawiający różnicę między danymi kontrolnymi a danymi doświadczalnymi.
2. Zapiszcie wykres.
3. Wybierzcie wykres przedstawiający dane z Wejścia 1 (kolby kontrolnej), a następnie wybierzcie najniższy punkt danych zarejestrowanych na Wejściu 2.
4. Wybierzcie **Funkcje** ( ).
    a. Z menu rozwijanego **Funkcje** wybierzcie polecenie **Odejmowanie**.
    b. Z menu rozwijanego **G1** wybierzcie **Ciśnienie -1**. Z menu rozwijanego **G2** wybierzcie **Ciśnienie -2**.
    c. W polu tekstowym **Nazwa** wpiszcie nazwę wykresu (np. Różnica).
    d. Kliknijcie przycisk **OK**.
5. Przybliżcie uzyskany wykres funkcją liniową:
    a. Wybierzcie wykres różnicowy.
    b. Z menu **Funkcje** wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową**. Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
    c. Współczynnik nachylenia jej wykresu odzwierciedla właśnie zmierzone podczas doświadczenia tempo utraty wody.

Poniżej pokazano przykładowe wykresy uzyskane w tym doświadczeniu:




**Rys. 3**

## Pytania

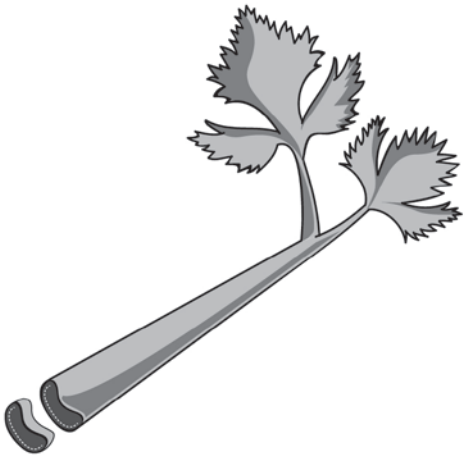
1. Jakiego układu kontrolnego użyliście w tym doświadczeniu?
2. Dlaczego w tym doświadczeniu potrzebny jest układ kontrolny?
3. Jaki wpływ na tempo transpiracji w trakcie doświadczenia ma oświetlenie?
   Czy Waszym zdaniem podobne wyniki uzyskalibyście w ciemności?
4. W jaki sposób zwiększenie wilgotności powietrza w pomieszczeniu, w którym przeprowadziliście doświadczenie, wpłynęłoby na ilość wody zasysanej przez pędy? Wyjaśnij, dlaczego tak uważasz.
5. Dlaczego w tym doświadczeniu zalecane było użycie pędu o dużej powierzchni liści?
6. Dlaczego w tym doświadczeniu zmniejszyła się ilość wody w kolbie zawierającej pęd?
7. Jaki wpływ na wynik doświadczenia miałoby pokrycie dolnych powierzchni liści wazeliną?

## Więcej pomysłów

1. Zaprojektujcie doświadczenie pozwalające zbadać wpływ oświetlenia na tempo utraty wody.
2. Zbadajcie wpływ wiatru i wilgotności powietrza na tempo utraty wody.
3. Zbadajcie skutek pokrycie liści wazeliną na tempo zasysania wody przez pęd.
4. Zbadajcie wpływ powierzchni liści na tempo utraty wody: użyjcie pędów o różnej liczbie liści i o liściach różnej wielkości.

Rozdział 2

# Transport wody w pędach i liściach roślin lądowych



**Rys. 1**

## Wstęp

Rośliny wchłaniają wodę z gleby korzeniami. Jest ona następnie transportowana do wszystkich części rośliny. Ów przepływ wody w roślinie jest nazywany strumieniem transpiracji.

Na przemieszczanie wody strumieniem transpiracji ku górze rośliny, a więc wbrew sile grawitacji, wpływa kilka czynników: parcie korzeniowe i osmoza.

Woda przenika do komórek korzenia dzięki zjawisku osmozy, siły wytworzonej przez nierówność stężenia wody między wnętrzem komórek korzenia a znajdującą się w ich sąsiedztwie glebą. Osmoza – a ściślej, nierówne ciśnienie osmotyczne między sąsiadującymi częściami rośliny – odpowiada również za dalsze przepychanie wody w górę rośliny;

Szereg zjawisk powodujących zdolność wąskich naczyń do przemieszczania cieczy w górę wbrew jej ciążeniu określamy pojęciem zjawisk kapilarnych. Na przepływ wody w cienkich wiązkach drewna wpływają dwie przeciwstawne siły: siły przyciągające cząsteczki wody do powierzchni ścian wiązek oraz siły kohezyjne, wzajemnie spajające cząsteczki wody ze sobą. Zjawiska kapilarne zachodzą wtedy, gdy siła przyciągania między wodą a ścianami wiązek staje się silniejsza od sił kohezyjnych między cząsteczkami wody.

Związana z transpiracją siła ssąca to główna siła napędzająca obieg wody w roślinach, w tym w drzewach. Woda paruje przez znajdujące się na liściach aparaty szparkowe: Ten proces nazywa się transpiracją. Gdy tak się dzieje, mechanizm osmozy – zjawisko wymuszające przepływ wody z obszaru, gdzie jest jej dużo, do obszaru, gdzie jest jej mniej – powoduje zasysanie większej ilości wody z systemu korzeniowego.

Do zachodzącego w roślinach procesu fotosyntezy potrzebny jest dwutlenek węgla, czyli gaz o wzorze $CO_2$. W czasie dnia jest on wchłaniany z powietrza przez aparaty szparkowe, które muszą w tym celu się otworzyć. Roślina „wdycha” nimi $CO_2$, ale też traci znaczne ilości parującej przez nie wody. W ostatecznym rozrachunku transpiracja skutkuje utratą przez rośliny aż 90% wchłanianej przez nie wody.

W tym doświadczeniu będziecie obserwować transport wody w górę ksylemu naci selera (*Apium graveolens*, absorbującej wodę zabarwioną błękitem metylenowym.

Ilość wody traconej przez transpirację ustalicie przez pomiar poboru wody przez pęd włożony do napełnionej wodą kolby. Parowanie wody z liści będzie powodować jej zasysanie z kolby, co z kolei będzie w sposób ciągły zwiększać objętość zajmowaną w niej przez powietrze i (przy założeniu, że kolba jest szczelnie zamknięta) spadek jego ciśnienia, który będziecie w stanie mierzyć za pomocą czujnika ciśnienia.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dwa czujniki ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 – 1150 mbar)
- Pięć szklanych kolb o pojemności 250 ml
- Dwie gumowe zatyczki, każda z 2 otworami
- Kawałek modeliny
- Dwa przedłużacze strzykawek*
- Dwa zawory trójdrogowe*
- Szkło powiększające
- Plastikowy nóż
- Linijka o długości 20 cm
- Nać selera
- Pęd drzewa lub krzewu (dobre wyniki pozwala uzyskać *Nerium oleander*)
- 1% roztwór błękitu metylenowego

* zawarte w zestawie akcesoriów do doświadczeń z czujnikiem ciśnienia einstein™ Pressure Kit

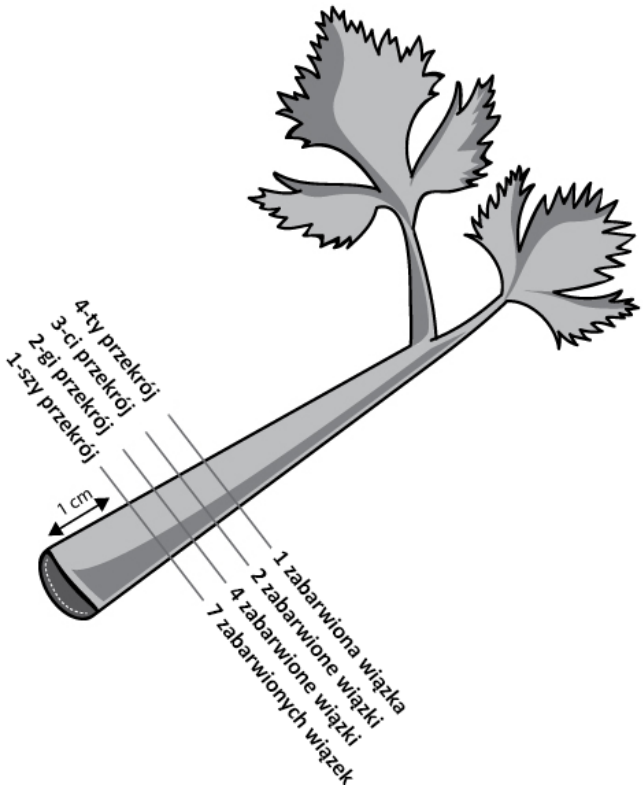
# Część 1: Obieg wody w liściach selera

## Procedura

1. Nalejcie 100 ml jednoprocentowego roztworu błękitu metylenowego do trzech 250-mililitrowych kolb. Ponumerujcie je: 1-3.
2. Podzielcie nać selera wzdłuż jej długości na 3 pasy. Każdy pas powinien zawierać taką samą liczbę i rodzaj liści, najlepiej młodszych liści wewnętrznych, oraz łodygę.
3. Przyjrzyjcie się przekrojowi za pomocą szkła powiększającego. Spróbujcie zidentyfikować wiązki przewodzące ksylemu (zob. Rys. 1).
4. Umieśćcie po jednym pasku w każdej kolbie.
5. Odczekajcie pięć minut i wyjmijcie jeden pasek selera z roztworu. Zetrzyjcie z niego pozostający na jego powierzchni barwnik.
6. Odetnijcie od spodu łodygi plasterek o grubości 1 cm. Przyjrzyjcie się przekrojowi przez szkło powiększające. Czy wiązki przewodzące ksylemu są niebieskie? Policzcie zabarwione wiązki w całym przekroju.
7. Odetnijcie od dolnego końca łodygi kolejny kawałek o długości 1 cm, obejrzyjcie go, potem odetnijcie

następny i tak dalej, aż dotrzecie do kawałka, w którego przekroju nie będzie już widać zabarwionych wiązek (zob. Rys. 2).

8. Odczekajcie 10 minut i wyjmijcie z barwnego roztworu drugi pasek łodygi. Zacząwszy od dolnego końca, odcinajcie od łodygi plastry i oglądajcie jej kolejne przekroje pod szkłem powiększającym, zgodnie z opisem w powyższych punktach 6 i 7. Za każdym razem liczcie wiązki w przekroju.
9. Po 20 minutach wyjmijcie trzecią pasek łodygi i powtórzcie kroki 6 i 7.




**Rys. 2**

10. Przygotujcie tabelę do prezentacji uzyskanych wyników:

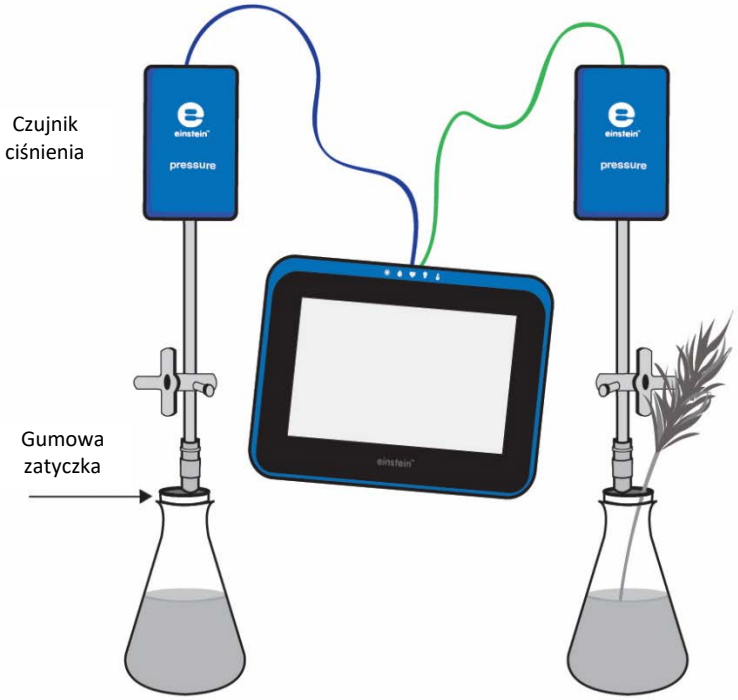
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Wysokość (cm)** | | | | | |
| **Liczba zabarwionych wiązek w przekroju** | | | | | |

11. Obliczcie średnią wysokość, na jaką dotarł zabarwiony roztwór w każdym z pasów łodygi.
12. Pomnóżcie wysokość przez liczbę zabarwionych wiązek. Przykład:
    a. W jednej wiązce barwnik dotarł na wysokość 5 cm: 5 cm X 1 wiązka = 5
    b. W trzech wiązkach barwnik dotarł na wysokość 4 cm: 4 cm X 3 wiązki = 12
    c. W pięciu wiązkach barwnik dotarł na wysokość 3 cm: 3 cm X 5 wiązek = 15
    d. Zsumujcie uzyskane dla wszystkich przekrojów wyniki mnożenia: 32 cm
    e. Podzielcie wynik przez łączną liczbę wiązek (załóżmy, że w tym przykładzie było ich 9):
    f. średnia wysokość, na jaką dotarł barwnik po 5 minutach, wynosiła więc 3,5 cm.
13. Obliczcie średnie tempo transportu wody w górę łodygi we wszystkich trzech pasach łodygi selera, wyrażając je w centymetrach na minutę.

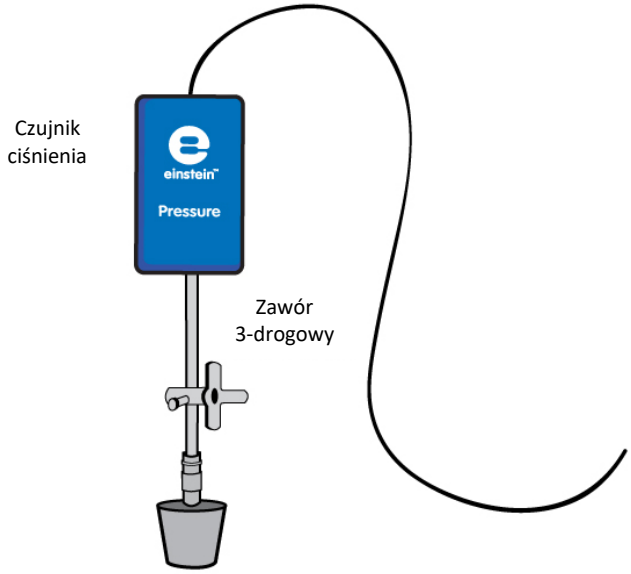
# Część 2: Pomiar tempa zasysania wody z kolby przez pęd rośliny

## 123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki ciśnienia do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 3.
4. Doświadczenie przeprowadźcie w przewiewnym i dobrze oświetlonym pomieszczeniu, najlepiej w pobliżu okna.
5. Wybierzcie pęd drzewa lub krzewu charakteryzującego się dużą powierzchnią liści (czyli posiadający wiele mniejszych liści lub kilka dużych). Łodyga pędu powinna mieć okrągły przekrój i gładką powierzchnię, aby szczelnie wypełniła otwór w zatyczce.
6. Napełnijcie dwie 250-mililitrowe kolby wodą. Kolby powinny być napełnione wodą niemal całkowicie: między powierzchnią wody a spodem korka powinien pozostać jedynie minimalny odstęp rzędu 1 mm.
7. Do kolby z zatyczką z dwoma otworami włóżcie pęd drzewa lub krzewu. Koniec łodygi pędu powinien prawie dotykać dna kolby. (W razie potrzeby uszczelnijcie miejsce przejścia łodygi przez zatyczkę modeliną lub innym podobnym materiałem.)
8. Drugą kolbę zatkajcie drugą zatyczką.
9. Wsuńcie w otwory w zatyczkach obu kolb przedłużacze strzykawek (Rys. 4).
10. Każdy z przedłużaczy podłączcie do zaworu trójdrogowego.
11. Upewnijcie się, że kolby są zamknięte całkowicie szczelnie; w razie potrzeby uszczelnijcie je modeliną lub innym, podobnym materiałem.
12. Do każdego zaworu trójdrogowego podłączcie jeden czujnik ciśnienia.
13. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w sekcji **Pomiary** wybrano tylko czujniki ciśnienia.




**Rys. 3**




**Rys. 4**

## Ustawienie czujników

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

| **Ciśnienie (150 – 1150 mbar)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 20000 sek. |

## Procedura

Sprawdźcie przygotowany układ doświadczalny:
zanim rozpoczniecie doświadczenie, upewnijcie się raz jeszcze, że obie kolby są szczelnie zamknięte. Szczegółowe wskazówki na ten temat zawarto w rozdziale pt. „Uszczelnianie”.

**Wykonanie doświadczenia:**

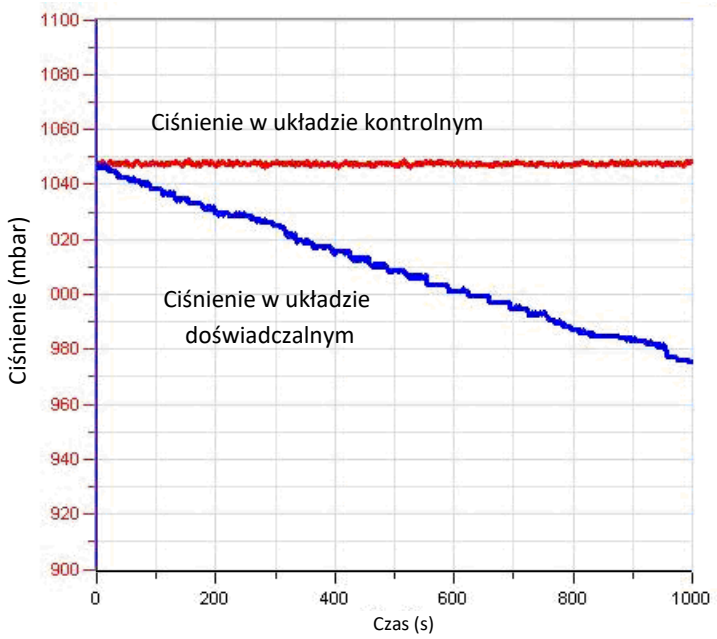
1. Upewnijcie się, że na początku doświadczenia w obu kolbach panuje ciśnienie atmosferyczne. W tym celu przełączcie oba zawory trójdrogowe do położenia A (zob. rozdział pt. „Uszczelnianie”), po czym z powrotem do położenia B. Teraz w obu kolbach powinno panować ciśnienie atmosferyczne.
2. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
3. Obserwujcie wartość ciśnienia w oknie **Wykres** programu MultiLAB4.
4. Pomiar powinien być prowadzony przez co najmniej 25 minut.
5. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

1. Aby obliczyć tempo transpiracji, utwórzcie wykres przedstawiający różnicę między danymi kontrolnymi a danymi doświadczalnymi.
2. Zapiszcie wykres.
3. Wybierzcie wykres przedstawiający dane z Wejścia 1 (kolby kontrolnej), a następnie wybierzcie najniższy punkt danych zarejestrowanych na Wejściu 2.
4. Wybierzcie **Funkcje** ( $f_x$ )
    a. Z menu rozwijanego **Funkcje** wybierzcie polecenie **Odejmowanie**.
    b. Z menu rozwijanego G1 wybierzcie Ciśnienie -1. Z menu rozwijanego G2 wybierzcie Ciśnienie -2.
    c. W polu tekstowym **Nazwa** wpiszcie nazwę wykresu (np. Różnica).
5. Przybliżcie uzyskany wykres funkcją liniową:
    a. Wybierzcie wykres różnicowy.
    b. Z menu **Funkcje** wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową**. Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
    c. Współczynnik nachylenia jej wykresu odzwierciedla właśnie zmierzone podczas doświadczenia tempo utraty wody.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:




**Rys. 4**

## Pytania

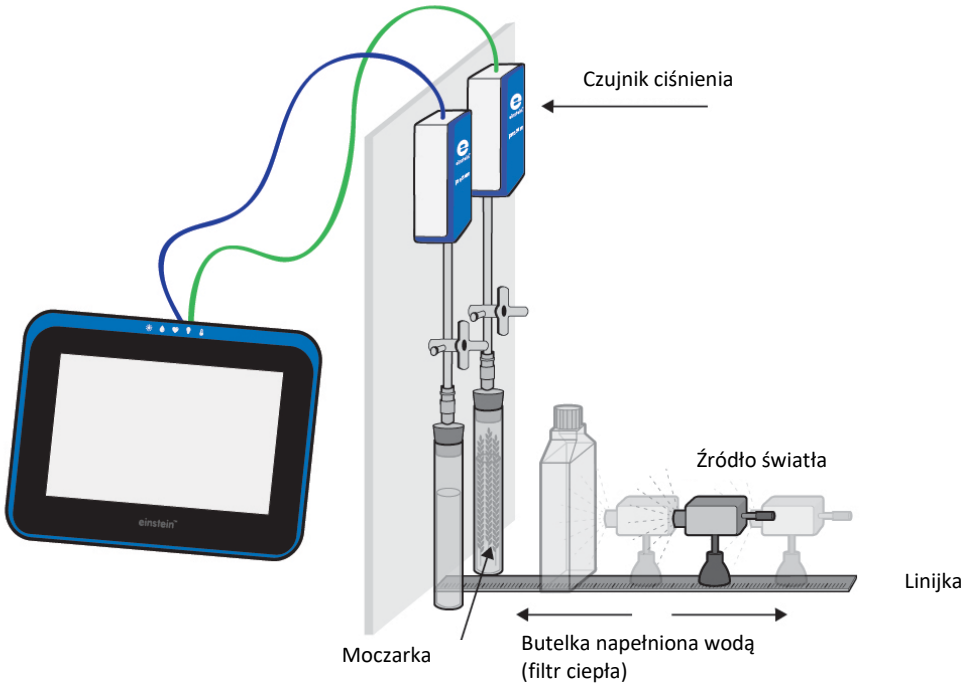
1. Jakiego układu kontrolnego użyliście w tym doświadczeniu?
2. Dlaczego w tym doświadczeniu potrzebny jest układ kontrolny?
3. Jaki wpływ na tempo transpiracji w trakcie doświadczenia ma oświetlenie?
   Czy Waszym zdaniem podobne wyniki uzyskalibyście w ciemności?
4. W jaki sposób zwiększenie wilgotności powietrza w pomieszczeniu, w którym przeprowadziliście doświadczenie, wpłynęłoby na ilość wody zasysanej przez pędy?
   Wyjaśnij, dlaczego tak uważasz.
5. Dlaczego w tym doświadczeniu zalecane było użycie pędu o dużej powierzchni liści?
6. Dlaczego w tym doświadczeniu zmniejszyła się ilość wody w kolbie zawierającej pęd?
7. Jaki wpływ na wynik doświadczenia miałoby pokrycie dolnych powierzchni liści wazeliną?

## Więcej pomysłów

1. Zaprojektujcie doświadczenie pozwalające zbadać wpływ oświetlenia na tempo utraty wody.
2. Zbadajcie wpływ wiatru i wilgotności powietrza na tempo utraty wody.
3. Zbadajcie skutek pokrycie liści wazeliną na tempo zasysania wody przez pęd.
4. Zbadajcie wpływ powierzchni liści na tempo utraty wody: użyjcie pędów o różnej liczbie liści i o liściach różnej wielkości.
5. Przetnijcie pęd i porównajcie liczbę wiązek ksylemu z liczbą wiązek, którą zaobserwowaliście w łodydze selera.
6. Porównajcie uzyskane tempo parowania wody z jego wartością w przypadku innej rośliny. Do porównania wybierzcie roślinę o większym tempie respiracji, na przykład *Ceratonia siliqua*.

Rozdział 3

# Pomiar tempa fotosyntezy u roślin wodnych: *moczarka*




**Rys. 1**

## Wstęp

Większość roślin do życia potrzebuje fotosyntezy. Jest to proces, w którym energia światła zostaje użyta do zamiany dwutlenku węgla ($CO_2$) i wody w węglowodany. Podczas tego procesu powstaje także tlen cząsteczkowy. W organizmach korzystających z fotosyntezy światło jest absorbowane przez pigmenty (w przypadku roślin zielonych – przez chlorofil). W optymalnych warunkach oświetlenia, stężenia dwutlenku węgla i temperatury, tempo fotosyntezy zależy od powierzchni lub masy rośliny, do której dochodzi światło.

W tym doświadczeniu prześledzimy tempo fotosyntezy moczarki (*Elodea ernstiae*), rośliny wodnej, mierząc tempo wydzielania tlenu za pomocą czujników ciśnienia.

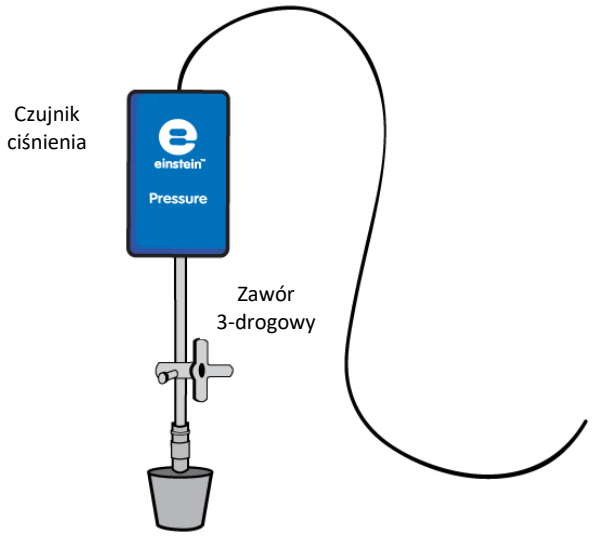
## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dwie szklane probówki o pojemności 50 ml
- Dwie zatyczki z otworem na przedłużacz strzykawki
- Dwa przedłużacze strzykawek*
- Dwa zawory trójdrogowe*
- Wykonany z perspeksu stojak na węże i czujniki
- Jednolitrowa, płaska butelka (szklana lub plastikowa) lub butla do hodowli tkankowych (jako filtr ciepła)
- Dwa czujniki ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 – 1150 mbar)
- 2 g świeżej moczarki
- Plastikowy nóż
- Źródło jasnego światła (np. lampa halogenowa o mocy 150 W)
- Roztwór 0,5% wodorowęglanu

* zawarte w zestawie akcesoriów do doświadczeń z czujnikiem ciśnienia einstein™ Pressure Kit

## 123 Przygotowanie wyposażenia

1. Przygotujcie i połączcie wyposażenie potrzebne do doświadczenia, jak pokazano na Rys. 1.
    a. Napełnijcie wszystkie probówki półprocentowym roztworem wodorowęglanu. Pozostawcie w każdej z nich niewielką ilość powietrza między powierzchnią roztworu a zatyczką.
    b. Potnijcie gałązkę *moczarki* na mieszczące się w próbówce odcinki.
    c. Umieśćcie kawałki *moczarki* w jednej z probówek.
    Druga probówka posłuży jako próbka kontrolna.
    d. Szczelnie zamknijcie probówki zatyczkami.
    e. Wsuńcie w zatyczki przedłużacze strzykawek (Rys. 2).




**Rys. 2**

    f. Drugi koniec każdego z przedłużaczy podłączcie do zaworu trójdrogowego.

g. Podłączcie do zaworów czujniki ciśnienia.
h. Umieśćcie źródło światła w odległości 25 cm od szklanych probówek (zob. Rys. 1).
i. Napełnijcie płaską plastikową butelkę wodą i umieśćcie ją pomiędzy źródłem światła a probówkami. Zawarta w niej woda będzie pochłaniać ciepło wypromieniowywane przez źródło światła.

2. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
3. Podłączcie czujniki ciśnienia do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w sekcji **Pomiary** wybrano tylko czujniki ciśnienia.

## Ustawienie czujników

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

| **Ciśnienie (150 – 1150 mbar)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |

## Procedura

Sprawdźcie przygotowany układ doświadczalny: zanim rozpoczniecie doświadczenie, upewnijcie się raz jeszcze, że obie probówki są szczelnie zamknięte. Szczegółowe wskazówki na ten temat zawarto w rozdziale pt. „Uszczelnianie”.

Wykonanie doświadczenia

1. Upewnijcie się, że na początku doświadczenia w obu probówkach panuje ciśnienie atmosferyczne. W tym celu przełączcie oba zawory trójdrogowe do położenia A (zob. rozdział pt. „Uszczelnianie”), po czym z powrotem do położenia B. Teraz w obu probówkach powinno panować ciśnienie atmosferyczne.
2. Włączcie źródło światła.
3. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
4. Śledźcie tempo fotosyntezy, dopóki ciśnienie w probówce z *moczarką* nie osiągnie około 1100 mbar.
5. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
6. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

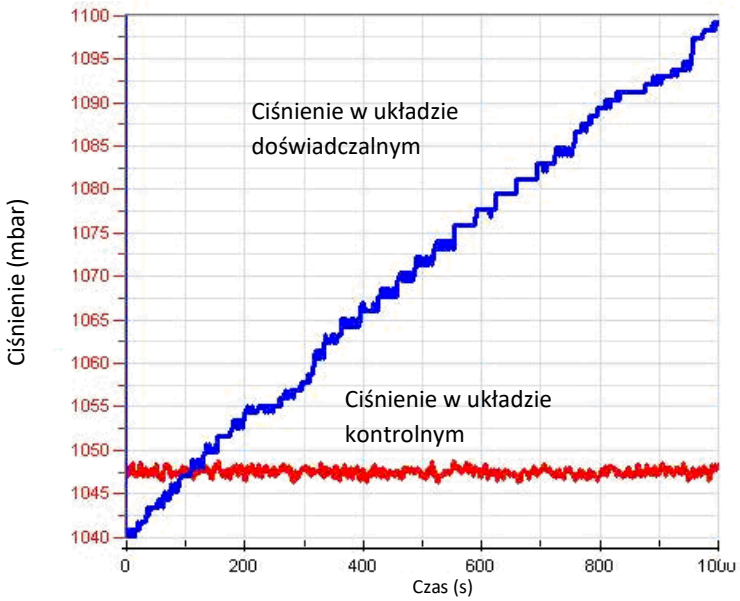
Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Aby obliczyć tempo transpiracji, utwórzcie wykres przedstawiający różnicę między danymi kontrolnymi a danymi doświadczalnymi.
2. Zapiszcie wykres.
3. Wybierzcie wykres przedstawiający dane z Wejścia 1 (kolby kontrolnej), a następnie wybierzcie najniższy punkt danych zarejestrowanych na Wejściu 2.
4. Wybierzcie **Funkcje**.
    a. Z menu rozwijanego **Funkcje** wybierzcie polecenie **Odejmowanie**.

b. Z menu rozwijanego **Funkcje** wybierzcie **Odejmowanie**.
c. Z listy rozwijanej **G1** wybierzcie **Ciśnienie -1**. Z listy rozwijanej **G2** wybierzcie **Ciśnienie -2**.
d. W polu tekstowym **Nazwa** wpiszcie nazwę wykresu (np. Różnica).

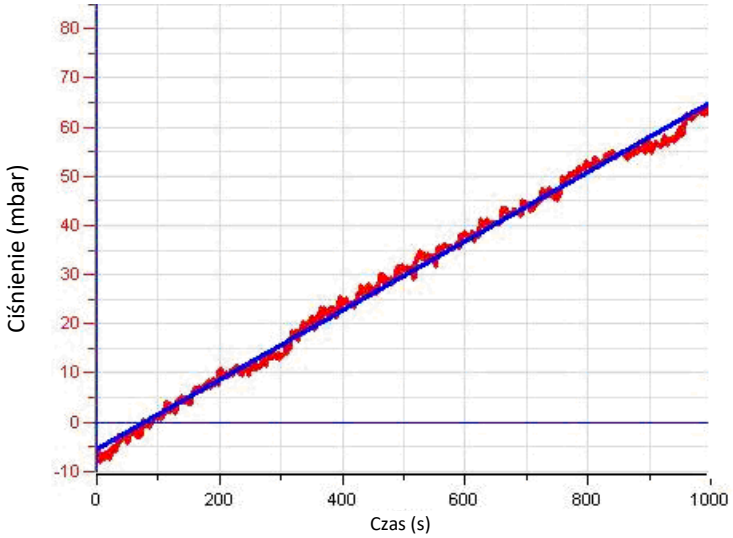
5. Przybliżcie uzyskany wykres funkcją liniową:
   a. Użyjcie pierwszego i drugiego kursora, dotykając ekranu. Następnie wybierzcie żądany przedział wartości.
      (Aby usunąć któryś z kursorów, zaznaczcie go i szybkim ruchem ściągnijcie go z ekranu w dowolnym kierunku)
   b. Wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową**. Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
   c. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu to wynikowa szybkość reakcji.

Poniżej pokazano przykładowe wykresy, jakie mogłyby zostać uzyskane w tym doświadczeniu:




**Rys. 3**

Poniższy wykres przedstawia wynik odjęcia wartości kontrolnych od doświadczalnych oraz przybliżenie wyników doświadczalnych funkcją liniową:




**Rys. 4**

## Pytania

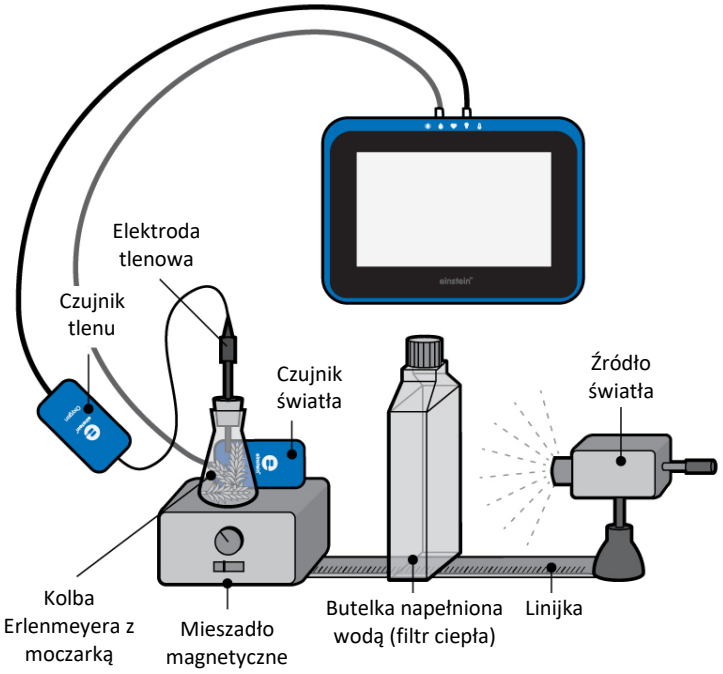
1. Skąd bierze się wzrost ciśnienia w doświadczeniu wykorzystującym proces fotosyntezy?
2. Dlaczego w tym doświadczeniu potrzebny jest układ kontrolny?
3. W tym przypadku można użyć dwóch rodzajów układów kontrolnych: jeden składający się jedynie z probówki z roztworem wodorowęglanu, a drugi – roztworu wodorowęglanu zawierającego ugotowane kawałki *moczarki*. Jaka jest różnica między tymi dwoma rodzajami układów kontrolnych?
4. W jaki sposób wzrost temperatury użytych w doświadczeniu probówek w trakcie doświadczenia mógłby wpłynąć na tempo fotosyntezy?

## Więcej pomysłów

1. Tempo procesu fotosyntezy zależy od kilku czynników: masy użytej *moczarki*, stężenia roztworu wodorowęglanu
   oraz natężenia światła. W jaki sposób każdy z tych czynników wpływa na tempo reakcji?
2. Korzystając z tego samego układu doświadczalnego, jakiego użyliście w tym doświadczeniu, zaprojektujcie nowe doświadczenia, pozwalające zmierzyć wpływ każdego z tych czynników. Spróbujcie powtórzyć opisane tu doświadczenie, podwajając masę *moczarki*, zwiększając natężenie światła itd.

Rozdział 4

# Pomiar tempa fotosyntezy za pomocą czujnika tlenu




**Rys. 1**

## Wstęp

Proces fotosyntezy jest źródłem składników odżywczych dla większości roślin na Ziemi. Jest to proces, w którym energia światła zostaje użyta do zamiany dwutlenku węgla ($CO_2$) i wody w węglowodany, a jednocześnie powstaje tlen, który rośliny uwalniają do atmosfery. Światło, służące w tym procesie za źródło energii, jest w nim absorbowane przez pigmenty zawarte w organizmach korzystających z fotosyntezy. W optymalnych warunkach oświetlenia, stężenia dwutlenku węgla i temperatury, tempo fotosyntezy zależy od powierzchni lub masy rośliny, do której dochodzi światło.

W tym doświadczeniu prześledzimy tempo fotosyntezy moczarki (*Elodea ernstiae*) mierząc tempo produkcji tlenu.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik tlenu
- Czujnik światła (trójzakresowy)
- 20 g świeżej *moczarki*

- Źródło jasnego światła (np. lampa halogenowa o mocy 150 W)
- Kolba Erlenmeyera z przezroczystego szkła o pojemności 250 ml
- Zatyczka z otworem, w który zmieści się czujnik tlenu lub zatyczka z otworem oraz modelina (ewentualnie zatyczka z dwoma otworami, z których jeden można użyć na czujnik temperatury).
- Około 1 l wody z kranu
- Mieszadło magnetyczne z mieszadełkiem
- Jednolitrowa, płaska butelka (szklana lub plastikowa) lub butla do hodowli tkankowych (jako filtr ciepła)
- Opcjonalnie: czujnik temperatury (od -40 °C do 140 °C)

## 123 Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujnik tlenu ($DO_2$), czujnik światła i czujnik temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
    a. Układ doświadczalny składa się z kolby Erlenmeyera z przezroczystego szkła o pojemności 250 ml, zawierającej wodę z kranu i świeżą *moczarkę* (ok. 20 g) i znajdujące się w kolbie mieszadło.
    b. Umieśćcie kolbę na mieszadle magnetycznym. Korzystając ze statywu, ostrożnie włóżcie elektrodę czujnika tlenu do kolby tak, aby znalazła się w pobliżu znajdującego się na dnie mieszadła. (Ewentualnie umieśćcie w kolbie również czujnik temperatury).
    c. Kolba Erlenmeyera musi być zamknięta idealnie szczelnie, aby uniemożliwić wydostawanie się z niej tlenu. Więcej wskazówek na temat uszczelniania zawarliśmy w rozdziale pt. Uszczelnianie
    d. Umieśćcie czujnik światła w pobliżu kolby. Posłuży on do mierzenia intensywności światła padającego na próbkę *moczarki*.
    e. Jako źródła światła użyjcie lampy z reflektorem o mocy 150 W, ustawionej 25 cm od kolb.
    f. Aby zapobiec nagrzewaniu się kolby, między źródłem światła a kolbą z moczarką umieśćcie płaską, litrową butelkę z wodą.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** wybrany został tylko czujnik ciśnienia oraz czujnik temperatury.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |
| **Tlen** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |
| **Światło** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |

| | |
|---|---|
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |

## Procedura

1. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
2. Włączcie światło i rozpocznijcie mieszanie. Obserwujcie wartość stężenia tlenu ($DO_2$).

**Uwaga:** Śledźcie temperaturę wody w płaskiej butelce przez cały czas trwania doświadczenia. Jeżeli zacznie ona szybko wzrastać (szybciej niż o 5°C w 5 minut), przerwijcie pomiary i wymieńcie wodę w butelce na chłodną. Po około połowie godziny wyłączcie lampę i zakryjcie kolbę, aby na *moczarkę* nie padało światło.

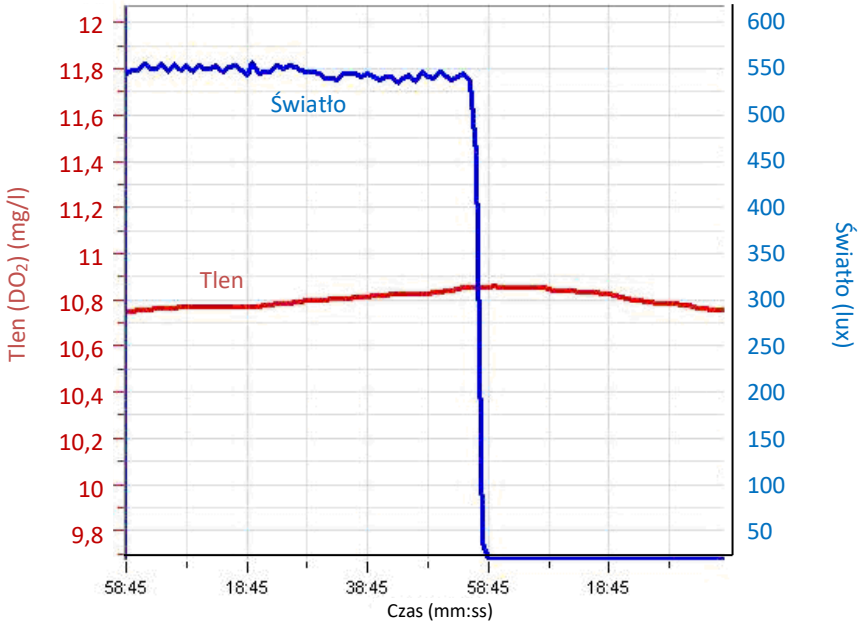
3. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
4. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Sprawdźcie tempo zmiany stężenia $DO_2$ zaznaczając jeden punkt na początku wykresu i jeden punkt na jego końcu.
   Z menu rozwijanego **Funkcje** wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową**. Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:




**Rys. 2**

## Pytania

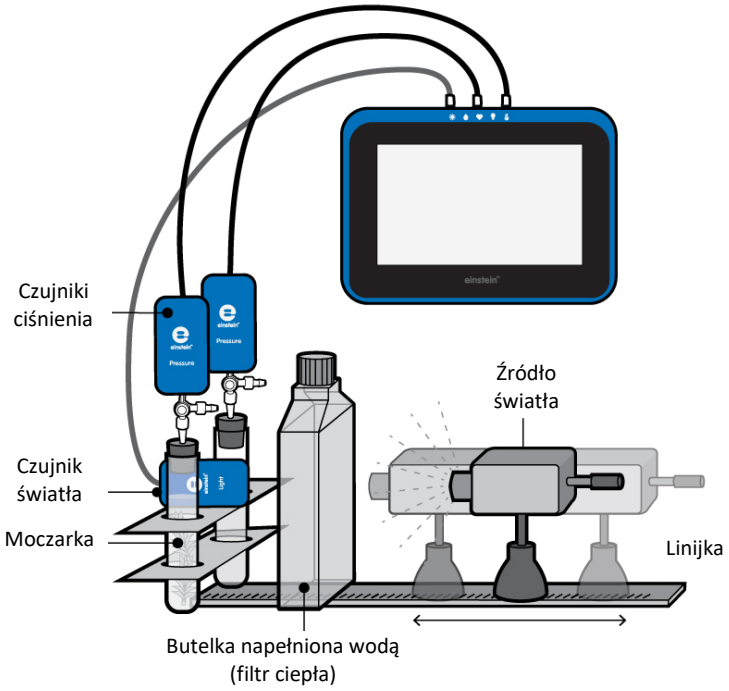
W jaki sposób dodanie wodorowęglanu wpływa na przebieg fotosyntezy?

## Więcej pomysłów

1. Tempo fotosyntezy zależy od kilku czynników: użytej masy *moczarki*, natężenia światła i innych. Jak jest wpływ każdego z nich na tempo reakcji?
2. Korzystając z tego samego układu doświadczalnego, jakiego użyliście w tym doświadczeniu, zaprojektujcie nowe doświadczenia, pozwalające zmierzyć wpływ każdego z tych czynników. Spróbujcie powtórzyć opisane tu doświadczenie, podwajając masę *moczarki*, zwiększając natężenie światła, dodając wodorowęglan itp.

Rozdział 5

# Wpływ światła na tempo fotosyntezy




**Rys. 1**

## Wstęp

Tempo fotosyntezy zależy od natężenia światła. W warunkach optymalnych zależność ta jest opisywana krzywą nasycenia. Natężenie światła w określonej odległości od jego źródła jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratu tej odległości.

(1) $$I = \frac{1}{r^2}$$

gdzie:

$I$ = natężenie światła

$r$ = odległość od źródła światła

W tym doświadczeniu zmieniamy natężenie światła, umieszczając źródło światła w różnych odległościach od układu doświadczalnego.

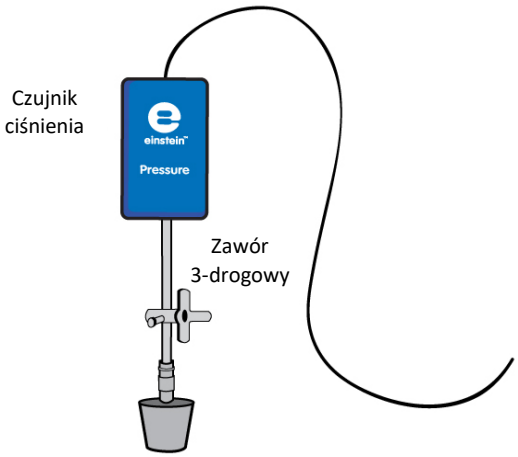
## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dwa czujniki ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 – 1150 mbar)
- Czujnik światła (trójzakresowy)
- 2 g świeżej *moczarki*
- Lampa o mocy 150 W z reflektorem
- Dwie szklane probówki o pojemności 50 ml
- Dwie zatyczki z otworem na przedłużacz strzykawki
- Dwa przedłużacze strzykawek*
- Wężyk lateksowy*
- Dwa zawory trójdrogowe*
- Statyw na czujniki
- Dwie jednolitrowe, płaskie butelki (szklane lub plastikowe) lub butle do hodowli tkankowych (jako filtr ciepła)
- Źródło jasnego światła (np. lampa halogenowa o mocy 150 W)
- Opcjonalnie: Czujnik temperatury (od -40°C do 140°C)
- Miara metrowa (metrówka)

* zawarte w zestawie akcesoriów do doświadczeń z czujnikiem ciśnienia einstein™ Pressure Kit

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki ciśnienia i czujnik temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
    a. Potnijcie gałązkę *moczarki* na mieszczące się w próbówce odcinki.
    b. Umieśćcie kawałki *moczarki* w jednej z probówek. Druga probówka posłuży jako próbka kontrolna.
    c. Napełnijcie probówki wodą z kranu. Między powierzchnią wody a zatyczką powinna pozostać odległość 1 cm.
    d. Szczelnie zamknijcie probówki zatyczkami.
    e. Wsuńcie w zatyczki przedłużacze strzykawek (Rys. 2).
    f. Drugi koniec każdego z przedłużaczy podłączcie do zaworów trójdrogowych.
    g. Podłączcie do zaworów czujniki ciśnienia.




**Rys. 2**

5. Napełnijcie płaskie plastikowe butelki wodą i umieśćcie je pomiędzy źródłem światła a probówkami. Zawarta w nich woda będzie pochłaniać ciepło wypromieniowywane przez źródło światła.
6. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczone są tylko czujniki ciśnienia i temperatury.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Ciśnienie (150 – 1150 mbar)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |

## Procedura

Sprawdźcie przygotowany układ doświadczalny, korzystając ze wskazówek zawartych w rozdziale pt. „Uszczelnianie”.

**Wykonanie doświadczenia:**

1. W tym doświadczeniu pięć razy zmierzycie tempo fotosyntezy, za każdym razem mierząc je przy innym natężeniu światła. Natężenie światła zmienicie stopniowo odsuwając lampę od próbki z rośliną. Najlepsze efekty uzyskacie, zaczynając od położenia lampy 20 cm od probówek, a kończąc z lampą oddaloną od nich o 45 cm.
2. Ponieważ to doświadczenie trwa stosunkowo długo (około 45 minut), między źródłem światła a probówkami umieśćcie dwie płaskie butelki z wodą.
3. Śledźcie temperaturę znajdującej się w nich wody przez cały czas trwania doświadczenia. Jeżeli zacznie

ona szybko wzrastać (szybciej niż o 5°C w 5 minut), przerwijcie pomiary i wymieńcie wodę w butelkach. Do monitorowania temperatury w butelkach możecie użyć czujnika temperatury.

4. W doświadczeniu użyjcie dwóch probówek, z których jedna posłuży za próbkę kontrolną. W drugiej z probówek umieśćcie 2 g świeżej *moczarki*.
5. Umieśćcie probówki obok siebie, naprzeciw źródła światła. Upewnijcie się, że obie są w równym stopniu oświetlone. Zalecamy naświetlanie probówki zawierającej *moczarkę* przez pięć minut przed rozpoczęciem doświadczenia. Spowoduje to wstępne nasycenie roztworu i umożliwi rozpoczęcie mierzenia stężenia tlenu od samego początku pomiarów. W innym razie zmiany w zawartości tlenu dadzą się dostrzec dopiero po około sześciu minutach.
6. Narysujcie prostą linię, przebiegającą od osi źródła światła do drugiej, prostopadłej do niej linii, łączącej obie probówki i przecinającej ją dokładnie w połowie odległości między probówkami. Przyłóżcie linijkę do linii biegnącej od źródła światła do probówek i zmierzcie wzdłuż niej odległość źródła światła od probówek (zob. Rys. 1).
7. Przed rozpoczęciem doświadczenia zmierzcie za pomocą czujnika temperatury temperaturę w probówkach. Ponownie zmierzcie ją po zakończeniu doświadczenia. Przez cały czas trwania doświadczenia nie powinna ona wzrosnąć o więcej niż 2°C.
8. Upewnijcie się, że na początku doświadczenia w obu probówkach panuje ciśnienie atmosferyczne. W tym celu przełączcie oba zawory trójdrogowe do położenia A (zob. rozdział pt. „Uszczelnianie"), po czym z powrotem do położenia B. Teraz w obu probówkach powinno panować ciśnienie atmosferyczne.
9. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
10. Obserwujcie wartość ciśnienia w oknie **Wykres** programu MultiLAB4.
11. Pozwólcie układowi doświadczalnemu działać jeszcze przez 8 minut.
12. Po ośmiu minutach wyłączcie źródło światła i przemieśćcie je do kolejnego punktu na linii służącej do pomiaru jego odległości od probówek, po czym z powrotem je włączcie.

**OSTROŻNIE!** Lampa użyta w tym doświadczeniu jako źródło światła będzie się mocno nagrzewać w trakcie świecenia. Zachowajcie ostrożność przy jej przemieszczaniu.

13. Powtórzcie doświadczenie dla 2-3 kolejnych odległości.

**Uwaga:** Aby uniknąć przypadkowego spowodowania zmiany ciśnienia w probówkach w trakcie trwania doświadczenia, nie dotykajcie ich przez cały czas jego trwania.

14. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
15. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Pomiar intensywności światła przy różnych odległościach między jego źródłem a probówkami

1. Umieśćcie czujnik światła na linii łączącej obie probówki.
2. Umieśćcie otwór czujnika dokładnie naprzeciwko źródła światła.
3. Upewnijcie się, że czujnik światła jest dobrze unieruchomiony.
4. Podłączcie elektrodę czujnika pH do jednego ze złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
5. Zaprogramujcie czujniki tak, aby rejestrowały dane zgodnie z następującymi założeniami:

| **Światło (0 – 150 klux)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | 10/sek. |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 1 sek. |

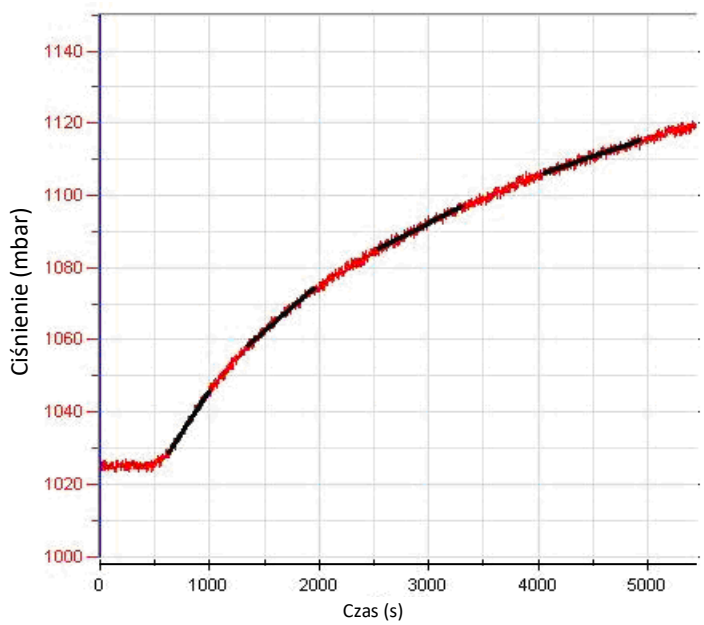
1. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
2. Przygotujcie tabelę na wyniki i rejestrujcie natężenie światła przy różnych odległościach jego źródła od probówek.
3. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
4. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

1. Do obliczenia wynikowego tempa reakcji konieczne będzie utworzenie wykresu przedstawiającego różnicę między pomiarami **ciśnienia** w układzie kontrolnym a tymi zarejestrowanymi w układzie doświadczalnym:
2. wybierzcie polecenie **Kreator analizy** ( ) z górnego paska narzędzi, po czym wybierzcie **Funkcje**.
3. Z menu rozwijanego **Funkcje** wybierzcie **Odejmowanie**.
4. Z listy rozwijanej **G1** wybierzcie **Ciśnienie -1**. Z listy rozwijanej **G2** wybierzcie **Ciśnienie -2**.
5. W polu tekstowym **Nazwa** wpiszcie nazwę wykresu (np. Różnica).
6. W tym doświadczeniu uzyskaliście wykres w postaci szeregu liniowych segmentów, w których każdy odpowiada innej odległości między źródłem światła a probówkami.
7. Aby wyizolować dowolny z tych segmentów, umieśćcie kursor w punkcie wykresu odpowiadającym momentowi, w którym ustawiliście źródło światła w danej odległości od probówek, a drugi - w punkcie odpowiadającym zabraniu go z tego miejsca.
    a. Przybliżcie uzyskany w takim segmencie wycinek wykresu za pomocą funkcji liniowej:
    b. Wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową**. Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
    c. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu to wynikowa szybkość reakcji.
    d. Powtórzcie czynności opisane w kroku 2 dla każdego liniowego odcinka wykresu.

Przykładowy uzyskany w tym doświadczeniu wykres i jego aproksymacje (przybliżenia) funkcją liniową przedstawiamy niżej (czarne linie to przybliżone funkcje liniowe):




**Rys. 2**

Wypełnijcie poniższą tabelę:

| Nr pomiaru | Odległość od źródła światła (cm) | Nachylenie | Natężenie światła (klux) |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

## Pytania

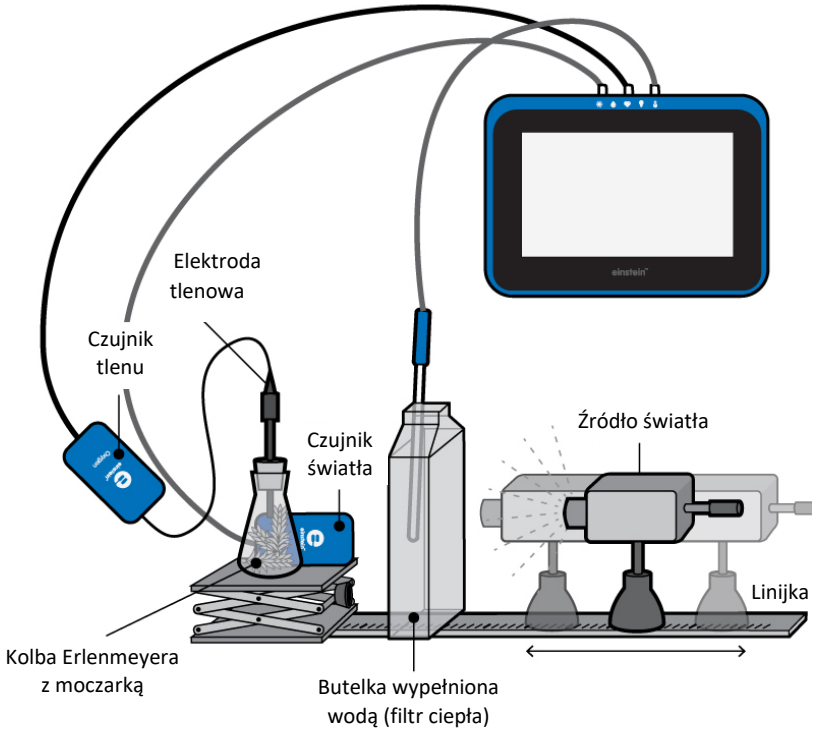
1. W jaki sposób zmienialiście natężenie światła w tym doświadczeniu?
2. Dlaczego w tym doświadczeniu potrzebny jest układ kontrolny?
3. Opiszcie wpływ natężenia światła na tempo fotosyntezy:
    - czy dla każdej zbadanej wartości natężenia światła tempo fotosyntezy było od niej zależne?
    - Określcie przedział wartości natężenia światła, w którym światło jest czynnikiem ograniczającym.
4. W jaki sposób na wynik doświadczenia mógłby wpłynąć wzrost temperatury w probówkach?

## Więcej pomysłów

1. Zbadajcie wpływ długości fali światła na fotosyntezę, umieszczając między probówkami a źródłem światła kolejno filtry: niebieski, zielony i czerwony.
2. W jaki sposób, przy ograniczonym zakresie natężenia światła, zwiększenie masy *moczarki* wpływa na tempo fotosyntezy?
3. Zaprojektujcie doświadczenie, które pozwoli zbadać Waszą hipotezę na ten temat.

Rozdział 6

# Wpływ światła na tempo fotosyntezy: pomiar za pomocą czujnika tlenu




**Rys. 1**

## Wstęp

Proces fotosyntezy jest źródłem składników odżywczych dla większości roślin na Ziemi. Jest to proces, w którym energia światła zostaje użyta do zamiany dwutlenku węgla ($CO_2$) i wody w węglowodany, a jednocześnie powstaje tlen, który rośliny uwalniają do atmosfery. Światło, służące w tym procesie za źródło energii, jest w nim absorbowane przez pigmenty zawarte w organizmach korzystających z fotosyntezy.

W optymalnych warunkach stężenia dwutlenku węgla i temperatury, tempo fotosyntezy zależy od natężenia światła wchłanianego przez fotosyntetyzujące części organizmu. Natężenie światła w określonej odległości od jego źródła jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratu tej odległości.

$$I = \frac{1}{r^2} \qquad (1)$$

gdzie:

$I$ = natężenie światła

$r$ = odległość od źródła światła

W tym doświadczeniu zmieniamy natężenie światła, umieszczając źródło światła w różnych odległościach od układu doświadczalnego.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik tlenu
- Czujnik światła (trójzakresowy)
- Opcjonalnie: czujnik temperatury (od -40°C do 140°C)
- 9 g świeżej *moczarki*
- Źródło jasnego światła (np. lampa halogenowa o mocy 150 W)
- Kolba Erlenmeyera o pojemności 250 ml
- Zatyczka z otworem, w który zmieści się czujnik tlenu lub zatyczka z otworem oraz modelina
- Podnośnik laboratoryjny
- Dwie jednolitrowe, płaskie butelki (szklane lub plastikowe) lub butle do hodowli tkankowych (jako filtr ciepła)
- 0 - 2% roztwór wodorowęglanu

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujnik tlenu i czujnik światła do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
    a. Tempo fotosyntezy może też zależeć od gatunku rośliny oraz pory roku, w jakiej przeprowadzacie doświadczenie. Przed przystąpieniem do właściwych pomiarów tempa fotosyntezy zaleca się zatem przeprowadzenie pomiaru w optymalnych warunkach oświetlenia (tj. ze źródłem światła w odległości 20 cm od kolby Erlenmeyera) i stężeniu wodorowęglanu 0,5% - 1,0%.
    b. Przygotujcie przezroczystą kolbę Erlenmeyera o pojemności 250 ml. Wypełnijcie ją roztworem wodorowęglanu i umieśćcie w niej ok. 9 g świeżej moczarki:
        i. Na kolbie zaznaczcie linię na wysokości ok. 5 cm poniżej jej wierzchołka.
        ii. Potnijcie *moczarkę* na krótkie kawałki i ułóżcie je równolegle względem siebie, aby zapewnić im maksymalne wystawienie na działanie światła. Kawałki rośliny umieśćcie następnie wewnątrz kolby Erlenmeyera.
        iii. Napełnijcie kolbę roztworem wodorowęglanu do zaznaczonej na niej linii.
        iv. Włóżcie do niej elektrodę czujnika tlenu tak, aby zanurzyła się w roztworze, po czym szczelnie zamknijcie kolbę.
    c. Czujnik tlenu pozwala monitorować stężenie tego gazu w wodzie w zawierającym moczarkę roztworze wodorowęglanu.
    d. Pozostawione w kolbie Erlenmeyera ok. 5 ml powietrza pozwoli uzyskać dobre tempo fotosyntezy.
    e. Kolba musi być szczelnie zamknięta, aby uniemożliwić wyciek tlenu. Do zamknięcia kolby użyjcie zatyczki z otworem dokładnie dopasowanym do średnicy elektrody czujnika tlenu lub zamknijcie ją kawałkiem plastycznej modeliny.
    f. Za kolbą Erlenmeyera umieśćcie czujnik światła. Posłuży on do mierzenia natężenia

światła padającego na próbkę moczarki.

g. Ponieważ ciepło ma wpływ na tempo reakcji, między źródłem światła a kolbą Erlenmeyera umieśćcie dwie płaskie butelki wody. Będą one pełnić rolę filtra ciepła, chroniąc roztwór wodorowęglanu przed nagrzewaniem się pod wpływem promieniowania źródła światła.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Tlen** $DO_2$ (mg/l) | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |
| **Światło (0 – 150 klux)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |

## Procedura

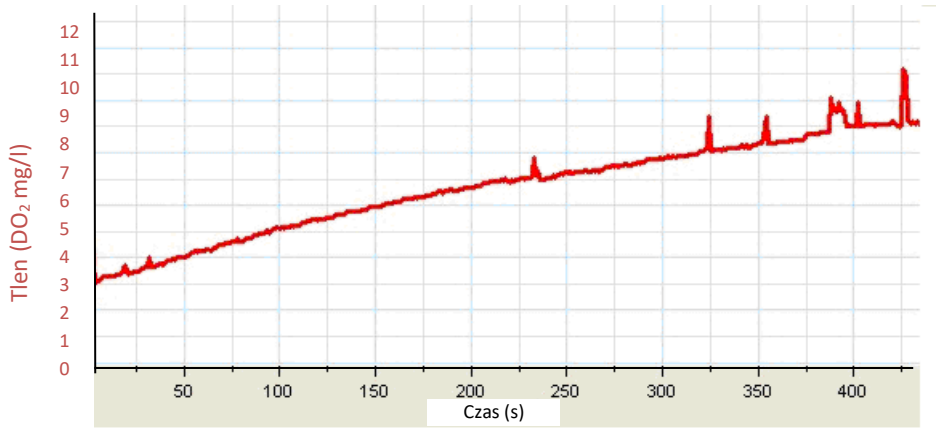
1. W tym doświadczeniu mierzycie tempo fotosyntezy przy różnych stężeniach roztworu wodorowęglanu. Wybierzcie cztery do pięciu stężeń wodorowęglanu z przedziału od 0% do 2%. Rozpocznijcie doświadczenie od pomiaru z roztworem 0,5%.
2. Śledźcie temperaturę wody w płaskiej butelce przez cały czas trwania doświadczenia. Jeżeli zacznie ona szybko wzrastać (szybciej niż o 5 °C w 5 minut), przerwijcie pomiary i wymieńcie wodę w butelkach.
3. Zalecamy naświetlanie kolby Erlenmeyera zawierającej *moczarkę* przez pięć minut przed rozpoczęciem doświadczenia. Spowoduje to wstępne nasycenie roztworu i umożliwi pomiar stężenia tlenu od samego początku doświadczenia. W innym razie zmiany w zawartości tlenu dadzą się dostrzec dopiero po około sześciu minutach.
4. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
5. Rozpocznijcie doświadczenie ze źródłem światła umieszczonym w największej spośród badanych odległości. Sprawdźcie też najpierw, czy źródło światła jest skierowane na kolbę.
6. Włączcie światło i śledźcie procentowe stężenie tlenu.
7. Obserwujcie wskazania tempa fotosyntezy przez 5-8 minut, aż jego wykres przyjmie postać linii prostej. Przy dużych odległościach od źródła światła może ono być bardzo niskie.
8. Po 5-8 minutach wyłączcie źródło światła.
9. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
10. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).
11. Przemieśćcie źródło światła do kolejnego punktu na linii służącej do pomiaru jego odległości od badanego preparatu, po czym z powrotem je włączcie.
12. Powtórzcie kroki 4 - 10 dla trzech lub czterech kolejnych odległości.

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Doświadczenie wykonane z roztworem wodorowęglanu o mocy 0,5% skutkuje uzyskaniem zestawu liniowych odcinków wykresów. Każdy z nich odpowiada innej odległości między źródłem światła a kolbą Erlenmeyera.
2. Za pomocą kursorów wybierzcie pierwszy odcinek wykresu różnicowego.
   Kursor: Na wykresie można wyświetlić maksymalnie dwa kursory jednocześnie.
   a. Aby wyświetlić wartości współrzędne, wybierzcie krzywą, a aby wyświetlić ukrytą oś y, wybierzcie dowolny punkt na wykresie. Wartości współrzędnych wybranego punktu pojawią się poniżej osi x.
   b. Aby przesunąć kursor, przeciągnijcie go po krzywej wykresu.
   c. Aby usunąć któryś z kursorów, zaznaczcie go i szybkim ruchem ściągnijcie go z ekranu w dowolnym kierunku.
   d. Aby wyświetlić różnicę między dwoma zestawami współrzędnych lub zaznaczyć przedział punktów danych, wybierzcie dowolne dwa punkty na wykresie. Różnica między obydwoma zestawami współrzędnych zostanie wyświetlona poniżej osi x.
3. Przybliżcie uzyskany w takim segmencie wycinek wykresu za pomocą funkcji liniowej:
   a. Wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową** ( ). Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
   b. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu to wynikowa szybkość reakcji.
4. Powtórzcie czynności opisane w krokach 1 i 3 dla każdego liniowego odcinka wykresu.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:




**Rys. 2**

5. Użyjcie kursora, aby odczytać z wykresu wartość natężenia światła i uzupełnijcie poniższą tabelę:

| Nr pomiaru | Odległość od źródła światła (cm) | Nachylenie | Natężenie światła (klux) |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

6. Za pomocą programu Excel utwórzcie wykres opisujący zależność między intensywnością światła a tempem fotosyntezy (współczynnik nachylenia).
7. Powtórzcie kroki od 1 do 5 dla każdego stężenia roztworu wodorowęglanu z przedziału od 0% do 2%.

## Pytania

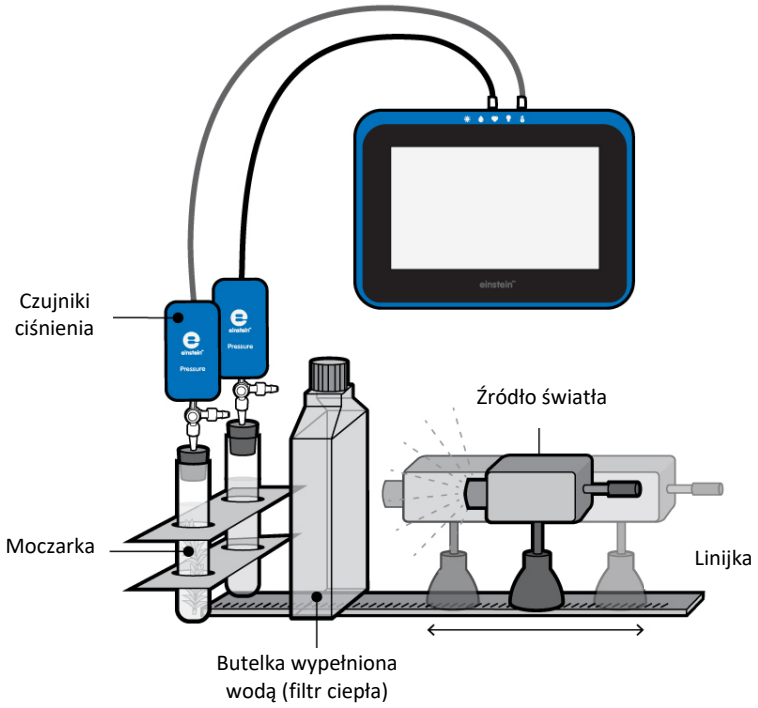
1. W jaki sposób zmienialiście natężenie światła w tym doświadczeniu?
2. Opiszcie wpływ natężenia światła na tempo fotosyntezy.
3. Czy tempo fotosyntezy było zależne od natężenia światła dla wszystkich zbadanych wartości natężenia?
4. Określcie przedział wartości natężenia światła, w którym światło jest czynnikiem ograniczającym.
5. Jaki wpływ na wyniki doświadczenia miałby wzrost temperatury w kolbie w jego trakcie?

## Więcej pomysłów

1. Zbadajcie wpływ długości fali światła na fotosyntezę, umieszczając między probówkami a źródłem światła kolejno filtry: niebieski, czerwony i zielony. Okryjcie przy tym probówki tekturą, aby uniemożliwić przedostanie się do nich światła z innych źródeł niż celowo użyte w doświadczeniu.
2. W jaki sposób, przy ograniczonym natężeniu światła, zwiększenie masy *moczarki* wpłynie na tempo fotosyntezy?
3. Zaprojektujcie doświadczenie, które pozwoli zbadać Waszą hipotezę na ten temat.

Rozdział 7

# Wpływ wodorowęglanów na tempo fotosyntezy: pomiar za pomocą czujników ciśnienia




**Rys. 1**

## Wstęp

Fotosynteza to proces, w którym większość roślin, w tym na przykład drzewa, wytwarza węglowodany. Proces ten obejmuje zarówno reakcje biochemiczne z udziałem światła, które bez niego nie mogą zajść (tak zwana faza jasna), jak i reakcje zachodzące bez udziału światła, przebiegające niezależnie od warunków oświetleniowych (faza ciemna). W wyniku reakcji fazy ciemnej $CO_2$ ulega rozkładowi oraz innym przemianom, których skutkiem jest powstanie węglowodanów.

Głównym źródłem $CO_2$ zużywanego w trakcie fotosyntezy jest atmosfera, w której gaz ten znajduje się w stężeniu około 0,03%. Rozpuszczenie $CO_2$ w wodzie prowadzi do następującej reakcji:

(1) $$H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$

Jony wodorowęglanów powstające w tej reakcji służą jako źródło $CO_2$ dla reakcji fazy ciemnej fotosyntezy.

W tym doświadczeniu zmierzycie tempo fotosyntezy przy różnych stężeniach $CO_2$.

## Sprzęt

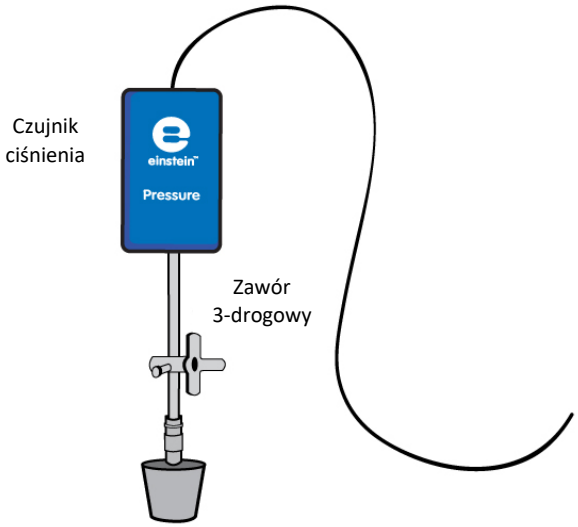
- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dwa czujniki ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 – 1150 mbar)
- Czujnik temperatury
- Dwie szklane probówki o pojemności 50 ml
- Dwie zatyczki z otworem na przedłużacz strzykawki
- Dwa przedłużacze strzykawek*
- Dwa zawory trójdrogowe*
- Wykonany z perspeksu stojak na węże i czujniki
- Dwie jednolitrowe, płaskie butelki (szklane lub plastikowe) lub butle do hodowli tkankowych (jako filtr ciepła)
- 2 g świeżej *moczarki*
- Plastikowy nóż
- Źródło jasnego światła (np. lampa halogenowa o mocy 150 W)
- Opcjonalnie: czujnik temperatury (od -40°C do 140°C)
- 0 - 2% roztwór wodorowęglanu

* zawarte w zestawie akcesoriów do doświadczeń z czujnikiem ciśnienia einstein™ Pressure Kit

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki ciśnienia do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
    a. W doświadczeniu użyjcie dwóch probówek o pojemności 50 ml, z których jedna posłuży za próbkę kontrolną.
    b. Stężenia użytego w tym doświadczeniu roztworu wodorowęglanu zawierają się w zakresie od 0 do 2%.
    c. Użyjcie świeżego pędu *moczarki* o wadze 2 g i potnijcie go na odcinki o długości mieszczącej się w dostępnej probówce. Ułóżcie odcinki rośliny równolegle względem siebie, aby maksymalnie wystawić je na działanie światła.
    d. W drugiej z probówek umieśćcie 2 g świeżej *moczarki*.
    e. Probówki należy szczelnie pozamykać gumowymi zatyczkami. Między powierzchnią roztworu a zatyczką pozostawcie bardzo niewielką ilość powietrza.
    f. Umieśćcie probówki obok siebie, naprzeciwko źródła światła. Upewnijcie się, że obie są w równym stopniu oświetlone.
    g. Jako źródła światła użyjcie lampy o mocy 150 W z reflektorem. Umieśćcie ją w odległości 25 cm od probówek.
    h. Aby zapobiec nagrzewaniu się probówek, między nimi a źródłem światła umieśćcie dwie jednolitrowe płaskie butelki wypełnione wodą,
    i. której temperaturę następnie monitorujcie w trakcie doświadczenia (na przykład za pomocą czujnika temperatury).
    j. W zatyczkę każdej z probówek wsuńcie przedłużacz strzykawki (Rys. 2).
    k. Drugi koniec każdego z przedłużaczy podłączcie do zaworu trójdrogowego.
    l. Do każdego zaworu trójdrogowego podłączcie czujnik ciśnienia.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki

zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczone są tylko czujniki ciśnienia i temperatury.




**Rys. 3: Zawór trójdrogowy – Pozycja A**

## Ustawienie czujników

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

| **Ciśnienie (150 – 1150 mbar)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 s |

## Procedura

Sprawdźcie przygotowany układ doświadczalny: zanim rozpoczniecie doświadczenie, upewnijcie się raz jeszcze, że obie probówki są szczelnie zamknięte. Szczegółowe wskazówki na ten temat zawarto w rozdziale pt. „Uszczelnianie”.

**Wykonanie doświadczenia:**

1. W tym doświadczeniu mierzycie tempo fotosyntezy przy różnych stężeniach roztworu wodorowęglanu. Wybierzcie cztery do pięciu stężeń wodorowęglanu z przedziału od 0% do 2%. Rozpocznijcie doświadczenie od pomiaru z roztworem 0,5%.
2. Upewnijcie się, że na początku doświadczenia w obu probówkach panuje ciśnienie atmosferyczne. W tym celu przełączcie oba zawory trójdrogowe do położenia A (zob. rozdział pt. „Uszczelnianie”), po czym z powrotem do położenia B. Teraz w obu probówkach powinno panować ciśnienie atmosferyczne.
3. Zalecamy naświetlanie probówki zawierającej *moczarkę* przez pięć minut przed rozpoczęciem doświadczenia. Spowoduje to wstępne nasycenie roztworu i umożliwi pomiar stężenia tlenu od samego początku doświadczenia. W innym razie zmiany w zawartości tlenu dadzą się dostrzec dopiero po około sześciu minutach.
4. Ponieważ to doświadczenie trwa stosunkowo długo (około 45 minut), między źródłem światła a probówkami umieśćcie dwie płaskie butelki z wodą.

5. Śledźcie temperaturę znajdującej się w nich wody przez cały czas trwania doświadczenia. Jeżeli zacznie ona szybko wzrastać (szybciej niż o 5°C w 5 minut), przerwijcie pomiary i wymieńcie wodę w butelkach na chłodną.
6. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
7. Na początku i pod koniec doświadczenia zmierzcie temperaturę w każdej użytej w doświadczeniu probówce. Przez cały czas trwania doświadczenia nie powinna ona wzrosnąć o więcej niż 2°C.
8. Obserwujcie wartość ciśnienia w oknie **Wykres** programu MiLAB.
9. Obserwujcie wskazania tempa fotosyntezy co najmniej przez osiem minut.
10. Następnie wylejcie roztwór wodorowęglanu z obu probówek i zastąpcie go roztworem o innym stężeniu.
11. Mierzcie tempo reakcji przez kolejne sześć minut.

Uwaga: Przez całe doświadczenie korzystajcie z tych samych odcinków pędów moczarki.

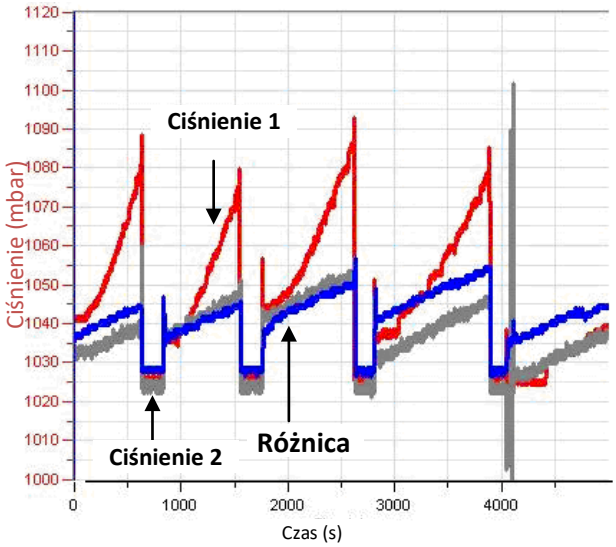
12. Powtórzcie kroki 8-11 jeszcze trzykrotnie, za każdym razem używając roztworu wodorowęglanu o innym stężeniu.
13. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Aby obliczyć wynikowe tempo reakcji, utwórzcie wykres różnicowy: odejmijcie wykres wyników uzyskanych ciśnienia w układzie kontrolnym od wykresu wartości zarejestrowanych w układzie doświadczalnym:
    a. wybierzcie polecenie Kreator analizy ( ) z górnego paska narzędzi, po czym wybierzcie polecenie Funkcje.
    b. Z menu rozwijanego **Funkcje** wybierzcie **Odejmowanie**.
    c. Z menu rozwijanego G1 wybierzcie Ciśnienie -1. Z menu rozwijanego G2 wybierzcie Ciśnienie -2.
    d. W polu tekstowym **Nazwa** wpiszcie nazwę wykresu (np. Różnica).
2. Przybliżcie uzyskany wykres różnicowy funkcją liniową:
    a. wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową** ( ). Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
    b. Współczynnik nachylenia jej wykresu odzwierciedla właśnie zmierzone podczas doświadczenia tempo utraty wody.
    c. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu to wynikowa szybkość reakcji.
3. Powtórzcie krok 2 dla każdego liniowego odcinka wykresu (każdy z takich odcinków przedstawia wyniki pomiarów przy innym stężeniu roztworu).

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:




**Rys. 2**

Wypełnijcie poniższą tabelę:

| Nr pomiaru | Stężenie roztworu wodorowęglanu (%) | Nachylenie |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

3. Za pomocą programu Excel utwórzcie wykres opisujący zależność między stężeniem wodorowęglanu a tempem fotosyntezy (współczynnik nachylenia).

## Pytania

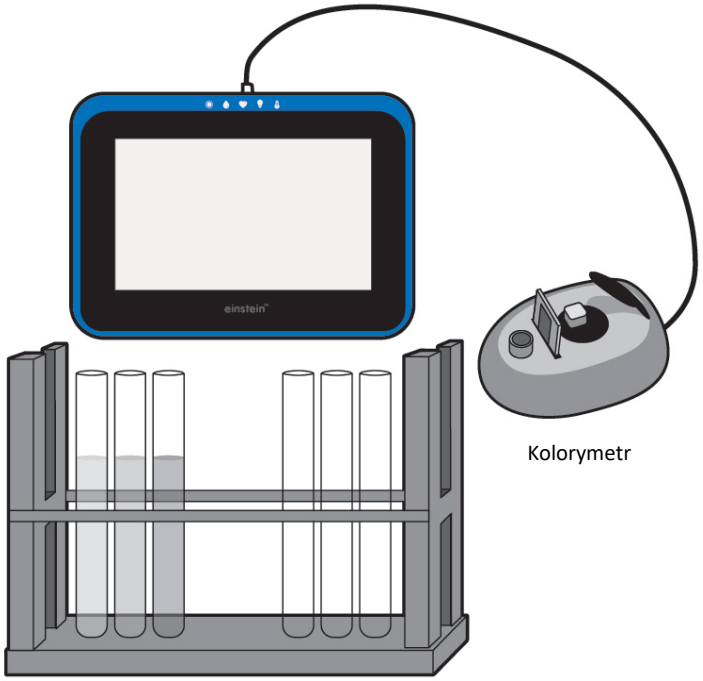
1. Jakiego układu *kontrolnego* użyliście w tym doświadczeniu? Wyjaśnijcie dokładnie.
2. W jaki sposób stężenie roztworu wodorowęglanu wpływa na tempo fotosyntezy?
3. W jaki sposób na mierzone tempo fotosyntezy mógłby wpłynąć wzrost temperatury w probówkach?
4. Spróbujcie przewidzieć skutek włożenia do probówek dodatkowych odcinków *moczarki*:
    a. przy niskim stężeniu wodorowęglanu?
    b. przy nasyconym roztworze wodorowęglanu?

## Więcej pomysłów

Spróbujcie przewidzieć, jaki skutek miałoby zmniejszenie natężenia światła w przypadku roztworów nienasyconych? Zaprojektujcie doświadczenie, które pozwoli zbadać Waszą hipotezę na ten temat.

Rozdział 8

# Pomiar syntezy glukozy podczas fotosyntezy




**Rys. 1**

## Wstęp

Fotosynteza to niezwykle ważny proces, dzięki któremu rośliny i niektóre inne organizmy wykorzystują energię światła do wytwarzania z dwutlenku węgla i wody związków organicznych, na przykład cukrów (formy węglowodanów). Jednym z najważniejszych takich cukrów jest glukoza.

Synteza glukozy zależy od czynników abiotycznych, takich jak natężenie światła i temperatura, a także od kilku czynników biotycznych, takich jak zawartość chlorofilu w liściach danej rośliny oraz powierzchnia rośliny wystawiona na działanie światła.

W tym doświadczeniu za pomocą kolorymetru zbadacie ilość glukozy syntetyzowanej przez rośliny lądowe.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Kolorymetr

- Roślina o co najmniej 20 - 40 liściach (dobrym wyborem będzie *koleus, pelargonia lub jaśmin gatunku Jasminum fruticans*)
- Lampa o mocy 150 W z reflektorem
- Statyw z probówkami
- Moździerz z tłuczkiem
- Wodny roztwór glukozy o stężeniu 1%
- Aceton
- n-heksan*
- Roztwór 40% winianu sodowo-potasowego
- Roztwór DNS:
- 10 g DNS (kwasu 3,5-dinitrosalicylowego (DNS))
- 2 g/l fenolu (opcjonalnie: intensyfikuje barwę)
- 0,5 g siarczynu sodu
- 10 g NaOH
- Uzupełnić wodą do objętości 1 litra
- Kuwety
- Gaza
- Okulary ochronne

*Wszelkie prace z n-heksanem należy koniecznie prowadzić w wyciągu laboratoryjnym

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie elektrodę czujnika pH do jednego ze złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
4. Pierwsza konfiguracja jest przystosowana do przeprowadzenia kalibracji, a druga – do wykonania właściwych pomiarów.
5. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach Pomiary zaznaczono tylko czujnik kolorymetryczny.

## Ustawienie czujników

### Ustawienia do kalibracji kolorymetru:

| **Kolorymetr** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 100 sek. |

1. Użyjcie zielonego filtra do ekstraktu chlorofilu, a czerwonego – do oznaczenia glukozy.
2. Ustawienia do pomiarów barw za pomocą kolorymetru:

| **Kolorymetr** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | 10/sek. |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 1 sek. |

## Procedura

1. Oświetlcie wybraną roślinę lub umieśćcie ją pod gołym niebem w pełnym świetle dziennym.
2. W jednogodzinnych odstępach oderwijcie od niej 8 liści.
3. Przygotowanie ekstraktów chlorofilu i glukozy:
    a. Zważcie liście.
    b. Zgniećcie liście w moździerzu.
    c. Dodajcie 10 ml acetonu i rozgniatajcie je dalej.
    d. Przefiltrujcie uzyskany ekstrakt przez gazę i zbierzcie ciecz do probówki.
    e. Dodajcie 10 ml n-heksanu. Dobrze wymieszajcie.
    f. Dodajcie 10 ml wody z kranu. Dobrze wymieszajcie. Zauważcie, że n-heksan jest lżejszy od wody i nie rozpuszcza się w niej. Nad warstwą wody utworzy się osobna, zielona warstwa n-heksanu z ekstraktem chlorofilu.
    g. Zbierzcie tę górną warstwę do probówki i oznaczcie, pisząc na jej etykiecie „Jedna godzina".
    h. Pobierzcie 3 ml z warstwy uformowanej z wody z kranu i umieśćcie ją w probówce w celu oznaczenia zawartości glukozy. Oznaczcie ją, pisząc na jej etykiecie „Glukoza, jedna godzina".
    i. Powtórzcie kroki a-h po dwóch, trzech i czterech godzinach.

Zmierzcie stężenie chlorofilu w uzyskanych próbkach:
Rozcieńczcie próbki wodą z kranu (w stopniu zależnym od intensywności koloru, ale nie mniejszym niż 1:3, aby można było prawidłowo dokonać pomiaru kolorymetrem).

Uwaga: Możecie pominąć pomiar stężenia chlorofilu i oprzeć się wyłącznie na posiadanych danych wagowych.

Skalibrujcie kolorymetr:

1. Użyjcie zielonego filtra.
2. Jako próby ślepej użyjcie roztworu n-heksanu rozcieńczonego 1:3 z wodą z kranu.
3. Tak przygotowany roztwór ślepy wlejcie w kuwetę i włóżcie do kolorymetru. Zakryjcie kuwetę, aby nie dopuścić do odparowania n-heksanu.
4. Szczelnie zamknijcie pokrywę kolorymetru.
5. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
6. Przekręćcie pokrętło kolorymetru aż do uzyskania 100% transmitancji.
7. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.

Zmierzcie kolor każdej z próbek:

1. Każdą próbkę wlejcie do kuwety i włóżcie do kolorymetru.
2. Szczelnie zamknijcie pokrywę kolorymetru.
3. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby włączyć rejestrowanie danych.
4. Ten krok to czynność *ręczna*; za każdym razem, gdy zechcecie wykonać pomiar, musicie dotknąć polecenia **Start**.
5. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.

### Zmierzcie stężenie glukozy w uzyskanych próbkach:

1. Przygotujcie rozkład normalny, przygotowując pięć probówek zawierających po 3 ml roztworów o następujących stężeniach glukozy:
   1%, 0.5%, 0,1%, 0,05%, 0 (roztwór ślepy).
2. Do każdej 3 ml próbki roztworu glukozy dodajcie 3 ml jednoprocentowego roztworu DNS.
3. Zamknijcie probówki szklanymi zatyczkami lub w inny sposób uniemożliwiający parowanie ich zawartości.
4. Podgrzejcie mieszaniny do 90°C i podgrzewajcie przez 10 minut, aż do uzyskania rdzawego koloru.
5. Dodajcie 1 ml roztworu 40% winianu sodowo-potasowego. Ustabilizuje on kolor.
6. Schłodźcie do temperatury pokojowej, umieszczając w zimnej wodzie.

### Skalibrujcie kolorymetr:

1. Użyjcie czerwonego filtra.
2. Roztwór ślepy wlejcie w kuwetę i włóżcie do kolorymetru.
3. Szczelnie zamknijcie pokrywę kolorymetru.
4. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
5. Przekręćcie pokrętło kolorymetru aż do uzyskania 100% transmitancji.
6. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.

### Zmierzcie kolor każdej z próbek:

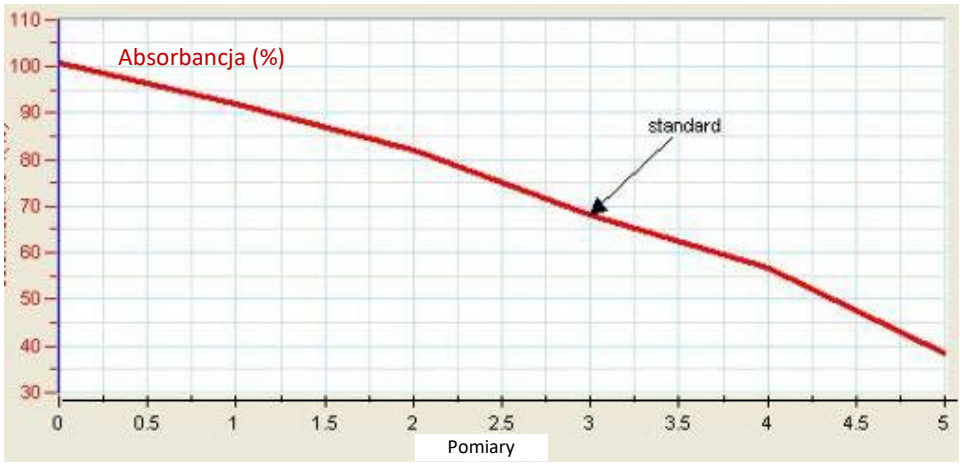
1. Każdą próbkę wlejcie do kuwety i włóżcie do kolorymetru.
2. Szczelnie zamknijcie pokrywę kolorymetru.
3. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby włączyć rejestrowanie danych.
4. Ten krok to czynność *ręczna*; za każdym razem, gdy zechcecie wykonać pomiar, musicie dotknąć polecenia **Start**.
5. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Przygotujcie rozkład normalny glukozy: transmitancja światła w funkcji stężenia glukozy.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:



2. Za pomocą krzywej kalibracji określcie stężenie glukozy odpowiadające transmitancji zmierzonej dla każdej z próbek liści. Użyjcie ustalonych stężeń dla odmierzonych punktów w czasie i przedstawcie dane w tabeli przygotowanej na wzór poniższej:

| Czas (godziny) | Absorbancja (%) | Stężenie glukozy | Stężenie glukozy na g wagi liścia (%/g) |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

3. Za pomocą programu Excel przygotujcie wykres przedstawiający zmiany w stężeniu glukozy na gram liścia w funkcji czasu.

## Pytania

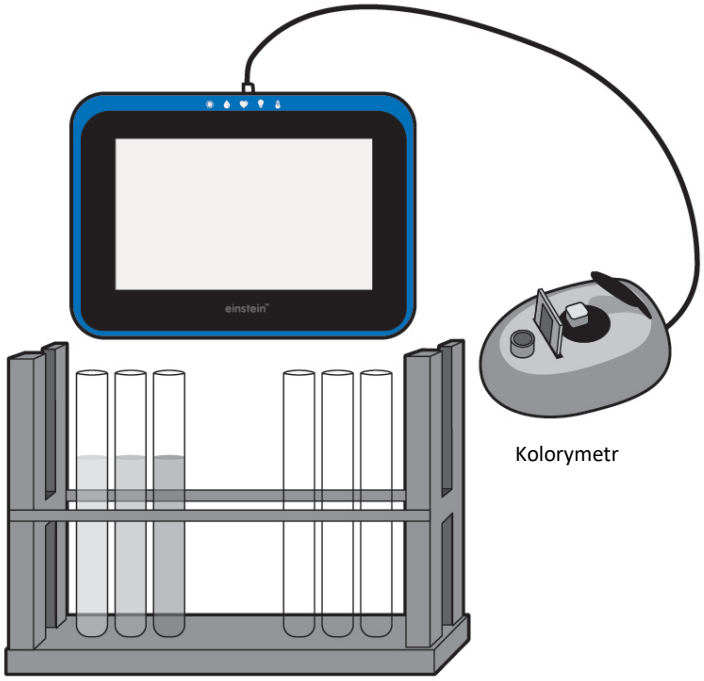
1. Opiszcie wykres przedstawiający syntezę glukozy w czasie. Czy jest on liniowy?
2. Dlaczego ważne jest, aby stężenie glukozy przedstawiać w przeliczeniu na gram masy liścia lub w odniesieniu do stężenia chlorofilu?
3. Który z parametrów jest dokładniejszy: waga liścia czy stężenie chlorofilu? Wyjaśnijcie.
4. Jakie zależności istnieją między syntezą glukozy a ilością $O_2$ uwolnionego w trakcie fotosyntezy?
5. Jaki wpływ na tempo syntetyzowania glukozy w procesie fotosyntezy odgrywa temperatura? Zaprojektujcie doświadczenie, które pozwoli zbadać Waszą hipotezę na ten temat.

## Więcej pomysłów

1. Przetrzymujcie rośliny w miejscach o różnych natężeniach światła i zmierzcie wpływ tego faktu na syntezę glukozy.
2. Zamknijcie rośliny w szczelnych, przezroczystych komorach: W jednej umieśćcie granulki KOH (KOH reaguje z $CO_2$, usuwając ten gaz z powietrza). Porównajcie syntezę glukozy w obu komorach.
3. Porównajcie syntezę glukozy u różnych roślin.

Rozdział 9

# Wpływ światła na zawartość chlorofilu w liściach roślin




**Rys. 1**

## Wstęp

Chlorofil to zielony, fotosyntetyzujący pigment występujący u roślin, alg i cyjanobakterii. Absorbuje on światło słoneczne i wykorzystuje jego energię do syntezy węglowodanów z $CO_2$ i wody.

Chlorofil nie jest jedynym pigmentem o takich właściwościach; istnieje pięć rodzajów pigmentów fotosyntetyzujących, z których każdy wyróżnia się szczególną zdolnością do wykorzystywania innego przedziału widma:

chlorofil jako pigment koloru zielonego, absorbuje dobrze fale o długości około 400-450 nm (niebieskie) i 650-700 nm (czerwone). Jest to też najczęściej występujący ze wszystkich pigmentów, obecny w każdej roślinie fotosyntetyzującej.

Chlorofil b – zielony pigment absorbujący światło niebieskie (długość fali 450-500 nm)
Karoten – pomarańczowy pigment dobrze absorbujący światło o długości fali 450-500 nm (niebieskie)
Ksantofil – żółty pigment dobrze absorbujący światło o długości fali 400-530 nm (niebiesko-fioletowe)
Feofityna - pigment szary. Karoten, ksantofil i feofityna są nazywane pigmentami pomocniczymi, ponieważ absorbują one wprawdzie światło, ale energię przekazują chlorofilowi.

Żaden z nich nie absorbuje dobrze światła z żółto-zielonego przedziału widma, co wyjaśnia, dlaczego większość flory, jaką spotykamy na co dzień na całym świecie, ma kolor zielony – po prostu odbija zielone światło. Natężenie padającego na rośliny światła wpływa na ilość zawartego w nich chlorofilu.

W tym doświadczeniu dokonujemy ekstrakcji chlorofilu z liści roślin wystawionych na działanie różnych ilości światła.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Kolorymetr
- Kuwety
- Moździerz z tłuczkiem
- Etanol 95%
- Statyw z probówkami
- Rośliny (co najmniej po 2 każdego gatunku)
- Okulary ochronne

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie elektrodę czujnika pH do jednego ze złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na powyższym Rys. 1.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach Pomiary zaznaczono tylko czujnik kolorymetryczny.

## Ustawienie czujników

Do *kalibracji* kolorymetru użyjcie **zielonego** filtra. Ustawienia czujników:

| **Kolorymetr** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 100 sek. |

Do badania ekstraktu chlorofilu użyjcie **zielonego** filtra. Ustawienia czujników do *pomiarów* barw za pomocą kolorymetru:

| **Kolorymetr** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | 10/sek. |
| Liczba pomiarów: | 1 sek. |

## Procedura

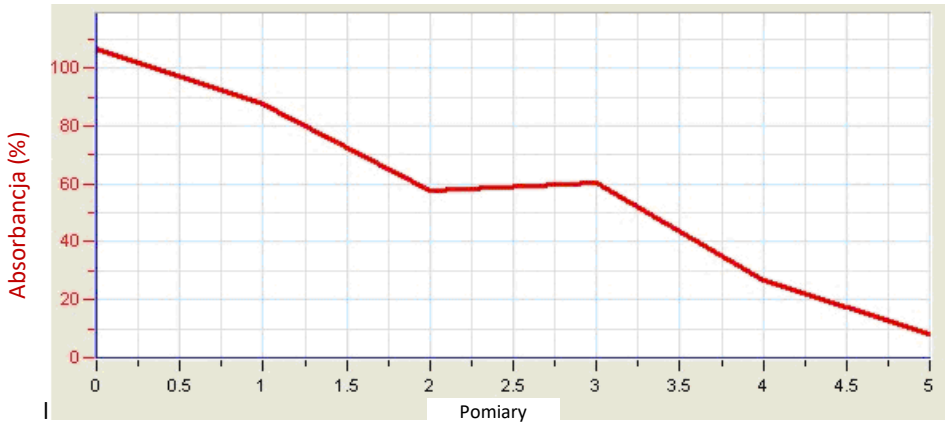
1. Wyhodujcie potrzebne do doświadczenia rośliny (co najmniej po dwie każdego gatunku), pozwalając im wzrastać przez co najmniej tydzień w miejscach o różnym natężeniu oświetlenia.
   Ustawcie rośliny w miejscach o następującym naświetleniu:
   a. w całkowitej ciemności (w zamkniętym pudełku lub szafce),
   b. w słabym oświetleniu (w zacienionym kącie lub pod przyciemniającą siatką),
   c. w pełnym świetle słonecznym (przy oknie).
2. W doświadczeniu najlepiej wykorzystać szybko rosnące rośliny, na przykład *ruszczyk, koleus, geranium* lub trzykrotkę purpurową (*Setcreasia pallida*). Dobrze spiszą się też kiełki, o ile tylko ich liście będą wystarczająco duże.
3. Przygotowanie ekstraktu chlorofilu:
   a. Odważcie 3 g liści.
   b. Zgniećcie liście w moździerzu.
   c. Dodajcie 10 ml etanolu i rozgniećcie je bardziej.
   d. Zbierzcie zabarwiony roztwór etanolu i wlejcie go do probówki. Jeżeli barwa będzie zbyt intensywna, rozcieńczcie go etanolem. Zamknijcie probówkę, aby uniemożliwić parowanie etanolu.
4. Skalibrujcie kolorymetr:
   a. Użyjcie zielonego filtra.
   b. Etanol posłuży za próbę ślepą.
   c. Tak przygotowany roztwór ślepy wlejcie w kuwetę i włóżcie do kolorymetru. Zakryjcie kuwetę, aby nie dopuścić do odparowania etanolu.
   d. Szczelnie zamknijcie pokrywę kolorymetru.
   e. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
   f. Przekręćcie pokrętło kolorymetru aż do uzyskania 100% transmitancji.
   g. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
5. Zmierzcie kolor każdej z próbek:
   a. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby włączyć zapis danych.
   b. Ten krok to czynność ręczna; za każdym razem, gdy zechcecie wykonać pomiar, musicie dotknąć polecenia **Run** ( ).
   c. Wykonajcie osobny pomiar dla każdego gatunku osobno.
   d. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
   e. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).
6. Wykonajcie osobny pomiar dla każdego gatunku osobno.

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Zaznaczcie dowolny punkt na wykresie z doświadczenia z dowolną z roślin, a program wyświetli stężenie chlorofilu.
2. Przygotujcie wykres przedstawiający wpływ natężenia światła na ilość chlorofilu w każdym z badanych gatunków.
3. Porównajcie wyniki uzyskane w tym samym oświetleniu z różnymi gatunkami roślin.

Poniższy przykład przedstawia pomiary wykonane na liściach trzykrotki przy trzech różnych poziomach natężenia światła podczas hodowli (pierwszy wynik to próba ślepa):




**Rys. 2**

## Pytania

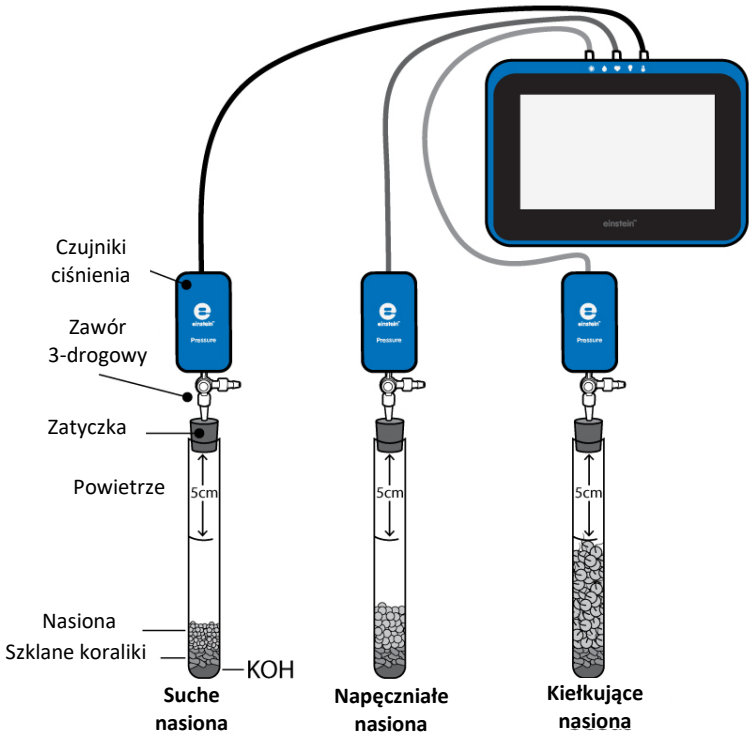
1. Dlaczego w każdych warunkach oświetleniowych hodowaliście co najmniej po 2 egzemplarze każdego gatunku?
2. Dlaczego ważne jest, aby wszystkie rośliny były hodowane w identycznej temperaturze i tak samo podlewane?
3. Które zmienne tego doświadczenia są niezależne, a które zależne?
4. Jaki wpływ ma natężenie światła na ilość chlorofilu w liściach badanych roślin. Wyjaśnijcie.
5. Jakiego rodzaju zmian w zawartości chlorofilu spodziewalibyście się w innych porach roku?

## Więcej pomysłów

1. Hodujcie rośliny przez różny czas i zbadajcie zawartość chlorofilu, zmiany w liczbie i wielkości liści. Jakie wyniki uzyskacie w przypadku roślin hodowanych w całkowitej ciemności?
2. Zmieńcie warunki oświetleniowe: przenieście rośliny hodowane w pełnym świetle dziennym do miejsca o słabym oświetleniu i odwrotnie.
   Prześledźcie zmiany zawartości chlorofilu z czasem.
3. Zróżnicujcie warunki oświetleniowe dla jednej i tej samej rośliny: przykryjcie różne jej części siatkami zacieniającymi i zmierzcie wpływ tego zabiegu na zawartość chlorofilu.
4. Zbadajcie wpływ temperatury na zawartość chlorofilu w liściach.

Rozdział 10

# Tempo respiracji kiełkujących nasion




**Rys. 1**

## Wstęp

Kiełkowanie to proces rozwijania się nasion, sporów i pąków i ich przekształcania się w rośliny (na przykład drzewa), grzyby itp. Proces ten wymaga dużych ilości energii. W nasionach są zmagazynowane węglowodany, tłuszcze i inne związki organiczne. Są one rozbijane na glukozę, która następnie, dzięki procesom oddychania komórkowego, rozbijana jest na jeszcze mniejsze cząsteczki, uwalniając potrzebną energię. W trakcie oddychania zużywany jest tlen cząsteczkowy, powstaje natomiast $CO_2$.

Respiracja suchych nasion zachodzi bardzo powoli. W kontakcie z wodą, uwalniają one najpierw przetrzymywane w nich gazy, co jest jednak procesem fizycznym zupełnie niezwiązanym z respiracją. W miarę powiększania się zawartości wody w nasionach, bardzo dużemu przyspieszeniu ulega tempo ich respiracji.

Śledząc tempo zużycia tlenu przez cały proces kiełkowania, można w nim wyodrębnić kilka etapów. Najpierw nasiona pęcznieją w miarę przyjmowania wody. Na tym etapie zużycie tlenu wzrasta bardzo szybko.

Gdy nasiona napęcznieją, zaczynają rozwijać się korzenie i pędy. W tej fazie zużycie tlenu stabilizuje się. Zaczyna rosnąć ponownie, gdy młoda roślina kontynuuje wzrost i wydłużają się jej korzenie i pędy.

Wreszcie zaczynają rozwijać się liście. Na tym etapie większość znajdujących się początkowo w nasieniu składników odżywczych już się wyczerpała i tempo zużycia tlenu maleje.

Zarówno tempo procesu kiełkowania, jak i tempo respiracji zależą od czynników abiotycznych, takich jak temperatura, tlen i $CO_2$, a także od natężenia światła.

W tym doświadczeniu posłużycie się czujnikami ciśnienia, aby porównać tempo zużycia tlenu przez nasiona kiełkujące, napęczniałe i suche.

Do usunięcia $CO_2$ wytwarzanego w procesie respiracji użyjecie KOH. Dwutlenek węgla ($CO_2$) jest cięższy od powietrza, będzie więc opadać na dno probówki, gdzie wejdzie w reakcję z KOH. W ten sposób rozwiązany zostanie problem gromadzenia się w niej $CO_2$, a zmianę ciśnienia powietrza w probówce mierzoną podczas respiracji będzie można przypisać wyłącznie zmianom w stężeniu tlenu.

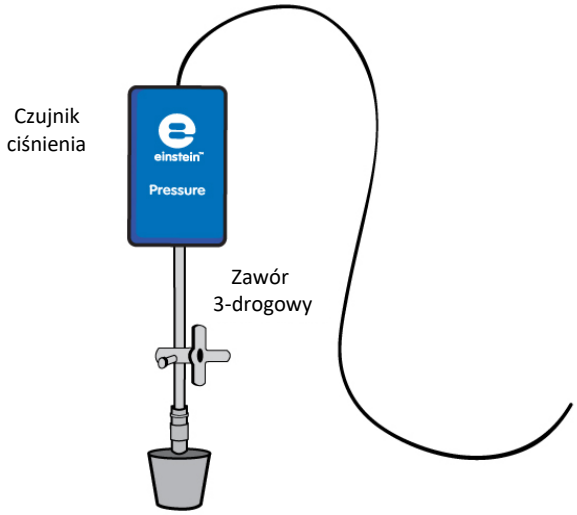
## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Trzy czujniki ciśnienia (150 – 1150 mbar)
- Trzy probówki o pojemności 50 ml
- Dwie zatyczki, każda z otworem na przedłużacze strzykawek
- Trzy przedłużacze strzykawek*
- Trzy zawory trójdrogowe*
- 9 g suchego KOH
- Szklane koraliki
- Nasiona (groch lub fasola): 60 suchych nasion, 45 napęczniałych nasion, 35 kiełkujących nasion

* zawarte w zestawie akcesoriów do doświadczeń z czujnikiem ciśnienia einstein™ Pressure Kit

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki ciśnienia do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
    a. W zatyczkę każdej z probówek wsuńcie przedłużacz strzykawki (Rys. 2).
    b. Drugi koniec każdego z przedłużaczy podłączcie do zaworu trójdrogowego.
    c. Do każdego zaworu trójdrogowego podłączcie czujnik ciśnienia.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w sekcji **Pomiary** wybrano tylko czujniki ciśnienia.




**Rys. 2**

## Ustawienie czujników

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

| **Ciśnienie (150 – 1150 mbar)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |

## Procedura

### Sprawdźcie przygotowany układ doświadczalny!

Zanim rozpoczniecie doświadczenie, upewnijcie się raz jeszcze, że obie probówki są szczelnie zamknięte. Szczegółowe wskazówki na ten temat zawarto w rozdziale pt. „Uszczelnianie”.

**Wykonanie doświadczenia:**

1. Ponumerujcie probówki numerami od 1 do 3. Na każdej probówce narysujcie kreskę w odległości 5 cm od jej górnej krawędzi.
2. Upewnijcie się, że na początku doświadczenia we wszystkich probówkach panuje ciśnienie atmosferyczne. W tym celu przełączcie zawory trójdrogowe do położenia A (zob. rozdział pt. „Uszczelnianie”), po czym z powrotem do położenia B. Teraz we wszystkich probówkach powinno panować ciśnienie atmosferyczne.
2. Umieśćcie po 3 g KOH na dnie każdej z probówek. Dokładnie przykryjcie granulki szklanymi koralikami, aby uniemożliwić nasionom jakikolwiek kontakt z KOH.
3. Zważcie probówki z KOH i szklanymi koralikami.
4. Umieśćcie w pierwszej probówce nasiona suche, w drugiej – nasiona napęczniałe, a w trzeciej – kiełkujące, każdą z probówek napełniając nimi aż do zaznaczonej wcześniej kreski. Policzcie włożone do każdej nasiona i zważcie każdą z probówek razem z nasionami.

5. Zamknijcie każdą probówkę zatyczką z podłączonym do niej przedłużaczem strzykawki z zaworem trójdrogowym i czujnikiem ciśnienia.
6. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
7. Obserwujcie wartość ciśnienia w oknie **Wykres** programu MultiLAB4.
8. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
9. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

Przybliżcie uzyskany wykres funkcją liniową:

1. zaznaczcie na wykresie dowolne dwa punkty, wyznaczając w ten sposób przedział punktów danych.
2. wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową** ( ). Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
3. Współczynnik nachylenia jej wykresu odzwierciedla zmierzone podczas doświadczenia tempo zmian ciśnienia, wynikające z zużycia tlenu przez nasiona.
4. Jednostka wykresu to w tym przypadku mbar na sekundę.
5. Aby uzyskać wyrażoną w mbar wartość zmiany ciśnienia na minutę, wystarczy przemnożyć współczynnik nachylenia prostej przez 60.
6. Porównajcie wykresy uzyskane dla każdej z trzech probówek.
7. Obliczcie masę nasion w każdej z probówek.
8. Obliczcie tempo zmiany ciśnienia na gram masy nasion.

## Pytania

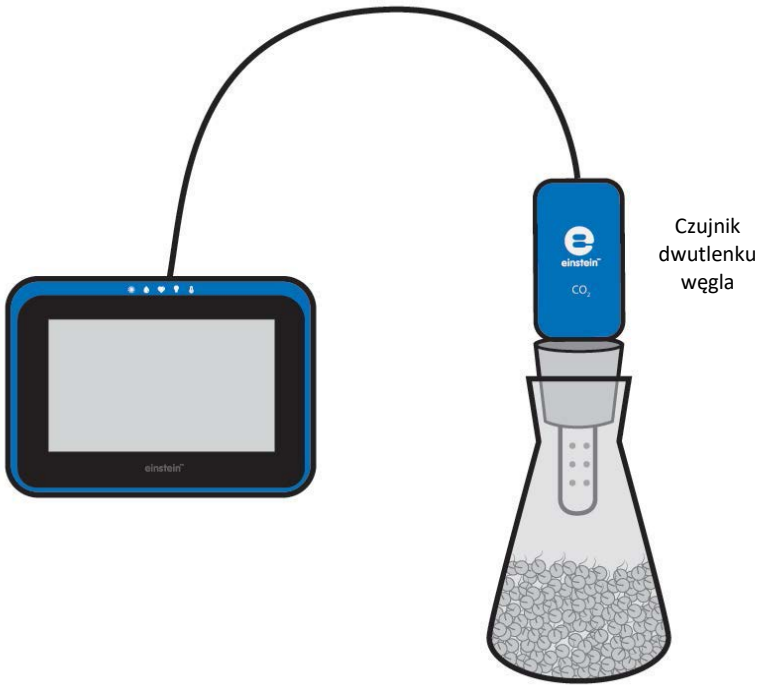
1. Omówcie krzywe zaobserwowane dla trzech badanych probówek. Czy ich przebieg jest stabilny w całym czasie trwania doświadczenia? Czy wykresy uzyskane dla wszystkich trzech probówek przebiegają podobnie?
2. Który wykres pokazuje najszybsze zużycie tlenu? W której – najwolniejsze?
3. Wyjaśnijcie przyczynę różnic w tempie zużycia tlenu pomiędzy poszczególnymi probówkami.
4. Porównajcie obliczone tempa zużycia tlenu na gram masy nasion między poszczególnymi probówkami. Dla której probówki było ono największe? Czy tempo zużycia tlenu na gram masy różni się od zmierzonej wartości bezwzględnej tempa?
5. Wyjaśnijcie, dlaczego zmianę w zużyciu tlenu wyrażamy w przeliczeniu na gram masy nasion.
6. Spróbujcie przewidzieć dla każdej probówki skutek podwyższenia temperatury na tempo zużycia tlenu.
7. Spróbujcie przewidzieć dla każdej probówki skutek obniżenia temperatury na tempo zużycia tlenu.
8. Jakie inne czynniki mogą wpływać na zużycie tlenu?
9. Zaprojektujcie podobne doświadczenie, pozwalające zmierzyć wpływ tych czynników.

## Więcej pomysłów

1. Prześledźcie tempo zużycia tlenu przez kiełkujące nasiona za pomocą czujnika tlenu.
2. Użyjcie w tym celu nasion różnych roślin.
3. Zmierzcie wpływ temperatury na kiełkowanie nasion.

Rozdział 11

# Pomiar ilości $CO_2$ uwalnianego podczas respiracji kiełkujących nasion




**Rys. 1**

## Wstęp

Kiełkowanie to proces rozwijania się nasion, sporów i pąków i ich przekształcania się w rośliny (na przykład drzewa), grzyby itp. Proces ten wymaga dużych ilości energii. W nasionach są zmagazynowane węglowodany, tłuszcze i inne związki organiczne. Są one rozbijane na glukozę, która następnie, dzięki procesom oddychania komórkowego, rozbijana jest na jeszcze mniejsze cząsteczki, uwalniając potrzebną energię. W trakcie oddychania zużywany jest tlen cząsteczkowy, powstaje natomiast $CO_2$.

Respiracja suchych nasion zachodzi bardzo powoli. Dopiero wystawienie ich na kontakt z wodą, w wyniku którego nasiona pęcznieją, zwiększając jej zawartość, powoduje przyspieszenie ich respiracji, zwiększając tym samym tempo produkcji $CO_2$.

Gdy zaczynają rozwijać się korzenie, tempo zużycia tlenu stabilizuje się. Zaczyna rosnąć ponownie, gdy młoda roślina kontynuuje wzrost i wydłuża się jej korzeń i pęd.

W tym doświadczeniu użyjecie czujnika $CO_2$, aby porównać ilość dwutlenku węgla uwalnianego w trakcie respiracji osobno w napęczniałych, suchych i kiełkujących nasionach grochu.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik $CO_2$
- Zatyczka gumowa do zestawu z czujnikiem $CO_2$
- Kolba do zestawu z czujnikiem $CO_2$ i zatyczką
- Nasiona (groch lub fasola): 100 suchych nasion, 50 napęczniałych nasion, 35 kiełkujących nasion
- Waga

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie elektrodę czujnika $CO_2$ do jednego ze złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujnik $CO_2$.

## Ustawienie czujników

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

| $CO_2$ | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |

## Procedura

1. Odliczcie i zważcie 50 napęczniałych nasion.
2. Umieśćcie je w kolbie.
3. Zamknijcie kolbę zatyczką i umieśćcie czujnik $CO_2$ w jej otworze. Upewnijcie się, że kolba jest szczelnie zamknięta.
4. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
5. Obserwujcie zmiany stężenia $CO_2$ w kolbie w oknie **Wykres** programu MultiLAB4.
6. Powtórzcie kroki od 1 do 5 z suchymi, a następnie z kiełkującymi nasionami.
7. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.

8. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

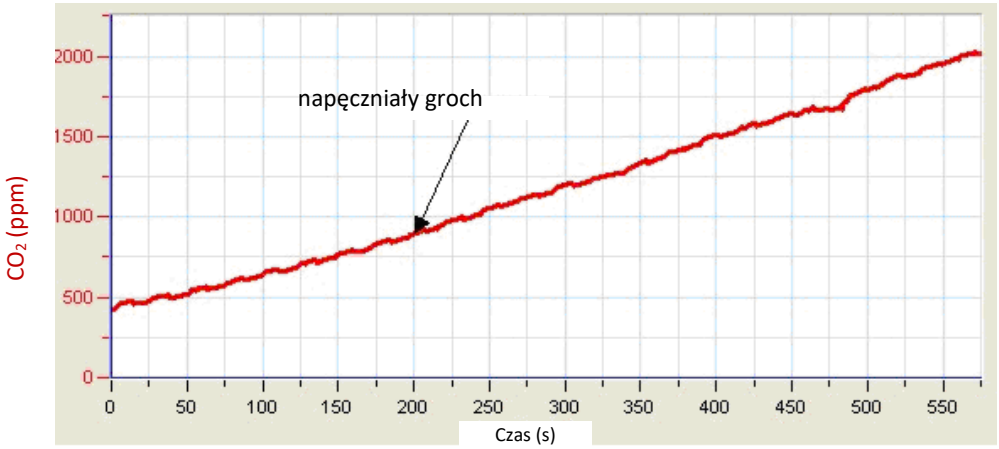
## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

Przybliżcie uzyskany wykres funkcją liniową:

1. zaznaczcie na wykresie dowolne dwa punkty, wyznaczając w ten sposób przedział punktów danych.
2. wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową** ( ). Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
3. Współczynnik nachylenia jej wykresu odpowiada zmierzonemu tempu zmian ciśnienia wynikłych z uwalniania $CO_2$ w trakcie doświadczenia.
4. Jednostka wykresu to w tym przypadku mbar na sekundę.
5. Porównajcie nachylenie uzyskane dla nasion w każdym z trzech badanych stanów.
6. Obliczcie tempo zmiany stężenia $CO_2$ na gram masy nasion.

Poniżej pokazano przykładowe wykresy uzyskane w tym doświadczeniu:




**Rys. 2**

## Pytania

1. Opiszcie krzywą uzyskaną w przypadku napęczniałych nasion i porównajcie ją z krzywą uzyskaną dla nasion suchych i kiełkujących.
2. W której grupie nasion tempo uwalniania $CO_2$ było największe? W której – najwolniejsze?
3. Wyjaśnijcie przyczynę różnic w tempie uwalniania $CO_2$ pomiędzy wszystkimi trzema grupami nasion.
4. Porównajcie wartości tempa na gram masy nasion obliczone dla każdej z grup. Dla której probówki było ono największe? Czy tempo zużycia tlenu na gram masy różni się od zmierzonej wartości bezwzględnej tempa?
5. Wyjaśnijcie, dlaczego zmianę w ilości uwalnianego $CO_2$ wyrażamy w przeliczeniu na gram masy nasion.

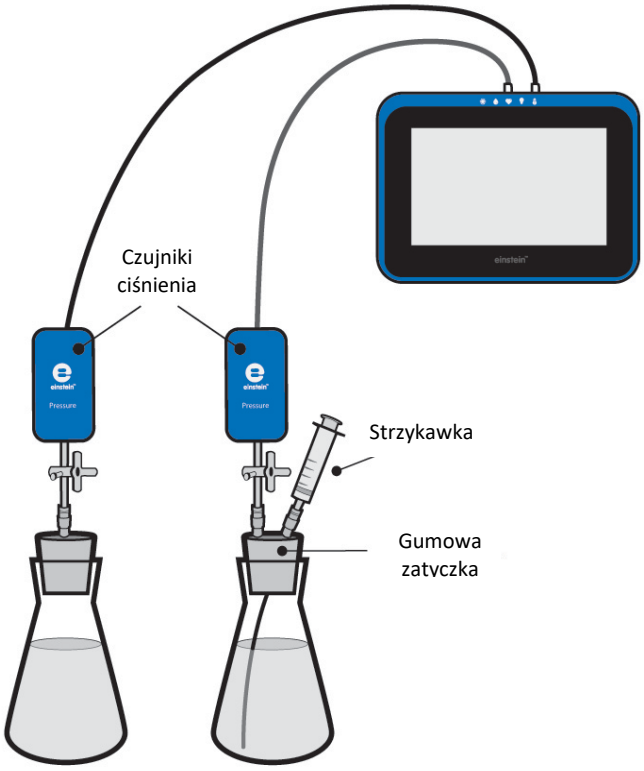
6. Spróbujcie przewidzieć skutek podwyższenia temperatury na tempo uwalniania $CO_2$ dla każdej z trzech grup nasion.
7. Spróbujcie przewidzieć skutek obniżenia temperatury na tempo uwalniania $CO_2$ dla każdej z trzech grup nasion.
8. Jakie inne czynniki mogą wpływać na ilość uwalnianego $CO_2$?
9. Zaprojektujcie podobne doświadczenie, pozwalające zmierzyć wpływ tych czynników.

## Więcej pomysłów

1. Równolegle z wytwarzaniem $CO_2$ prześledźcie tempo zużycia tlenu przez kiełkujące nasiona, używając w tym celu czujnika tlenu.
2. Porównajcie ilości $CO_2$ uwalnianego w trakcie kiełkowania przez nasiona różnych roślin.
3. Zmierzcie wpływ temperatury na uwalnianie $CO_2$ podczas kiełkowania nasion.

Rozdział 12

# Biokataliza: dysmutacja $H_2O_2$ w obecności katalazy




**Rys. 1**

## Wstęp

Polanie rany roztworem 3% nadtlenku wodoru ($H_2O_2$) w celu jej oczyszczenia przez dysmutację tej substancji na wodę i tlen w postaci gazowej, której towarzyszy intensywne pienienie się roztworu. Za tak gwałtowny przebieg tej reakcji odpowiada enzym zwany katalazą, pełniący w niej rolę biokatalizatora. Jego naturalną funkcją jest zapobieganie gromadzeniu się nadtlenku wodoru w żywych organizmach, gdyż mogłoby to doprowadzić do uszkodzenia ich tkanek. Nadtlenek wodoru powstaje w nich w trakcie przebiegających z udziałem $O_2$ reakcji utleniania.

Katalaza występuje w znacznych ilościach w tkankach wielu różnych organizmów, począwszy od drobnoustrojów, po zwierzęta i rośliny.

W tym doświadczeniu posłużycie się czujnikami ciśnienia, by zaobserwować i zmierzyć uwalnianie $O_2$ z roztworu $H_2O_2$ na przykładzie drożdży.

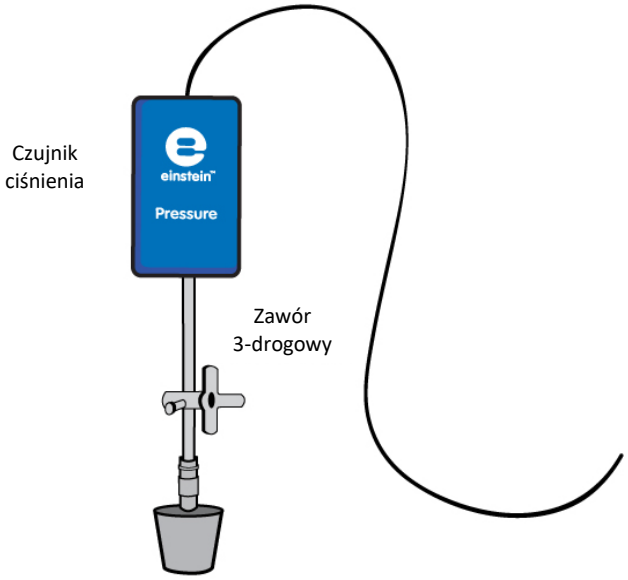
## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dwa czujniki ciśnienia (zakres pomiarowy: 150 – 1150 mbar)
- Dwie szklane kolby o pojemności 50 ml
- Dwie zatyczki z otworem na przedłużacz strzykawki
- Plastikowa strzykawka o pojemności 2 ml*
- Trzy przedłużacze strzykawek*
- 3% roztwór $H_2O_2$
- 1 g suchych drożdży

* zawarte w zestawie akcesoriów do doświadczeń z czujnikiem ciśnienia einstein™ Pressure Kit

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki ciśnienia do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
    a. W zatyczkę każdej z probówek wsuńcie przedłużacz strzykawki (Rys. 2).
    b. Do drugiego końca przedłużacza podłączcie zawór trójdrogowy.
    c. Do każdego zaworu trójdrogowego podłączcie czujnik ciśnienia.
    d. W jedną z zatyczek włóżcie dodatkowy przedłużacz strzykawki. Podłączycie do niego później strzykawkę napełnioną 3% roztworem $H_2O_2$.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w sekcji **Pomiary** wybrano tylko czujniki ciśnienia.




**Rys. 2**

## Ustawienie czujników

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

| **Ciśnienie (150 – 1150 mbar)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 500 sek. |

## Procedura

Sprawdźcie przygotowany układ doświadczalny:

zanim rozpoczniecie doświadczenie, upewnijcie się raz jeszcze, że obie kolby są szczelnie zamknięte. Szczegółowe wskazówki na ten temat zawarto w rozdziale pt. „Uszczelnianie".
**Wykonanie doświadczenia:**

1. Odważcie 1 g suchych drożdży. Rozpuśćcie je w 50 ml wody. Dobrze wymieszajcie, aby uzyskać jednorodny roztwór.
2. Napełnijcie plastikową strzykawkę 2 ml 3% roztworu $H_2O_2$.
3. Ponumerujcie kolby cyframi 1 i 2.
4. W kolbie nr 1 umieśćcie: 8 ml wody i 2 ml 3% roztworu $H_2O_2$.
5. W kolbie nr 2 umieśćcie: 4 ml wody i 4 ml roztworu drożdży. Delikatnie wymieszajcie uzyskany roztwór.
6. Szczelnie zamknijcie kolby zatyczkami.
7. Kolba nr 2: Do dodatkowego przedłużacza strzykawki wsuniętego w zatyczkę kolby podłączcie strzykawkę wypełnioną 3% roztworem $H_2O_2$.
8. Upewnijcie się, że na początku doświadczenia w obu kolbach panuje ciśnienie atmosferyczne. W tym celu przełączcie oba zawory trójdrogowe do położenia A (zob. rozdział pt. „Uszczelnianie"). Teraz w obu kolbach powinno panować ciśnienie atmosferyczne.
9. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
10. Wstrzyknijcie roztwór $H_2O_2$ do kolby nr 2 i natychmiast obróćcie kurki zaworów na obu kolbach do położenia B, by zatrzymać przepływ powietrza przez zawory (zob. rozdział pt. „Uszczelnianie").
11. Obserwujcie zmiany wartości ciśnienia w oknie **Wykres** w programie MultiLAB4.
12. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
13. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

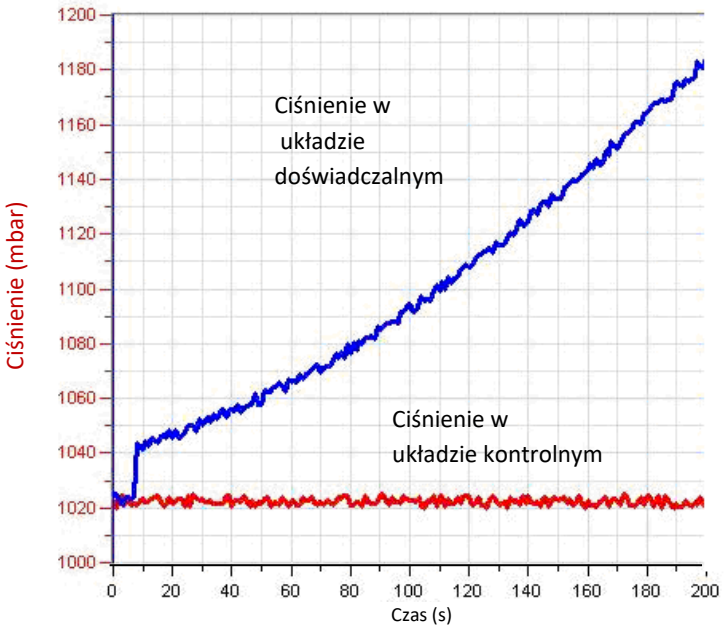
1. Obliczcie zmianę ciśnienia w kolbach: jaka była wartość początkowa ciśnienia, a jaka – wartość końcowa? Ile wynosi różnica między nimi?
   Odczytajcie obie te wartości z wykresu za pomocą kursorów:
2. **Aby obliczyć wynikowe tempo reakcji**, utwórzcie wykres różnicowy: odejmijcie wykres wyników

uzyskanych ciśnienia w układzie kontrolnym od wykresu wartości zarejestrowanych w układzie doświadczalnym:

a. umieśćcie kursor na początku krzywej **Ciśnienie 1** (wstrzyknięcie $H_2O_2$ do kolby), a drugi na jej końcu.
b. wybierzcie polecenie **Kreator analizy** ( $f_x$ ) z górnego paska narzędzi, po czym wybierzcie **Funkcje**.
c. Z menu rozwijanego **Funkcje** wybierzcie **Odejmowanie**.
d. Z listy rozwijanej **G1** wybierzcie **Ciśnienie -1**. Z listy rozwijanej **G2** wybierzcie **Ciśnienie -2**.
e. W polu tekstowym **Nazwa** wpiszcie nazwę wykresu (np. Różnica).

3. Przybliżcie uzyskany wykres funkcją liniową:
   a. Kursorami zaznaczcie na wykresie odpowiedni przedział.
   b. Wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową**. Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
   c. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu to wynikowa szybkość reakcji.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:




**Rys. 3**

## Pytania

1. Jaki jest związek między ciśnieniem wytworzonym w doświadczeniu a dysmutacją $H_2O_2$?
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 kontrolny?
5. Jaki skutek spowodowało umieszczenie drożdży w kolbie doświadczalnej?
6. Który element drożdży odpowiada za zaobserwowany efekt? Jak to udowodnić?
7. Spróbujcie przewidzieć, jaki wpływ na tempo reakcji miałoby stopniowe wprowadzanie do kolby kolejnych porcji drożdży.
8. Spróbujcie przewidzieć, jaki wpływ na tempo reakcji miałoby zwiększenie temperatury w kolbach w trakcie doświadczenia z dysmutacją $H_2O_2$.

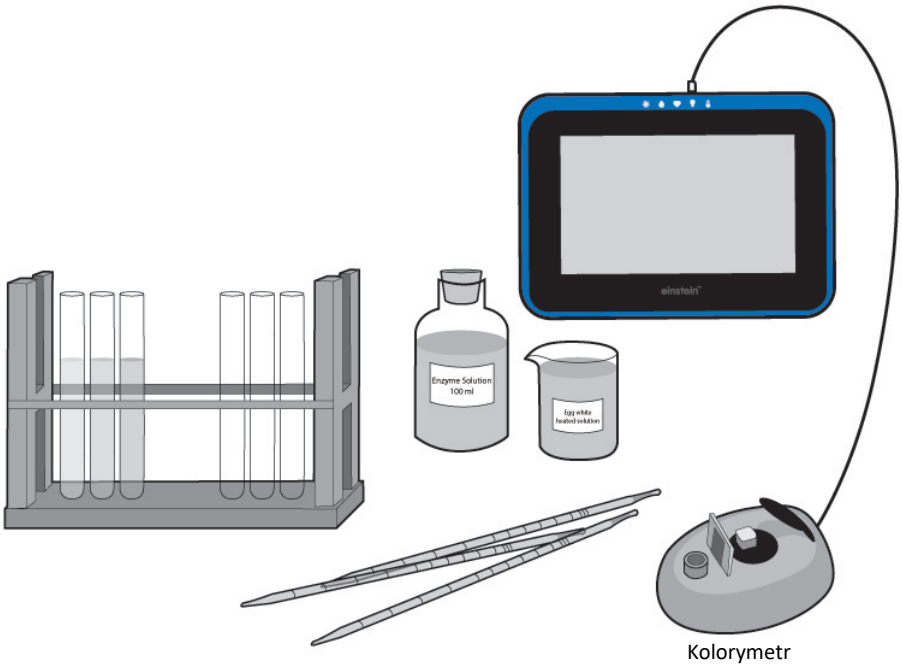
## Więcej pomysłów

1. Dodawajcie coraz większe ilości drożdży do mieszaniny reakcyjnej i za każdym razem obserwujcie uzyskaną reakcję.

2. Obliczcie szybkość reakcji uzyskaną w każdym doświadczeniu.
3. Porównajcie reakcję katalazy drożdży z reakcją tego enzymu zawartego w innych organizmach: wątrobie kurzej lub wołowej i tartych ziemniakach.
4. Zmieńcie stężenie dodawanego do mieszaniny reakcyjnej roztworu $H_2O_2$ i sprawdźcie, jaki będzie to mieć wpływ na tempo reakcji.
5. Obserwujcie zmiany temperatury podczas przebiegu reakcji. Oszacujcie wpływ temperatury na szybkość dysmutacji $H_2O_2$.
6. Wykonajcie doświadczenie na trzech układach jednocześnie: na jednym układzie kontrolnymi, na jednym układzie z tkanką zawierającą katalazę i na jednym zawierającym katalizator chemiczny.
7. Oszacujcie ilość katalazy w różnych tkankach, porównując uzyskany efekt z efektem uzyskanym na katalazie komercyjnej.

Rozdział 13

# Wpływ działania enzymów na żywność: rozpad białek zawartych w białku jajka w obecności pepsyny




**Rys. 1**

## Wstęp

Pepsyna, trypsyna i chymotrypsyna to trzy enzymy rozkładające białka zawarte w naszym pożywieniu. Każdy z nich pomaga w rozbijaniu wiązań białkowych, dzięki czemu wspólnie są one w stanie rozkładać białka na podstawowe elementy budulca organizmu - aminokwasy i peptydy, łatwo wchłaniane przez wyściółkę układu pokarmowego.

Pepsyna jest wytwarzana przez błonę śluzową żołądka. Bezpośrednio po wydzieleniu ma ona formę nieaktywnego trypsynogenu, który na późniejszym etapie, przy bardzo niskim pH (pH 1,0 - 3,0), ulega przemianie w formę aktywną – pepsynę. To właśnie w tym przedziale wartości pH pepsyna wykazuje największą aktywność.

Enzym ten jest używany w produkcji serów i innych wysokobiałkowych rodzajów żywności.

W tym doświadczeniu przyjrzycie się zachodzącemu w kontakcie z pepsyną rozkładowi protein znajdujących się w białku jajka. Białka te najpierw podgrzejecie, aby uzyskać mętny, nieprzejrzysty roztwór, który następnie, w miarę ich rozkładu, będzie się stawać bardziej przejrzysty. Proces ten będzie można zmierzyć za pomocą kolorymetru.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Kolorymetr
- Czujnik pH
- Czujnik temperatury (od -40°C do 140°C)
- Białko z 1 jajka
- 100 ml roztworu HCl o stężeniu 0,2N
- 20 ml roztworu pepsyny (użyjcie pepsyny w formie proszku: ok. 525 jednostek/mg substancji stałej, 4770 jednostek/mg białka. Rozpuśćcie proszek w wodzie destylowanej. Aby uzyskać enzym o optymalnej aktywności, jego stężenie powinno zawierać się między 0,1% a 0,5%. Należy je sprawdzić przed użyciem.)
- Palnik Bunsena
- Kolba o pojemności 400-600 ml
- Pipety o pojemności 5 ml i 1 ml
- Statyw z 10 probówkami
- Kuwety
- Widelec
- Gaza
- Drewniany patyczek
- Okulary ochronne

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie kolorymetr, czujnik pH i czujnik temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na powyższym Rys. 1.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko kolorymetr, czujnik pH oraz czujnik temperatury.

## Ustawienie czujników

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

| **Kolorymetr, pH lub temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 500 sek. |

## Procedura

1. Przygotujcie roztwór białka jajka:
    a. Na tym etapie doświadczenia w ustawieniach czujników powinien być zaznaczony tylko czujnik temperatury
    b. W kolbie zalejcie 10 ml białka jajka 40 mililitrami wody destylowanej.
    c. Energicznie wymieszajcie roztwór widelcem, po czym przefiltrujcie go przez cztery warstwy gazy.
    d. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
    e. Obserwujcie zmiany wartości ciśnienia w oknie **Wykres** w programie MultiLAB4.
    f. Podgrzejcie roztwór do 55°C – 60°C (ale nie powyżej tej temperatury), stale mieszając, aż do jego zmętnienia. Na tym etapie roztwór powinien przypominać rozcieńczone mleko.
    g. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
    h. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

Jest to substrat, którego użyjemy w naszym doświadczeniu. Na razie przechowajcie go w małej kolbie.

2. Skalibrujcie kolorymetr:
    a. Na tym etapie doświadczenia w ustawieniach czujników powinien być zaznaczony tylko kolorymetr.
    b. Użyjcie czerwonego filtra.
    c. Przygotujcie roztwór ślepy: Dodajcie 1 ml roztworu enzymu do 3 ml destylowanej wody.
    d. Roztwór ślepy wlejcie w kuwetę i włóżcie do kolorymetru. Dokładnie zamknijcie pokrywę.
    e. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
    f. Śledźcie wykres wskazań kolorymetru i kręćcie pokrętłem, aż otrzymacie 100% transmitancji.
    g. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
    h. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).
3. Przygotujcie jedną z probówek, umieszczając w niej:
    a. 2,4 ml roztworu białka jajka
    b. 0,6 ml HCl o stężeniu 0,2N
    c. 1,0 ml wody
4. Zmierzcie pH roztworu, używając czujnika pH:
    a. Na tym etapie doświadczenia w ustawieniach czujników powinien być zaznaczony tylko czujnik pH i czujnik temperatury.
    b. Do kompensacji temperatury użyjcie czujnika temperatury.
    c. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
    d. Wartość pH roztworu powinna znajdować się w przedziale 2,0 - 3,0 pH. W razie potrzeby skorygujcie pH, zmieniając objętość dodanego roztworu 0.2N HCl.
    e. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
    f. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).
5. Zmierzcie tempo rozkładu białek:
    a. Na tym etapie doświadczenia w ustawieniach czujników powinien być zaznaczony tylko kolorymetr.
    b. Umieśćcie przygotowany wcześniej roztwór białka jajka w kuwecie.
    c. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby rozpocząć gromadzenie danych.
    d. Dodajcie do kuwety z roztworem białka 1 ml roztworu pepsyny.
    e. Dobrze wymieszajcie zawartość kuwety drewnianym patyczkiem i natychmiast umieśćcie

kuwetę w kolorymetrze.

f. Dokładnie zamknijcie pokrywę.

g. Obserwujcie zmiany wartości transmitancji światła w oknie **Wykres** programu MultiLAB4.

h. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.

i. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

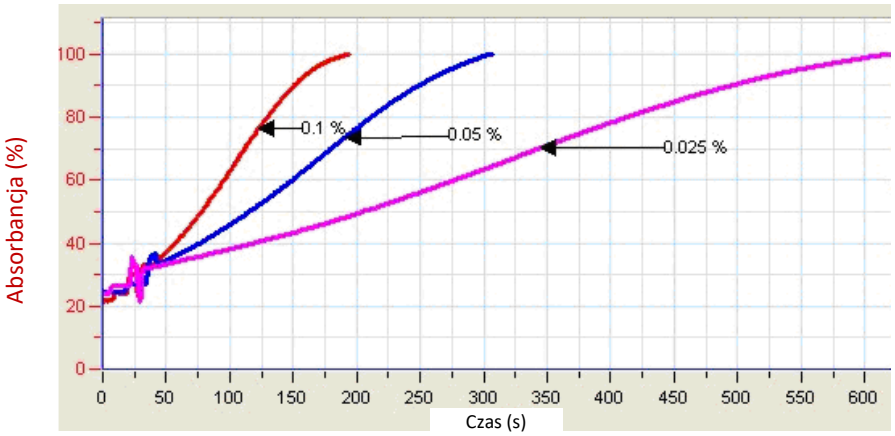
6. Powtórzcie kroki 3-5 z co najmniej 2-4 różnymi stężeniami enzymu.

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

1. Tempo rozkładu białek oblicza się na podstawie tempa zmiany przenikliwości świetlnej (transmitancji) roztworu.
2. Przybliżcie uzyskany wykres funkcją liniową:
   a. jednym kursorem zaznaczcie początek wykresu wyników, a drugim jego koniec.
   b. Dotknijcie polecenia **Przybliż funkcją liniową**. Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
   c. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu to wynikowa szybkość reakcji.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:




**Rys. 2**

Przygotujcie wykres przedstawiający zależność między stężeniami enzymu (lub substratu) a tempem rozkładu białek.

## Pytania

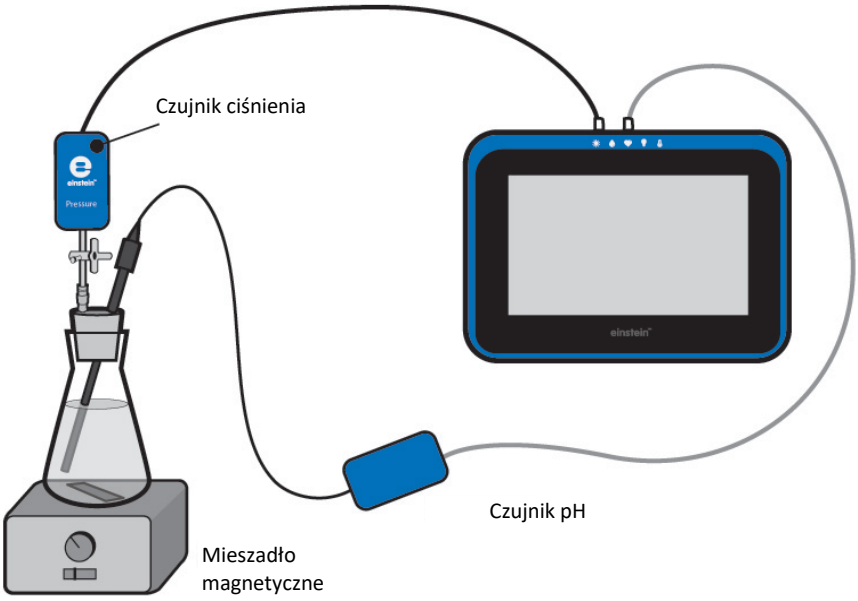
1. Opiszcie przygotowany wykres zależności między stężeniami enzymu (lub substratu) a tempem rozkładu białek.
2. W jaki sposób zwiększenie stężenia enzymu wpływa na tempo rozpadu białek?
3. W jaki sposób zwiększenie stężenia substratu wpływa na tempo rozpadu białek?
4. Spróbujcie przewidzieć tempo rozpadu innego białka w wyniku działania pepsyny.
5. W jaki sposób zmiana pH wpłynie na tempo rozpadu protein białka jajka w wyniku działania pepsyny?

## Więcej pomysłów

1. Zmierzcie wpływ wartości pH na aktywność pepsyny w przedziale od pH 1 do pH 10. Użyjcie w tym celu roztworów buforowych lub dodawajcie różne objętości roztworu 0,2 N HCl lub 0,2 N $Na_2CO_3$.
2. Zmierzcie wpływ temperatury na aktywność pepsyny. Zainkubujcie mieszaninę substratu i enzymu (w stężeniach skutkujących najlepszą aktywnością tego ostatniego) w różnych temperaturach. Co 1-2 minuty pobierzcie próbkę inkubowanego preparatu i za pomocą kolorymetru zmierzcie jej transmitancję.

Rozdział 14

# Fermentacja alkoholowa przy udziale drożdży




**Rys. 1**

## Wstęp

Wszystkie żywe organizmy pozyskują energię potrzebną do podtrzymania życia za pośrednictwem procesu oddychania komórkowego, w którym dochodzi do uwalniania energii w wyniku rozbijania wiązań chemicznych cząsteczek organicznych. U organizmów aerobowych dzieje się to przez utlenianie 6-węglowego cukru (glukozy) tlenem cząsteczkowym, którego rolę u organizmów beztlenowych pełnią inne utleniacze. W warunkach anaerobowych (czyli przy niskich stężeniach tlenu) wiele organizmów, na przykład drożdże, uzyskuje potrzebną im energię z procesu fermentacji. W przypadku fermentacji alkoholowej, charakteryzującej wiele gatunków drożdży, proces fermentacji rozpoczyna się od jednej cząsteczki glukozy, z której powstają dwie cząsteczki etanolu (alkoholu 2-węglowego) i dwie cząsteczki $CO_2$:

(1) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$

Glukoza — Etanol — Dwutlenek węgla

Uwalniany w tym procesie $CO_2$ rozpuszcza się w wodzie, tworząc kwas węglowy. Ten zaś dysocjuje, tworząc wodorowęglan i jony hydroniowe:

(2) $CO_2 + 2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HCO_3^-$

W roztworach kwaśnych rozpuszczalność $CO_2$ w wodzie maleje i gaz ten jest uwalniany do powietrza. W tym doświadczeniu będziecie obserwować zmiany w pH i uwalnianie $CO_2$ zachodzące w procesie fermentacji drożdży.

## Sprzęt

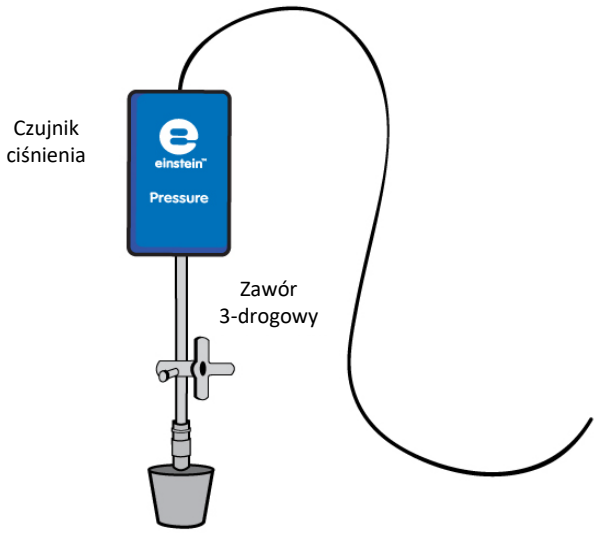
- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik ciśnienia (150 – 1150 mbar)
- Czujnik pH
- Szklana kolba 50 ml
- Zatyczka z otworem na czujnik pH
- Przedłużacz strzykawki*
- Zawór trójdrogowy*
- 1,25 g suchych drożdży
- 50 ml roztworu glukozy o stężeniu 2%
- Mieszadło magnetyczne z mieszadełkiem
- Waga
- Modelina

* zawarte w zestawie akcesoriów do doświadczeń z czujnikiem ciśnienia einstein™ Pressure Kit

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujnik ciśnienia i czujnik pH do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.

3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
    a. Wsuńcie w zatyczkę przedłużacz strzykawki (Rys. 2).
    b. Do drugiego końca przedłużacza podłączcie zawór trójdrogowy.
    c. Podłączcie czujnik ciśnienia do zaworu trójdrogowego.
    d. Wykonajcie otwór w zatyczce o średnicy umożliwiającej przełożenie przez niego elektrody pH (zob. Rys. 1). Ostrożnie wsuńcie przez niego elektrodę czujnika pH. Aby uniemożliwić przedostawanie się przez wykonany otwór powietrza zlikwidujcie ewentualne nieszczelności wokół wsuniętej w niego elektrody pH za pomocą modeliny.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczone są tylko czujniki ciśnienia i czujnik pH.




**Rys. 2**

## Ustawienie czujników

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

| **Ciśnienie (150 – 1150 mbar), pH lub temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |

## Procedura

Sprawdźcie przygotowany układ doświadczalny: zanim rozpoczniecie doświadczenie, upewnijcie się jeszcze raz, że kolba jest szczelnie zamknięta. Szczegółowe wskazówki na ten temat zawarto w rozdziale pt. „Uszczelnianie”.

**Wykonanie doświadczenia:**

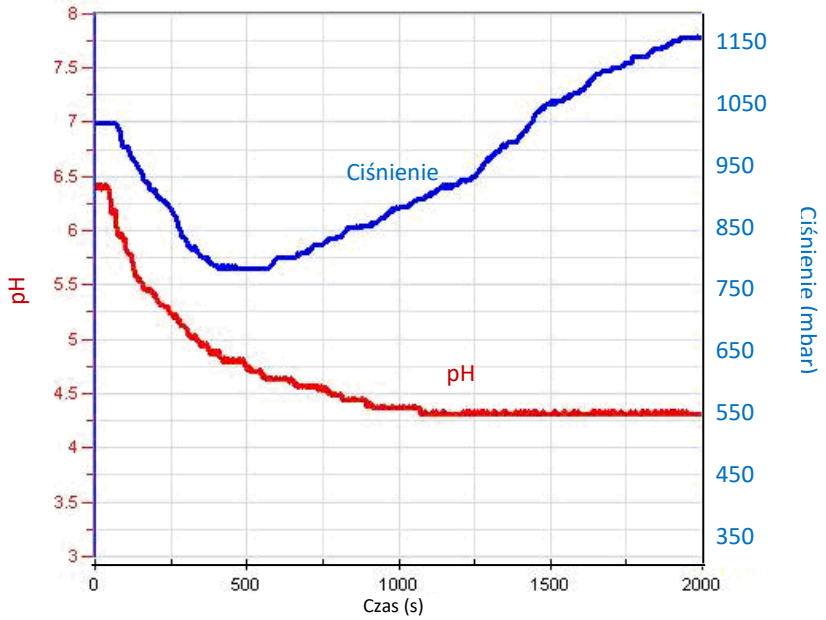
1. Odważcie 1,25 g suchych drożdży. Rozpuśćcie je w 50 ml wody. Dobrze wymieszajcie, aby uzyskać jednorodny roztwór.
2. Umieśćcie w kolbie mieszadło magnetyczne i wlejcie do niej 25 ml roztworu drożdży.
3. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
4. Dodajcie do kolby 25 ml dwuprocentowego roztworu glukozy i zacznijcie mieszanie zawartości.
5. Szczelnie zamknijcie kolbę zatyczką.
6. Obserwujcie poziom ciśnienia i wartości pH w oknie **Wykres** programu MultiLAB4.
7. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
8. Przekręćcie zawór podłączony do przedłużacza strzykawki, aż ciśnienie w kolbie z powrotem zrówna się z ciśnieniem atmosferycznym.
9. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

1. Używając na wykresie wyników kursorów ustalcie, jakie zmiany zaszły w wartościach ciśnienia i pH w kolbie. Jaką wartość miało ciśnienie i pH na początku doświadczenia? Ile wartości te wynosiły na końcu? Ile wynosi różnica między wartościami początkowymi i końcowymi?
2. Porównajcie zmianę wartości pH ze zmianą wartości ciśnienia:
    a. na którym etapie doświadczenia zmiany pH były największe?
    b. na którym etapie doświadczenia zmiany ciśnienia były największe?
3. Wyjaśnijcie zmianę przebieg zaobserwowanych zmian pH i ciśnienia: jak do nich doszło?
4. Obliczcie tempo uwalniania $CO_2$, przybliżając wykres ciśnienia równaniem funkcji liniowej:
    a. jednym kursorem zaznaczcie początek wykresu wyników, a drugim jego koniec.
    b. Wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową**. Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
    c. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu będzie odpowiadać tempu uwalniania $CO_2$ .

Niżej przedstawiamy przykład wykresu uzyskanego w tym doświadczeniu (czerwona linia przedstawia wartości pH, niebieska – wartości ciśnienia):




**Rys. 3**

## Pytania

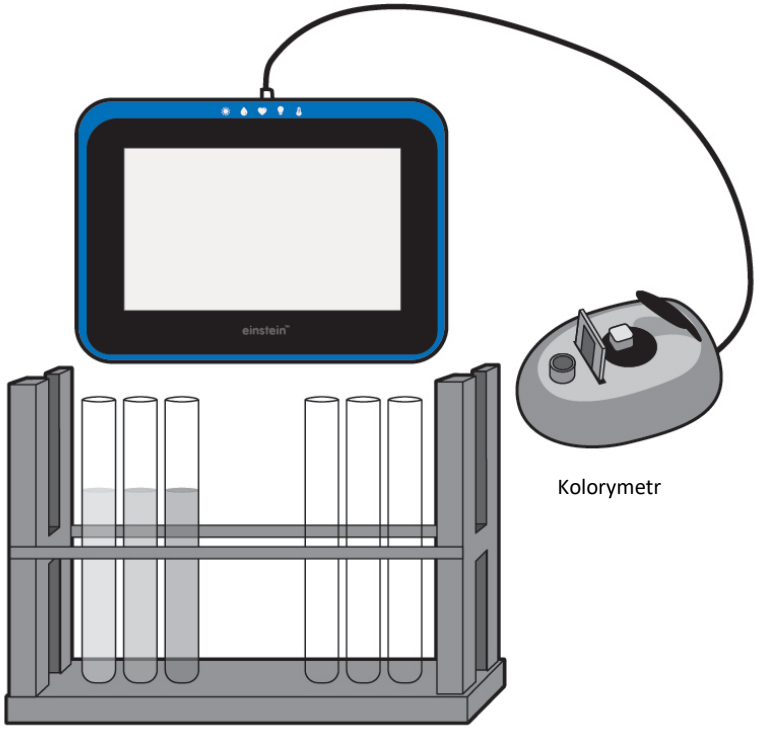
1. W jaki sposób ciśnienie wytwarzane podczas doświadczenia jest powiązane z uwalnianiem $CO_2$ w procesie fermentacji?
2. Jaki zakres pH jest optymalny dla fermentacji drożdży? Uzasadnijcie swoją odpowiedź wynikami uzyskanymi w doświadczeniu.
3. Objaśnijcie, jaki wpływ spadek pH w początkowej fazie doświadczenia ma na rozpuszczalność $CO_2$ w wodzie. Zaproponujcie doświadczenie, które pozwoli zbadać Waszą hipotezę na ten temat.
4. Wzrost temperatury w kolbie w trakcie doświadczenia ma wpływ na tempo uwalniania $CO_2$ na dwa różne sposoby: wpływa on na rozpuszczalność $CO_2$ w wodzie oraz na tempo procesu fermentacji. Objaśnijcie każdą z tych dwóch zależności.

## Więcej pomysłów

1. Dodawajcie coraz większe ilości drożdży do mieszaniny reakcyjnej w kolbie i za każdym razem obserwujcie tempo uwalniania $CO_2$.
2. Obliczcie szybkość reakcji uzyskaną w każdym doświadczeniu.
3. Porównajcie wpływ różnych stężeń sacharozy na tempo fermentacji.
4. Porównajcie różne cukry sześciowęglowe (glukozę, fruktozę, galaktozę) z disacharydami (laktozą, sacharozą) i obliczcie tempo fermentacji uzyskiwane z każdym z nich.
5. Przeprowadźcie powyższe doświadczenie z fermentacją, używając roztworu buforowego (ustawcie wartość pH na 4,0).

Rozdział 15

# Wpływ temperatury na przenikalność błony komórkowej: uwalnianie pigmentu (antocyjanów) przez buraki




**Rys. 1**

## Wstęp

Błony komórkowe składają się z dwuwarstwy fosfolipidowej połączonej z różnymi rodzajami białek, formującymi płynną mozaikę. Błony komórkowe są selektywnie przepuszczalne. Niektóre rozpuszczone związki swobodnie przenikają błonę, inne wymagają przy tym pomocy (dyfuzja wspomagana), jeszcze inne wcale nie są w stanie się przez nią przedostać. Podwyższenie temperatury może spowodować uszkodzenie struktury błony komórkowej, skutkując zwiększeniem jej przepuszczalności.

Antocyjany to występujące w przyrodzie związki nadające kolor owocom, warzywom i roślinom. To im pąki i młode pędy zawdzięczają swój czerwony kolor, a jesienne liście – purpurę i purpurową czerwień. Są to pigmenty, którym przypisuje się silnie przeciwutleniające właściwości warzyw i owoców koloru czerwonego i niebieskiego. Kolor i stabilność antocyjanów w roztworze jest wysoce zależna od jego pH. Są najbardziej stabilne i dają najbardziej intensywny kolor przy niskich wartościach pH, stopniowo tracąc kolor w miarę wzrostu pH. Dlatego też antocyjany są stosowane jako barwniki spożywcze tylko w produktach żywnościowych o niskim pH.

W tym doświadczeniu prześledzicie skutek podgrzania na przepuszczalność błon komórkowych buraka, posługując się w tym celu kolorymetrem, za pomocą którego zmierzycie ilość antocyjanów uwalnianych do roztworu wraz ze zmianą temperatury.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Kolorymetr
- Czujnik temperatury (od -40°C do 140°C)
- Kuwety
- Kąpiel wodna lub płyta grzewcza
- Stoper
- Statyw z 12 probówkami
- Pipety o pojemności 5 ml
- Trzy zlewki o pojemności 100 ml
- Trzy probówki o pojemności 50 ml
- 15 słupków z buraka (świeżo przygotowanych przed doświadczeniem)
- Ręczniki papierowe

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie kolorymetr i czujnik temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujnik wskazany w tej procedurze.

## Ustawienie czujników

W pierwszej części doświadczenia użyjecie czujnika temperatury do zmierzenia temperatury wody.

| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 500 s |

Do kalibracji kolorymetru użyjcie czerwonego filtra. Ustawienia czujników:

| **Kolorymetr** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co sekundę |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 100 sek. |

## Procedura

Przygotowanie słupków z buraka:

1. Przygotujcie 15 słupków (lub kostek) z buraka: 3 cm długości, 7-10 mm średnicy.
2. Umieśćcie po pięć słupków buraka w każdej z 50-mililitrowych probówek. Dodajcie 40 ml wody z kranu.
3. Sprawdźcie i odnotujcie kolor wody.
4. Dokładnie opłuczcie słupki z buraka w chłodnej wodzie z kranu, płucząc je przez co najmniej pięć minut, aż woda po płukaniu nie będzie zabarwiona.
5. Oznaczcie trzy probówki ze słupkami buraka literami A, B i C.
6. Do każdej z nich wlejcie po 20 ml wody z kranu.
7. Poddajcie każdą probówkę czterominutowej inkubacji, postępując następująco:
   Probówka A: woda o temperaturze pokojowej (zmierzona za pomocą czujnika temperatury)
   Probówka B: woda o temperaturze od 70°C do 80°C
   Probówka C: wrzątek
8. Spośród pozostałych na statywie probówek przygotujcie po cztery dla każdej z tych temperatur. Ponumerujcie je następująco: 1-4: probówki na próbki wody wrzącej; 5-8: probówki na próbki wody w temperaturze między 70°C a 80°C; 9-12: probówki na próbki wody w temperaturze pokojowej.
9. Rozpocznijcie pobieranie próbek. Z każdej z trzech 50-mililitrowych probówek
   a. *co minutę* pobierzcie próbkę o objętości 4 ml i umieśćcie ją odpowiedniej pustej probówce spośród ponumerowanych od 1 do 12.
   b. Po czterech minutach wyjmijcie słupki buraka z każdej z trzech probówek i osuszcie je ręcznikiem papierowym. Następnie umieśćcie je z powrotem w probówkach i wlejcie do każdej z nich 20 ml wody z kranu. Pozostawcie probówki na cztery minuty w temperaturze pokojowej. Następnie pobierzcie próbkę 4 ml z każdej z nich i umieśćcie ją w kuwecie w celu zmierzenia intensywności koloru wody.

Uwaga: Możecie zmierzyć skutek oddziaływania każdej temperatury osobno. W tym celu pozostawcie niewykorzystane słupki z buraka w chłodnej wodzie z kranu. Tuż przed rozpoczęciem doświadczenia dokładnie je przepłuczcie.

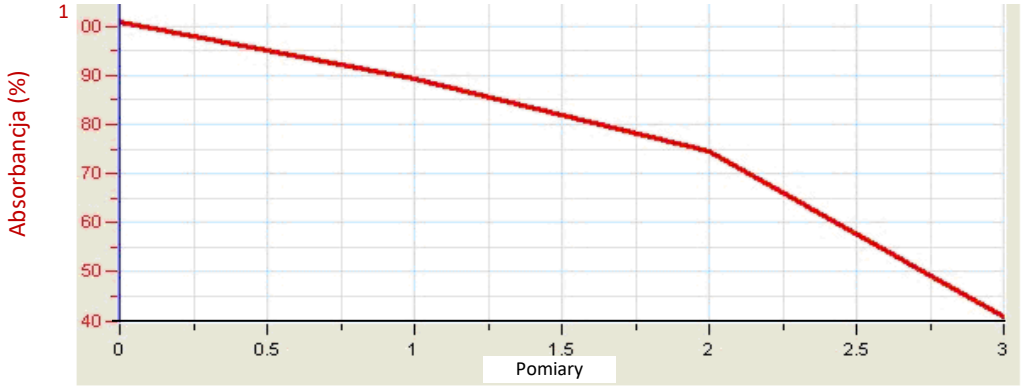
10. Skalibrujcie kolorymetr:
    a. Użyjcie czerwonego filtra.
    b. Woda kranowa posłuży za próbę ślepą.
    c. Tak przygotowany roztwór ślepy wlejcie w kuwetę i włóżcie do kolorymetru. Szczelnie zamknijcie pokrywę kolorymetru.
    d. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
    e. Przekręćcie pokrętło aż do uzyskania 100% transmitancji.
    f. Dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
11. Zmierzcie kolor każdej z próbek:
    a. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby włączyć rejestrowanie danych.
    b. Ten krok to czynność ręczna; za każdym razem, gdy zechcecie wykonać pomiar, musicie dotknąć polecenia **Start**.
12. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).
13. Dla każdej temperatury uruchomcie pomiary od nowa.

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

1. Utwórzcie krzywą dla każdej temperatury.
2. Przygotujcie tabelę i porównajcie kolor uzyskany w przypadku inkubacji słupków z buraka w temperaturze pokojowej po ich uprzedniej inkubacji w temperaturze wyższej od pokojowej. Porównajcie go z kolorem uzyskanym w przypadku słupków inkubowanych w temperaturze pokojowej przez cały przebieg doświadczenia.

Poniżej pokazano przykładowe wykresy uzyskane w tym doświadczeniu po czterech minutach inkubacji:




**Rys. 2**

## Pytania

1. Wyjaśnijcie, dlaczego po dodaniu wody kranowej do świeżo przygotowanych słupków z buraka w probówkach o pojemności 50 ml dało się zaobserwować kolor.
2. W jakim celu kilkakrotnie myliście słupki przed ich zainkubowaniem w różnych temperaturach?
3. Jakie zmiany zabarwienia zauważyliście z czasem w każdej z probówek?
4. Co doświadczenie pozwala stwierdzić o wpływie temperatury na błony komórkowe?
5. Czy spodziewalibyście się podobnych wyników także z próbkami innych roślin? Wyjaśnijcie.
6. Opiszcie i objaśnijcie wyniki uzyskane po zainkubowaniu słupków z buraka w wodzie o temperaturze pokojowej *po* ich inkubacji w wyższych temperaturach.
7. Wyższa temperatura przyspiesza tempo dyfuzji. W jaki sposób w tym doświadczeniu byliście w stanie rozróżnić oba skutki podwyższonej temperatury: przyspieszenie dyfuzji i uszkodzenie błon komórkowych?
8. Załóżcie, że zależność przepuszczalności błony komórkowej od temperatury można przedstawić liniowo. Czy będzie ona rosła wraz ze wzrostem temperatury? A co się z nią stanie przy temperaturach bardzo niskich (poniżej zera)?
   Zaprojektujcie doświadczenie, które pozwoli zbadać Waszą hipotezę na ten temat.

## Więcej pomysłów

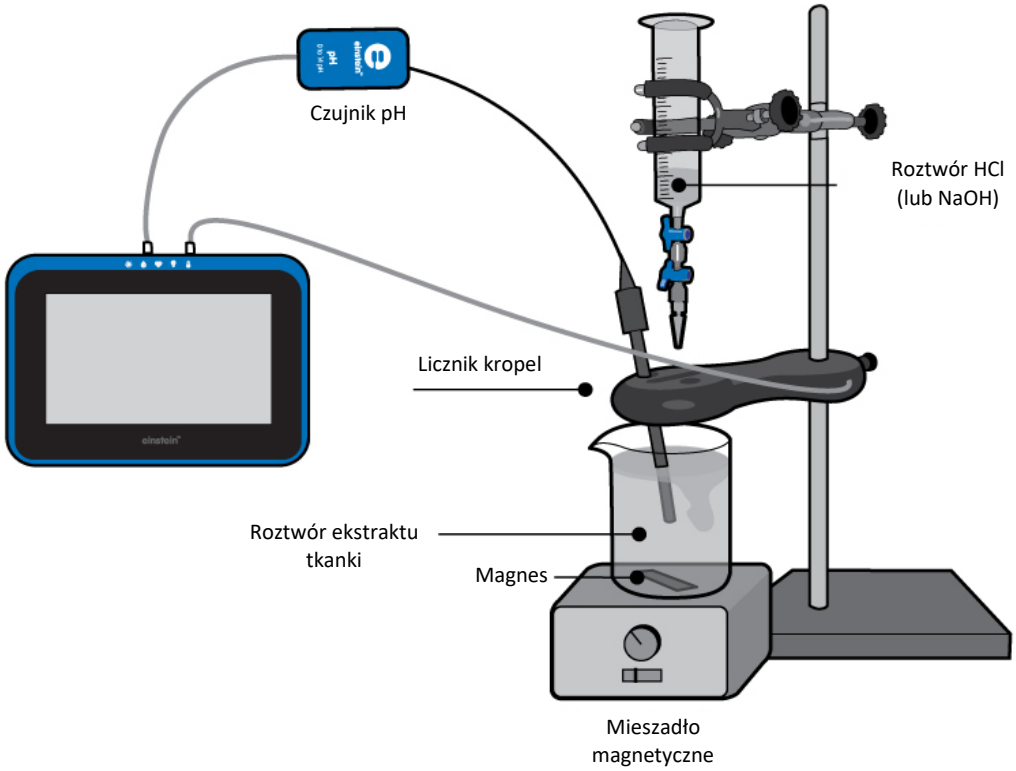
1. Zmierzcie wpływ rozpuszczalników, na przykład alkoholu, na przepuszczalność błony komórkowej i porównajcie go z wpływem temperatury.
2. Zmierzcie wpływ wartości pH na antocyjany. Wyodrębnijcie ten barwnik z owoców żurawiny lub malin,

zmieszajcie z wodą i zmieniajcie pH uzyskanych roztworów w przedziale od 1 do 13. Przy pH równym 5 antocyjany ulegają nieodwracalnemu zniszczeniu. Sprawdźcie, czy zmiana barwy spowodowana innymi wartościami pH jest odwracalna.

3. Zmierzcie zawartość antocyjanów w różnych owocach i innych częściach roślin na różnych etapach ich rozwoju.

Rozdział 16

# Pomiary pH ekstraktów tkanek




**Rys. 1**

## Wstęp

Żywe komórki utrzymują wartość pH w bardzo ograniczonym przedziale. Nawet minimalne przekroczenie przez wartość pH którejkolwiek z jego granic może spowodować ogromne uszkodzenia struktury komórkowej i jej elementów, zwłaszcza najbardziej wrażliwych z nich – białek. Zmiany pH są mianowicie w stanie niszczyć trójwymiarową budowę białek, uniemożliwiając ich normalne działanie i odbierając im ich właściwości. Ponieważ zaś białka mają tak fundamentalne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania komórek, ich uszkodzenie może prowadzić do śmierci komórki.

Aby chronić się przed tym niebezpieczeństwem, wszystkie żywe komórki zawierają bufory – związki chemiczne reagujące z kwasami i zasadami i utrzymujące w ten sposób stabilny odczyn pH wewnątrz komórek. Wprawdzie najczęściej spotykanymi buforami są fosforany, ale w tej roli mogą występować też inne elementy komórek, w tym kwasy nukleinowe, białka, lipidy i małe cząsteczki organiczne. Reagują one z kwasami i zasadami, uniemożliwiając im wpływanie na pH komórki.

Miareczkowanie alkacymetryczne to proces umożliwiający oznaczenie stężenia roztworu kwaśnego lub zasadowego przez pomiar objętości kwasu lub zasady o znanym stężeniu potrzebnej do jego zneutralizowania.

W tym doświadczeniu określicie wartość wskaźnika pH ekstraktów tkanek różnych surowców spożywczych: ziemniaka, jajek, wątroby itp. metodą miareczkowania roztworem kwaśnym lub zasadowym o znanym stężeniu.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik pH
- Licznik kropli
- Czujnik temperatury (od -40°C do 140°C)
- Próbki żywności: ziemniaki, marchew, kwaśne jabłka, wątróbki kurze
- Tarka kuchenna
- Roztwór HCl (lub NaOH)
- Zlewka o pojemności 100 ml
- Zlewka o pojemności 0,25 l
- Wirówka
- Kawałek gazy
- Mieszadło magnetyczne z mieszadełkiem

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie elektrodę czujnika pH do jednego ze złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.

## Ustawienie czujników

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

| **czujnik pH, temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |

## Procedura

Przygotujcie 100 ml ekstraktu tkanki:

1. Użyjcie ziemniaków, marchewek lub kwaśnych jabłek.
2. Zetrzyjcie je na drobne kawałki na kuchennej tarce.
3. Umieśćcie kawałek gazy na półlitrowej zlewce.
4. Pobierzcie ekstrakt wybranej tkanki:

   a. Umieśćcie startą tkankę na gazie.
   b. Przykryjcie ją drugim kawałkiem gazy i dociśnijcie go mocno.
5. Ziemniaki zawierają duże ilości skrobi. Aby ją usunąć, umieśćcie ekstrakt na 1-2 minuty na laboratoryjnej wirówce stołowej. Skrobia znajdzie się na dnie probówki. Zbierzcie następnie supernatant.
6. W przypadku jabłka, ekstrakt należy rozcieńczyć z wodą kranową w proporcji 1:1.
7. W przypadku ekstraktu z wątroby:
   a. Odważcie 70 g wątroby kurczaka.
   b. Dodajcie 150 ml wody z kranu i wymieszajcie roztwór w blenderze.
   c. Za pomocą wirówki stołowej oddzielcie szczątki stałe tkanek od ekstraktu.
   d. Zbierzcie supernatant i uzupełnijcie wodą z kranu do 200 ml.
8. Dokręćcie śrubą motylkową licznik kropli, aby zamocować go stabilnie na statywie.
9. Upewnijcie się, że oba zawory dwudrogowe plastikowego pojemnika na odczynnik znajdują się w położeniu odcinającym przepływ (poziomym).
10. Napełnijcie pojemnik na odczynnik licznika kropel roztworem HCl 0,1N.
11. Zanim rozpoczniecie rejestrowanie danych pomiarowych i kalibrowanie kropel, wyregulujcie tempo przepływu przez oba zawory zbiornika. Chwilowo umieśćcie pod wypływem zbiornika inną zlewkę. Najpierw całkowicie otwórzcie dolny zawór dwudrogowy, po czym powoli zacznijcie otwierać górny zawór, aż uzyskacie bardzo powolne tempo kapania z niego - powinno ono wynosić jedną kroplę na sekundę. Zamknijcie teraz dolny zawór.
12. Do zlewki o pojemności 100 ml nalejcie 40 ml ekstraktu i umieśćcie na jej dnie mieszadło magnetyczne.
13. Zanurzcie w ekstrakcie elektrodę czujnika pH.
14. Włączcie mieszadło magnetyczne i rozpocznijcie bardzo ostrożne mieszanie ekstraktu. Zwróćcie szczególną uwagę, aby mieszadło nie uderzyło o elektrodę pH.
15. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
16. Otwórzcie dolny zawór licznika kropli, aby rozpocząć Suma do ekstraktu roztworu HCl.
17. Mierzcie tempo przepływu, czyli ilość roztworu kwasu (ml) dodawaną do zlewki w ciągu jednej minuty.
18. Śledźcie zmieniającą się wartość pH, aż jej wykres przyjmie postać poziomej, prostej linii.
19. Powtórzcie pomiar z roztworem 0.1N NaOH.
20. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Użyjcie pierwszego kursora, aby odczytać początkową wartość pH ekstraktu badanej tkanki.
2. Obliczcie zakres zmiany pH, jaka zaszła w trakcie miareczkowania w trakcie całego doświadczenia. Za pomocą kursorów znajdźcie różnicę, o jaką zmieniła się wartość wskaźnika pH oraz ustalcie czas, w jakim zmiana ta zaszła.
3. Obliczcie objętość kwasu, jaki został wprowadzony do ekstraktu do momentu zaobserwowania zmiany.
4. Zmierzcie całkowitą objętość kwasu wprowadzonego do ekstraktu tkanki aż do momentu zakończenia miareczkowania.

## Pytania

1. Opiszcie krzywą zarejestrowaną podczas miareczkowania ekstraktu kwasem.
2. Czego możemy się z niej dowiedzieć?
3. Porównajcie krzywą miareczkowania kwasem z krzywą miareczkowania zasadą. Pod jakim względem są

podobne? Czym się różnią?

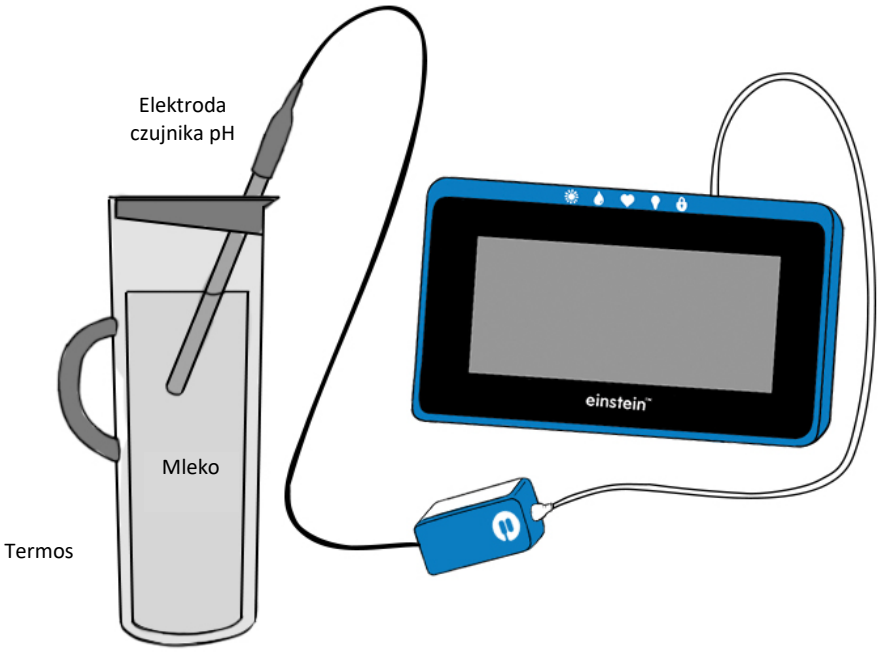
4. Porównajcie objętość kwasu dodanego do ekstraktu z objętością dodanej zasady, w każdym przypadku w dwóch punktach: w momencie kończącym początkowy okres oczekiwania na rozpoczęcie zmian wartości pH oraz w momencie zakończenia miareczkowania.
5. Omówcie wyniki. Czy organizmy żywe są w stanie zachować stałe pH podczas wprowadzania do nich kwasów lub zasad, a jeżeli tak, to w jakim stopniu?
6. Spróbujcie przewidzieć skutek zmiany stężenia wprowadzanego do ekstraktu kwasu lub zasady.
7. Jakie procesy zachodzące w żywych komórkach mogą powodować zmianę jej pH?

## Więcej pomysłów

1. Przeprowadźcie miareczkowanie ekstraktów tkanek rozcieńczonym kwasem lub zasadą (0.01 N).
2. Przedstawcie zmianę wartości pH ekstraktu jako funkcję dodanej do niego objętości kwasu lub zasady.
3. Porównajcie krzywe miareczkowania uzyskane na ekstraktach tkanej z uzyskanymi na roztworze wody kranowej i bufora chemicznego
   (np. mieszaniny $NaH_2PO_4^-$ z $NaHPO_4^-$).
4. Zmierzcie pH różnych rodzajów płynnych produktów żywnościowych. Prześledźcie zmianę pH w zależności od czasu i temperatury. Sprawdźcie, czy zawierają one bufory.

Rozdział 17

# Zakwaszanie mleka




**Rys. 1**

## Wstęp

Obecne w mleku bakterie można zasadniczo podzielić na dwa typy: bakterie kwasu mlekowego i bakterie z grupy Coli.

Bakterie kwasu mlekowego: Naturalnie obecne w mleku, są również używane jako zakwas w produkcji produktów mlecznych zawierających żywe kultury bakterii, takich jak sery czy jogurty.

Bakterie z grupy Coli: Względne bakterie beztlenowe, rozwijające się najlepiej w temperaturze 37°C. Bakterie z grupy Coli to organizmy wskaźnikowe, gdyż są ich obecność jest blisko powiązana z obecnością określonych bakterii patogennych. Mogą powodować psucie się mleka, ponieważ potrafią powodować rozpad białek mleka i fermentację laktozy, wytwarzając przy tym kwas i wydzielając gazy.

W tym doświadczeniu skupimy się na zmianach pH zachodzących w mleku podczas 30-godzinnego okresu jego inkubacji.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Termos o pojemności 1 l (z otworem umożliwiającym szczelne zamknięcie i wprowadzenie przewodu elektrody pH)
- Mleko

## Przygotowanie wyposażenia

**Uwaga**: To długie doświadczenie, zadbajcie więc o połączenie urządzenia einstein™ LabMate™ kablem USB ze źródłem zasilania.

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie elektrodę czujnika pH i czujnik temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujnik pH oraz czujnik temperatury.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **pH** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 min |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 min |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |

## Procedura

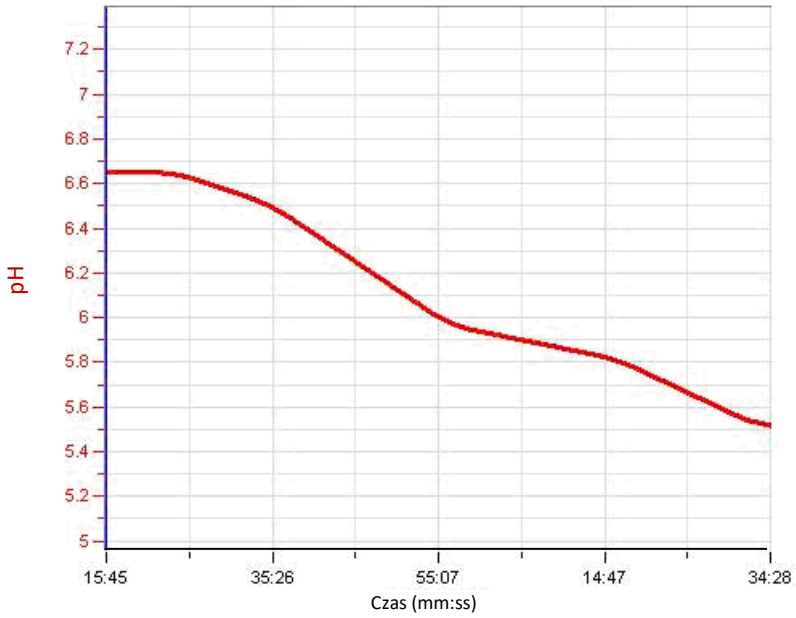
1. Podgrzejcie 750 ml pasteryzowanego mleka i poczekajcie, aż ostygnie do temperatury pokojowej.
2. Napełnijcie nim termos.
3. Włóżcie do mleka elektrodę czujnika pH i zamknijcie termos ostrożnie, bardzo uważając, aby nie uszkodzić kabla czujnika pH.
4. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
5. Po 30 godzinach inkubacji przerwijcie rejestrowanie danych, klikając polecenie **Stop** ( ).
6. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Za pomocą kursorów zaznaczcie na wykresie początek i koniec doświadczenia. Określcie, o jaką wartość zmienił się wskaźnik pH w trakcie całego procesu.
2. Określcie, o jaką wartość zmienił się wskaźnik pH w trakcie całego procesu. Za pomocą kursorów zaznaczcie na wykresie początek i koniec doświadczenia.
3. Przybliżcie uzyskany wykres funkcją liniową:
    a. Za pomocą kursorów zaznaczcie na wykresie początek i koniec doświadczenia.
    b. Wybierzcie polecenie **Przybliż funkcją liniową**. Pod osią x program wyświetli równanie pasującej funkcji liniowej.
    c. Nachylenie utworzonej krzywej wykresu będzie odpowiadać tempu zmiany pH.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:




**Rys. 2**

## Pytania

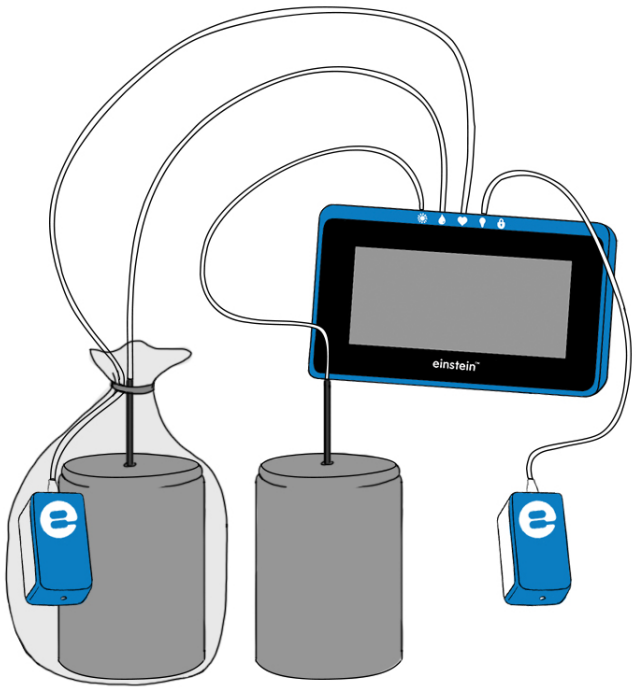
1. Co powoduje spadek pH mleka?
2. Czy tuż po rozpoczęciu inkubacji daje się zauważyć spadek pH?
3. Czym można by wytłumaczyć to zjawisko?
4. Czy tempo zmiany pH pozostaje stałe w całym okresie inkubacji? Dlaczego Waszym zdaniem tak się dzieje?
5. Dlaczego przed przelaniem mleka do termosu konieczne było jego podgrzanie, a następnie ostudzenie do temperatury pokojowej?
6. Jakie byłyby wyniki, gdybyście poddali 30-godzinnej inkubacji mleko niepasteryzowane?

## Więcej pomysłów

1. Wykonajcie podobne doświadczenie na mleku niepasteryzowanym lub pochodzącym od innych gatunków zwierząt (np. mleku kozim).
2. Utrzymujcie termos w innych temperaturach (na przykład w podgrzewanym inkubatorze albo w lodówce).

Rozdział 18

# Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: gliniane dzbanki (model)




**Rys. 1**

## Wstęp

Zarówno w czasach starożytnych, jak i nowożytnych, plemiona wędrowne żyjące w gorących i suchych strefach klimatycznych przechowywały wodę w glinianych dzbanach.
Dzięki temu była ona zawsze chłodna, mimo wysokiej temperatury otoczenia. Glina to porowaty materiał, umożliwiający stopniowy wyciek wody. W jaki sposób ta jej właściwość jest powiązana z jej zdolnością do chłodzenia wody?

Jaki mechanizm leży u podstaw tego zjawiska?

W tym doświadczeniu zbadamy wpływ temperatury i wilgotności na utratę ciepła przez gliniane naczynia.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- 2 czujniki temperatury (zakres: od -40°C do 140°C)
- 2 czujniki wilgotności
- 2 gliniane dzbanki o pojemności 250 ml
- 2 gliniane pokrywy, pasujące do użytych dzbanków; w każdej pokrywie należy wywiercić otwór umożliwiający wsunięcie do wnętrza dzbanka czujnika temperatury
- Torba plastikowa
- 1 litr gorącej wody (ok. 70°C)

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki wilgotności i czujniki temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujniki wilgotności oraz czujniki temperatury.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Wilgotność** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |

## Procedura

1. Umieśćcie jeden z glinianych dzbanków w plastikowej torbie. Obok dzbanka umieśćcie wewnątrz torby czujnik wilgotności.
   Drugi dzbanek ustawcie na otwartym, przewiewnym stanowisku. Umieśćcie również obok niego czujnik wilgotności.
2. Przez otwór w pokrywie każdego z dzbanków wsuńcie czujnik temperatury.
3. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.

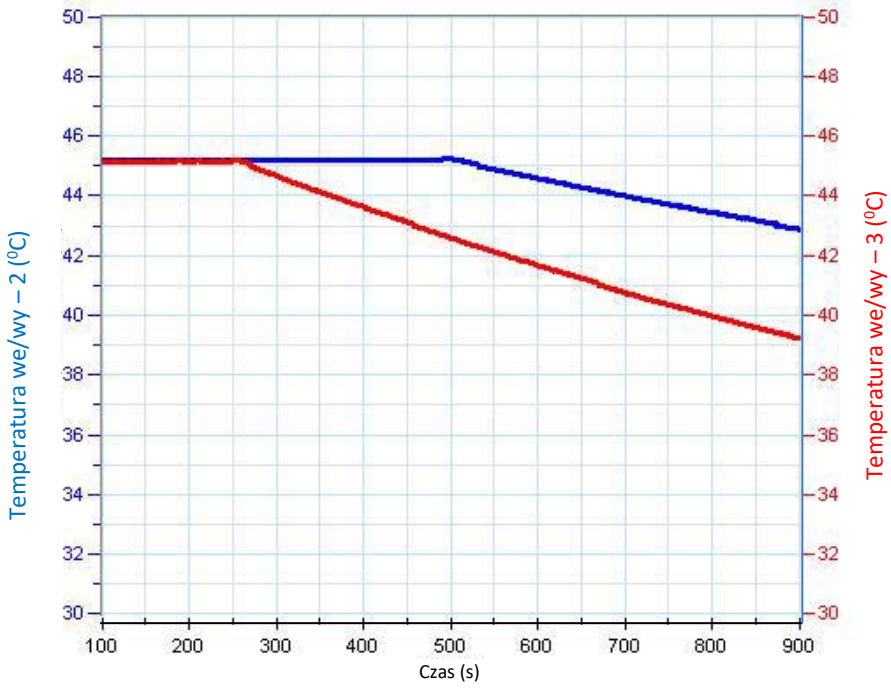
4. Nalejcie do dzbanków gorącą wodę (około 200 ml do każdego).
5. Zawiążcie plastikową torbę, w której znajduje się pierwszy z zamkniętych dzbanków razem z czujnikiem tak, aby szczelnie go odizolowała od otoczenia.
6. Prowadźcie pomiary przez 10 minut, śledząc zmiany wilgotności w pomieszczeniu oraz wewnątrz plastikowej torby. Prześledźcie też zmiany temperatury wewnątrz obu dzbanków.
7. Po 10 minutach zdejmijcie plastikową torbę zakrywającą pierwszy dzbanek.
8. Śledźcie zmiany wilgotności i temperatury przez kolejne 10 do 15 minut.
9. Możecie zresztą mierzyć je dłużej, pozostawiając urządzenie einstein™ podłączone i działające nawet przez kilka godzin. Jeżeli macie zamiar przeprowadzić taką wersję drugiej części doświadczenia, nie zapomnijcie tylko odpowiednio zwiększyć liczby pomiarów, jakie urządzenie ma wykonać.
10. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Zaznaczcie kursorami przebieg zmian wilgotności i temperatury w układzie zamkniętym i otwartym: jaka była wartość początkowa każdej z tych wielkości w każdym z układów, a jaka – wartość końcowa? Ile wynosi różnica między nimi?
2. Następnie zaznaczcie kursorami przedział czasu między momentem rozpoczęcia pomiarów a:
    a. momentem, w którym temperatura w każdym z układów zaczęła spadać;
    b. momentem, w którym zaszła zmiana w tempie utraty ciepła w zakrytym układzie.

Poniżej pokazano przykładowy wykres temperatury uzyskany w tym doświadczeniu:




**Rys. 2**

## Pytania

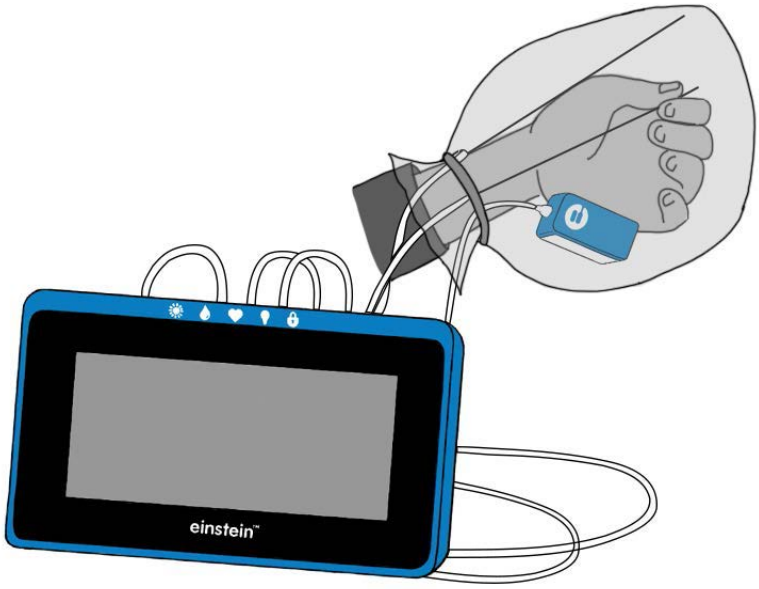
1. Jaki był skutek zamknięcia drugiego dzbanka w plastikowej torbie:
    a. dla wilgotności mierzonej wewnątrz torby?
    b. dla tempa zmiany temperatury wody w dzbanku?
2. Porównajcie przebieg zmian temperatury wewnątrz obu dzbanków. Czy w obu dzbankach zmieniała się ona podobnie?
   Wyjaśnijcie różnice.
3. Dlaczego wilgotność mierzona przez czujnik początkowo umieszczony wewnątrz foliowej torby spadła niezwłocznie po jej otwarciu?
4. Co ostatecznie dzieje się z wodą osadzoną na ściankach plastikowej torby?
5. Podczas doświadczenia ściany dzbanków stały się wilgotne. Dlaczego?
6. Co się stało z wodą wydostającą się z dzbanków?
7. Jakie wnioski możecie wysunąć na temat utraty ciepła przez dzbanki na podstawie tego doświadczenia?

## Więcej pomysłów

1. Podłączcie dodatkowy czujnik temperatury i umieśćcie go w pierwszym etapie doświadczenia wewnątrz plastikowej torby. Prześledźcie zmiany temperatury w torbie na zewnątrz dzbanka wraz ze zmianą temperatury w jego wnętrzu.
2. Wytwórzcie prąd powietrza wokół dzbanków (na przykład za pomocą klimatyzatora) i prześledźcie jego wpływ na tempo
   utraty ciepła.
3. Wykonajcie pomiary z użyciem wody o różnych temperaturach i porównajcie tempo utraty ciepła przy różnych jej wartościach początkowych.
4. Zwiększcie wilgotność otoczenia dzbanków i zmierzcie jej wpływ na utratę ciepła.
5. Obliczcie utratę ciepła w każdym z układów. Powinna ona być proporcjonalna do $1/\Delta T^2$.

Rozdział 19

# Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: pomiar utraty ciepła na opuszkach palców za pomocą czujników wilgotności i temperatury




**Rys. 1**

## Wstęp

Wysoka temperatura otoczenia lub wysiłek fizyczny mogą powodować wzrost temperatury ciała ludzkiego. Nadmiar ciepła jest sprawnie wyprowadzany z organizmu przez naczynia krwionośne znajdujące się tuż pod powierzchnią skóry. To właśnie dlatego wzrost temperatury ciała powoduje nasilenie krążenia krwi w skórze. W tym samym celu nasila się w takich okolicznościach produkcja potu, wytwarzanego przez ponad trzy miliony gruczołów potowych rozproszonych po całej powierzchni skóry. Produkcja potu i jego odparowywanie to kluczowy mechanizm pozwalający utrzymywać niezmienioną temperaturę ciała. Jego

działanie ma także niekorzystny skutek uboczny: może doprowadzić do odwodnienia ciała, jeżeli odparowana w formie potu woda nie zostanie uzupełniona przez przyjmowanie napojów.

W tym doświadczeniu zmierzycie oddawanie ciepła przez ciało poprzez odparowywanie potu w odpowiedzi na zwiększenie temperatury dłoni.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik wilgotności
- 2 czujniki temperatury (od -40°C do 140°C)
- Torba plastikowa

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujnik wilgotności i czujniki temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujnik wilgotności oraz czujniki temperatury.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |
| **Wilgotność** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co sekundę |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |

## Procedura

1. Przymocujcie czujnik temperatury do palców prawej dłoni osoby, na której przeprowadzacie to doświadczenie, w sposób pokazany wyżej na Rys. 1. Powinna ona dotykać czubka czujnika temperatury.
2. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
3. Śledźcie zmiany temperatury czubka palca, dopóki nie ustabilizuje się (co powinno nastąpić po około 2-3 minutach).
4. Zakryjcie dłoń trzymającą czujnik temperatury, umieszczając ją w plastikowej torebce.
5. Wewnątrz torebki umieśćcie też czujnik wilgotności oraz dodatkowy czujnik temperatury.
6. Szczelnie zawiążcie torebkę z dłonią w środku, aby uniemożliwić przepływ powietrza między wnętrzem

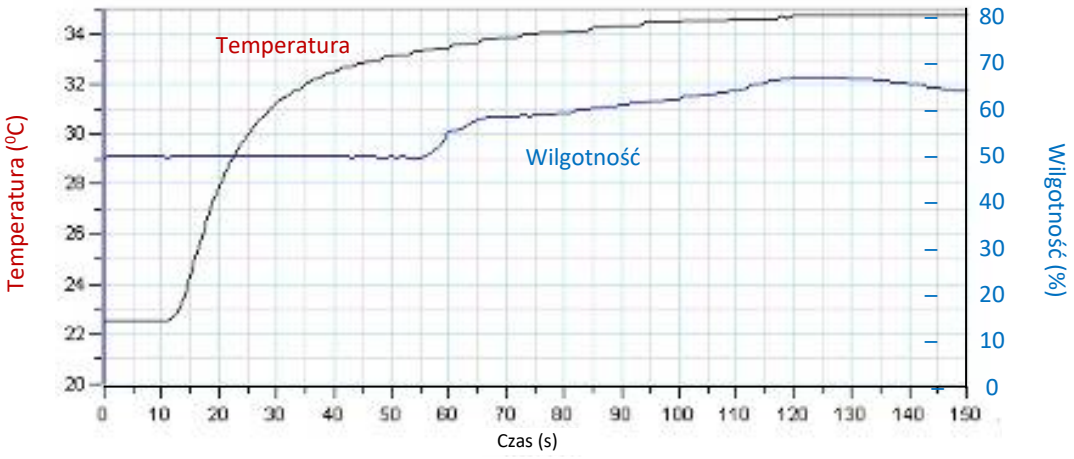
torebki a otoczeniem (jednak nie na tyle mocno, aby utrudnić krążenie krwi w dłoni!).
7. Śledźcie zmiany wilgotności i temperatury przez około 10 minut.
8. Zdejmijcie torebkę z dłoni, pozostawiając jednak wewnątrz torebki czujnik wilgotności i czujnik temperatury. Przez kolejne 10 minut śledźcie dalsze zmiany wilgotności i temperatury wewnątrz torebki oraz (nadal mierzoną) temperaturę palca.
9. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

1. Zaznaczcie kursorami zmiany wilgotności i temperatury w okresie, w którym dłoń znajdowała się w plastikowej torbie. Jaka była wartość początkowa każdej z tych wartości, a jaka – wartość końcowa? Ile wynosi różnica między nimi?
2. Następnie zaznaczcie przebieg zmian wilgotności i temperatury po zdjęciu torby.

Niżej przedstawiamy przykład wykresu uzyskanego w tym doświadczeniu (czarna linia przedstawia wartości temperatury, niebieska – wilgotność):




**Rys. 2**

Obejrzyjcie uważnie dłoń niezwłocznie po zdjęciu z niej torby foliowej. Czy jest wilgotna, czy sucha?

## Pytania

1. Jaki wpływ miało zamknięcie dłoni w plastikowej torbie:
   a. na wilgotność wewnątrz torby?
   b. na temperaturę palca?
   c. na temperaturę wewnątrz torby?
2. Co spowodowało zmianę temperatury palców dłoni w trakcie doświadczenia?
3. Czy zauważyliście zmianę wilgotności skóry w trakcie doświadczenia? Wyjaśnijcie swoje spostrzeżenia.
4. Dlaczego wilgotność mierzona przez czujnik spadła niezwłocznie po jej zdjęciu z dłoni?
5. Skąd wzięła się woda zgromadzona wewnątrz torby?
6. Co stało się z wodą zgromadzoną wewnątrz torby po jej zdjęciu z dłoni?
7. Jakie wnioski możecie wyciągnąć na podstawie tego doświadczenia w odniesieniu do:

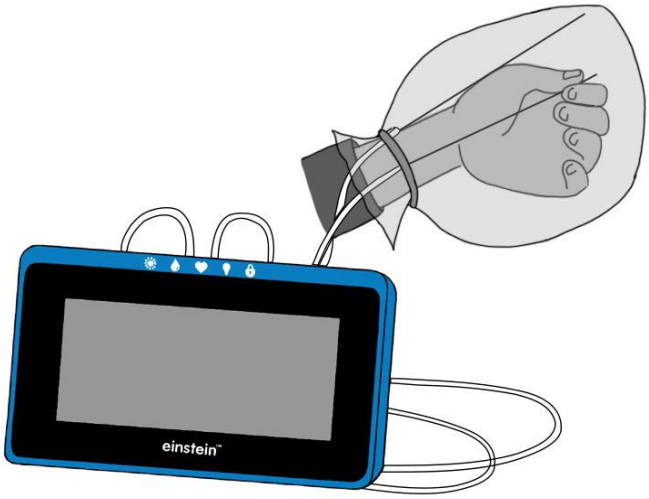
a. zwiększenia temperatury dłoni, gdy znajdowała się ona wewnątrz torby foliowej?
b. procesu utraty ciepła przez skórę dłoni po zdjęciu torby?

## Więcej pomysłów

1. Podłączcie dodatkowy czujnik temperatury do palców drugiej dłoni.
   Porównajcie zmiany temperatury dłoni zamkniętej w torbie ze zmianami temperatury dłoni odkrytej.
2. Trzymając dłoń z czujnikami wewnątrz plastikowej torby, wykonajcie kilka prostych ćwiczeń fizycznych i zmierzcie ich wpływ na temperaturę
   i wilgotność.
3. Zwiększcie wilgotność otoczenia i zmierzcie jej wpływ na utratę ciepła.
4. Wytwórzcie strumień powietrza w pobliżu dłoni. Zdejmijcie z niej torbę i natychmiast zmierzcie zachowanie wskazań temperatury i wilgotności.

Rozdział 20

# Regulacja temperatury ludzkiego ciała - utrata ciepła przez wytwarzanie potu: pomiar utraty ciepła na opuszkach palców za pomocą czujników temperatury




**Rys. 1**

## Wstęp

Wysoka temperatura otoczenia lub wysiłek fizyczny mogą powodować wzrost temperatury ciała ludzkiego. Nadmiar ciepła jest sprawnie wyprowadzany z organizmu przez naczynia krwionośne znajdujące się tuż pod powierzchnią skóry. To właśnie dlatego wzrost temperatury ciała powoduje nasilenie krążenia krwi w skórze. W tym samym celu nasila się w takich okolicznościach produkcja potu, wytwarzanego przez ponad trzy miliony gruczołów potowych rozproszonych po całej powierzchni skóry. Produkcja potu i jego odparowywanie to kluczowy mechanizm pozwalający utrzymywać niezmienioną temperaturę ciała. Jego działanie ma także niekorzystny skutek uboczny: może doprowadzić do odwodnienia ciała, jeżeli odparowana w formie potu woda nie zostanie uzupełniona przez przyjmowanie napojów.

W tym doświadczeniu przyjrzycie się procesowi oddawania ciepła przez ciało ludzkie, mierząc wpływ wzrostu temperatury dłoni na odparowywanie potu.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- 2 czujniki temperatury (od -40°C do 140°C)
- Torba plastikowa

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
3. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** są zaznaczone tylko czujniki temperatury.

## Ustawienie czujników

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

| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 2000 sek. |

## Procedura

1. Przymocujcie jeden z czujników temperatury do zewnętrznej powierzchni dłoni, a drugi do opuszek palców, jak pokazano na wyżej na Rys. 1. Opuszki palców powinny dotykać czubka czujnika temperatury.
2. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
3. Śledźcie przebieg zmian temperatury opuszek palców w oknie **Wykres** programu MultiLAB4, dopóki jej wartość nie ustabilizuje się (powinno to nastąpić po około 2 - 3 minutach).
4. Zakryjcie dłoń trzymającą czujnik temperatury, umieszczając ją w plastikowej torebce.
5. Szczelnie zawiążcie torebkę z dłonią w środku, aby uniemożliwić przepływ powietrza między wnętrzem torebki a otoczeniem (jednak nie na tyle mocno, aby utrudnić krążenie krwi w dłoni!).
6. Śledźcie zmiany temperatury wewnątrz torby przez około 10 minut.
7. Następnie zdejmijcie torbę z dłoni. Przez kolejne 10 minut śledźcie dalsze zmiany temperatury wewnątrz torebki oraz (nadal mierzoną) temperaturę opuszek palców.
8. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Zaznaczcie kursorami zmiany temperatury w okresie, w którym dłoń znajdowała się w plastikowej

torbie. Ile wynosiła temperatura początkowa, a ile końcowa? Ile wynosi różnica między nimi?
2. Zaznaczcie przebieg zmian temperatury po zdjęciu torby.
3. Obejrzyjcie uważnie dłoń niezwłocznie po zdjęciu z niej torby foliowej. Czy jest wilgotna, czy sucha?

## Pytania

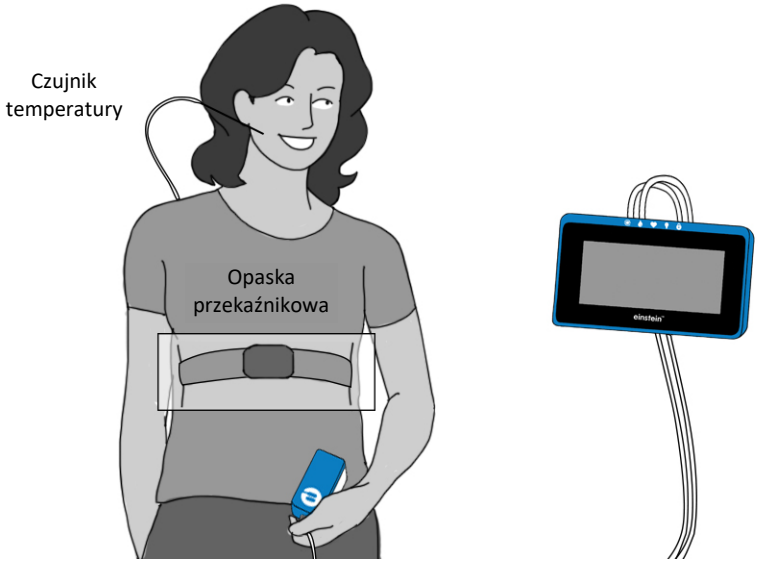
1. Jaki wpływ miało zamknięcie dłoni w plastikowej torbie:
    a. na temperaturę palca?
    b. na temperaturę wewnątrz torby?
2. Co spowodowało zmianę temperatury palców dłoni w trakcie doświadczenia?
3. Czy zauważyliście zmianę wilgotności skóry w trakcie doświadczenia? Wyjaśnijcie swoje spostrzeżenia.
4. Dlaczego wilgotność mierzona przez czujnik spadła niezwłocznie po jej zdjęciu z dłoni?
5. Skąd wzięła się woda zgromadzona wewnątrz torby?
6. Co stało się z wodą zgromadzoną wewnątrz torby po jej zdjęciu z dłoni?
7. Jakie wnioski możecie wyciągnąć na podstawie tego doświadczenia w odniesieniu do:
    a. zwiększenia temperatury dłoni, gdy znajdowała się ona wewnątrz torby foliowej?
    b. procesu utraty ciepła przez skórę dłoni po zdjęciu torby?

## Więcej pomysłów

1. Podłączcie dodatkowy czujnik temperatury do palców drugiej dłoni.
   Obserwujcie zmiany temperatury dłoni w torbie i dłoni odkrytej.
2. Trzymając dłoń wewnątrz plastikowej torby, wykonajcie kilka prostych ćwiczeń fizycznych i śledźcie ich wpływ na jej temperaturę.
3. Zwiększcie wilgotność otoczenia i zmierzcie jej wpływ na utratę ciepła.
4. Wytwórzcie strumień powietrza w pobliżu dłoni. Zdejmijcie z niej torbę i natychmiast przyjrzyjcie się, jaki ma to wpływ na temperaturę.

Rozdział 21

# Wpływ ćwiczeń fizycznych na ludzkie ciało: temperatura i tętno




**Rys. 1**

## Wstęp

W trakcie wykonywania ćwiczeń mięśnie człowieka potrzebują więcej energii. Próbują ją więc wytworzyć, spalając glukozę lub tłuszcz, przy okazji wytwarzając również ciepło. Temperatura wewnętrzna ciała pozostaje jednak prawie niezmieniona, gdyż ciało pozbywa się powstałej nadwyżki ciepła, oddając ją otoczeniu.
Utrata ciepła odbywa się przede wszystkim (aż w 80%) przez skórę. Jest rozprowadzane po jej powierzchni przez przebiegające tuż pod nią naczynia krwionośne; przyspieszenie przepływu krwi w tych naczyniach powoduje szybsze wydalane z ciepła z organizmu.

Przyjrzymy się temu zjawisku w opisanym tu doświadczeniu, mierząc wpływ wykonywania ćwiczeń fizycznych na temperaturę ciała i na tętno.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik temperatury powierzchni (zakres od -40°C do 140°C)
- Wysiłkowy czujnik tętna z opaską przekaźnikową
- Roztwór soli

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujnik temperatury powierzchni i czujnik tętna do złączy tabletu einstein™ Tablet lub zestawu czujników einstein™ LabMate.
3. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w sekcji Pomiary zaznaczony jest wyłącznie czujnik temperatury i czujnik tętna.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Czujnik temperatury powierzchni (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | 25 pomiarów na sekundę |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 200 sek. |
| **Czujnik tętna (0 – 240 uderzeń/min)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | 25 pomiarów na sekundę |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 200 sek. |

## Procedura

1. Przymocujcie jeden koniec paska elastycznego do pasa przekaźnikowego tak, aby się samoczynnie nie odczepił.
2. Nawilżcie oba paski elektrod, rozprowadzając na grzbiecie pasa w kształcie zygzaka 4 krople roztworu soli.
3. Nałóżcie pas przekaźnikowy na dolną część klatki piersiowej. Pas należy nałożyć bezpośrednio na gołą skórę. Sprawdź prawidłowe ułożenie pasa: jego logo (napis POLAR) powinno znajdować się dokładnie pośrodku. Zamocujcie pas za pomocą opaski elastycznej i upewnijcie się, że ściśle przylega do ciała (zob. Rys. 1).
4. Przytrzymajcie czujnik temperatury pod płatkiem lewego ucha (bez dociskania).
5. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
6. Śledźcie zmiany temperatury i tętna, dopóki oba te odczyty nie ustabilizują się (czyli przez ok. 2 minuty).
7. Biegnijcie w miejscu przez około dwie minuty.
8. Śledźcie zmiany temperatury i tętna przez kolejną jedną do dwóch minut po zakończeniu ćwiczenia.
9. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Pytania

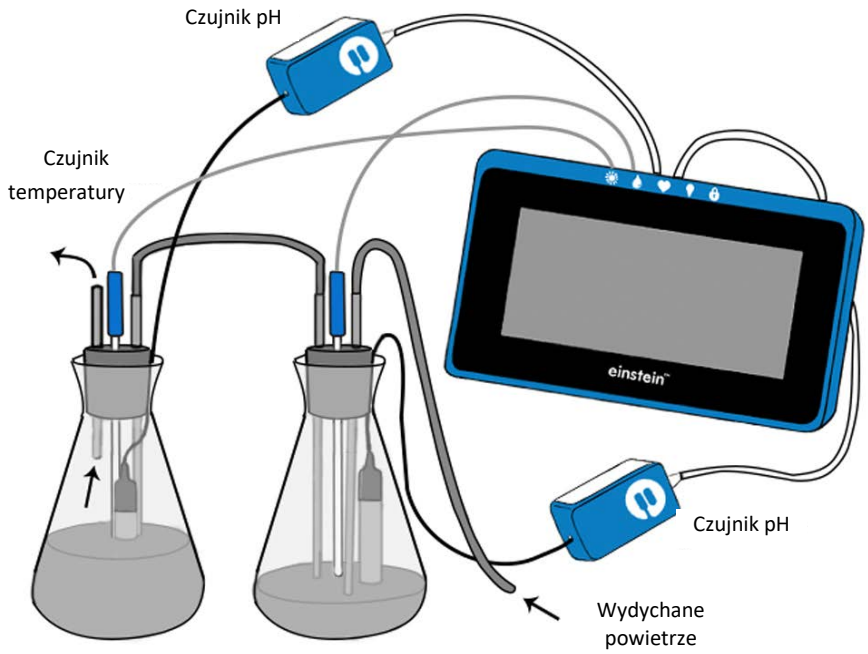
1. Jaki wpływ miało wykonane ćwiczenie fizyczne na:
    a. temperaturę mierzoną na płatku ucha?
    b. tętno (liczbę uderzeń serca na minutę)?
2. Co powoduje zmiany temperatury i tętna?
3. Jakie zmiany temperatury i tętna udało się zaobserwować po zakończeniu ćwiczenia? Czy oba parametry powróciły do poziomu zarejestrowanego przed rozpoczęciem ćwiczenia? Wyjaśnijcie swoje spostrzeżenia.
4. Jakie wnioski możesz wyciągnąć na podstawie tego doświadczenia w odniesieniu do:
    a. zmian temperatury ciała po czynnościach wymagających intensywnej pracy mięśni?
    b. zmian tętna po czynnościach wymagających intensywnej pracy mięśni?
    c. zależności między obydwoma tymi parametrami?

## Więcej pomysłów

1. Mierz temperaturę na obu płatkach uszu równocześnie i porównajcie oba odczyty.
2. Wykonajcie inne rodzaje ćwiczeń i zmierz ich wpływ na tętno i temperaturę mierzoną na płatkach uszu.
3. Porównajcie własne dane z danymi zarejestrowanymi przez swoje koleżanki i kolegów.

Rozdział 22

# Ilość $CO_2$ wydychanego w ludzkim oddechu




**Rys. 1**

## Wstęp

Układ oddechowy spełnia dwie najważniejsze funkcje: odpowiada za przyjmowanie do krwi tlenu i pozbywanie się z niej $CO_2$ oraz utrzymuje stałe pH krwi przez regulację stężenia znajdującego się w niej $CO_2$.

W spoczynku z każdym oddechem wymieniamy około 0,5 l powietrza. To tak zwana objętość oddechowa (TV). Biorąc głęboki wdech jesteśmy w stanie wciągnąć w płuca nawet około 3 litrów powietrza. To tak zwana objętość dopełniająca (zwana też uzupełniającą) (IRV). Jeżeli wydłużymy normalny wydech, starając się wyrzucić z płuc tyle pozostałego w nich powietrza, ile jesteśmy w stanie, potrafimy przeważnie wydmuchnąć jeszcze dodatkowy litr powietrza. To tak zwana objętość zapasowa (ERV). Nawet jednak i wówczas w naszych płucach nadal pozostaje około półtora litra niewymienionego powietrza. Jest to tak zwana objętość zalegająca (RV).

W spoczynku, oddychając normalnie wymieniamy około 8 litrów powietrza na minutę (przeciętnie 0,5 l na oddech, przemnożone przez przeciętne 16 oddechów na minutę), ale przy intensywnym wysiłku fizycznym jesteśmy w stanie wymienić nawet 4 litry powietrza za jednym oddechem. To tak zwana pojemność życiowa (VC), czyli nasza pełna objętość oddechu, łącznie z rezerwową.

Stężenie dwutlenku węgla ($CO_2$) w atmosferze ziemskiej jest bardzo niskie – wynosi zaledwie 0,03%. W płucach może ono mimo to sięgać nawet 7%, a w powietrzu wydychanym – wynosi średnio 5,1%.

W tym doświadczeniu wydychane powietrze będziecie wdmuchiwać do roztworu NaOH. Rozpuszczenie $CO_2$ w wodzie prowadzi do następującej reakcji:

(1) $$CO_2 + 2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HCO_3^-$$

Jony $H_3O^+$ reagują z NaOH, co skutkuje zmianą wskaźnika pH roztworu. Ustalicie ilość $CO_2$ wydychanego w ciągu jednej minuty, korzystając z czujnika pH.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dwa czujniki pH
- Dwa czujniki temperatury* (od -40°C do 140°C)
- Czujnik $CO_2$ (opcjonalnie)
- Dwie kolby o pojemności 500 ml
- Dwie zatyczki
- Dwie krótkie rurki (o długości 6 cm)
- Dwie długie rurki, które można będzie wsunąć do kolb przez otwory w zatyczkach i sięgnąć ich końcami prawie do samego dna kolb. Wewnętrzna średnica rurek powinna być na tyle duża, aby można było przez nie normalnie oddychać (ok. 6 mm).
- Dwa wężyki silikonowe o długości 30 cm
- 500 ml roztworu NaOH o stężeniu 0,04%
- Roztwór fenoloftaleiny o stężeniu 0,5%
- Okulary ochronne

* Czujniki temperatury będą potrzebne do skompensowania odczytu pH.

## Przygotowanie wyposażenia

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki pH i czujniki temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
4. Sprawdźcie, czy długie rurki są zanurzone w roztworze, ale nie dotykają dna kolb. Upewnijcie się, że krótka rurka nie jest zanurzona.
5. Do pierwszej kolby (tej, do której będziecie bezpośrednio wdmuchiwać powietrze) nalejcie 200 ml wody kranowej.
6. Do drugiej kolby wlejcie 400 ml wody z kranu. To będzie pułapka na $CO_2$: lotny $CO_2$, który nie rozpuści się w pierwszej kolbie, dotrze złączką właśnie do drugiej kolby, zawierającej większą ilość roztworu. W niej gaz ten rozpuści się.
7. Do każdej z kolb dodajcie po 1 ml półprocentowego roztworu wskaźnikowego fenoloftaleiny, a następnie 1,0 ml roztworu 0,04% NaOH. **Dobrze wymieszajcie!**
8. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujniki pH oraz czujniki temperatury.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Czujnik pH** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 1000 sek. |
| **Czujnik temperatury (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 s |

## Procedura

1. Dwie użyte w tym doświadczeniu kolby tworzą pułapkę na wydychany w procesie oddychania dwutlenek węgla ($CO_2$). Powietrze wydychane do bezpośrednio podłączonego do pierwszej kolby wężyka silikonowego trafia do niej przez zanurzoną w znajdującym się w niej roztworze długą rurkę.
2. Druga kolba ma za zadanie zatrzymać tę część $CO_2$, która nie rozpuściła się w pierwszej kolbie. Dwutlenek węgla dociera do niej przez jej własną długą rurkę, połączoną wężykiem silikonowym z krótką rurką tkwiącą w pierwszej kolbie.
3. Do każdej z kolb jest włożona elektroda czujnika pH. Jej kabel przeprowadźcie przez niewielki rowek wycięty uprzednio w bocznej powierzchni zatyczki każdej z kolb. Każda z dwóch elektrod powinna dotykać dna swojej kolby.
4. Jeżeli nie chcecie, aby $CO_2$ był uwalniany do powietrza znajdującego się ponad powierzchnią roztworu w drugiej kolbie, nie zamykajcie jej zatyczką, lecz użyjcie zatyczki czujnika $CO_2$, wsuwając kabel elektrody pH oraz długą rurkę w znajdujący się w jej boku rowek.

Mierząc pH, śledźcie jednocześnie zmiany w kolorze pełniącej rolę wskaźnika fenoloftaleiny. Kolby umieśćcie na arkuszu białego papieru, aby lepiej widzieć zmiany zabarwienia roztworów.

1. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
2. **UWAGA:** przeprowadzając to doświadczenie, wdychajcie powietrze *tylko nosem*. Próba wciągnięcia go ustami po wydechu grozi zachłyśnięciem się roztworem. Wydychajcie powietrze przez 30 sekund z rzędu do wężyka *tylko przez usta* (nie róbcie wydechów nosem).
   Układ doświadczalny powinien umożliwić swobodne oddychanie. Przećwiczcie oddychanie kilka razy, zanim zaczniecie pomiary.
3. Podczas doświadczenia liczcie wykonywane wdechy i wydechy. Powinno ich być ok. 14-16 na minutę.
4. Po 30 sekundach (lub jeżeli mierzycie stężenie $CO_2$ czujnikiem – gdy poziom $CO_2$ zacznie rosnąć) przestańcie wykonywać wydechy do wężyka. Odczekajcie około 30 sekund, aż pH kolbach ustabilizuje się. Następnie wyjmijcie z nich zatyczki i czujnik $CO_2$.
5. Do każdej z kolb stopniowo dodajcie roztwór 0,04% NaOH, mieszając przy tym ostrożnie ich zawartość, dopóki wartości pH nie powrócą do poziomu początkowego (zwykle wymaga to więcej niż 20 ml roztworu). Koniecznie zmierzcie przy tym i zanotujcie objętość roztworu, jakiej musieliście użyć, aby przywrócić początkowe pH. Miareczkowanie $CO_2$ roztworem NaOH najłatwiej będzie wykonać biuretą.
6. Po dodaniu do wody z kranu, NaOH tworzy roztwór zasadowy. W środowisku zasadowym użyta jako wskaźnik fenoloftaleina staje się różowa i traci ten kolor w warunkach neutralnego pH.
7. Powtórzcie doświadczenie co najmniej dwukrotnie. Za każdym razem wymieńcie roztwór w kolbach na świeżą wodę kranową z nową porcją roztworu NaOH.

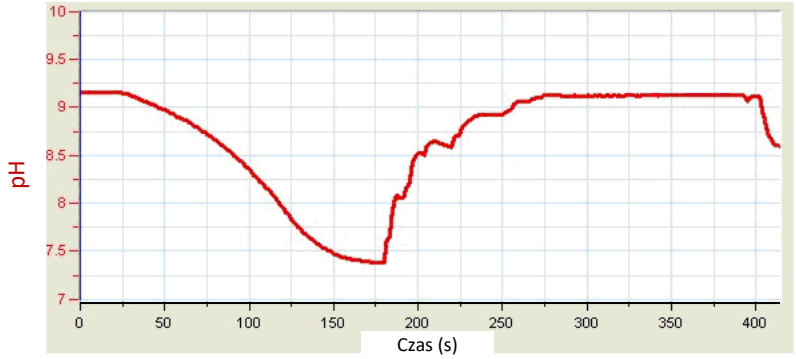
8. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB".

1. Zmierzcie zmianę pH w każdej z kolb. Odczytajcie obie te wartości z wykresu za pomocą kursorów.

Poniżej pokazano przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu:




**Rys. 2**

2. Aby otrzymać ilość $CO_2$ wydychanego *w ciągu jednej minuty*, należy obliczyć ilość NaOH, którą trzeba było następnie dodać, aby przywrócić pH roztworów do początkowej wartości. (Jeżeli wykonywaliście wdechy do roztworu przez czas dłuższy niż 30 sekund, odpowiednio skorygujcie obliczenia). 1 ml roztworu 0,04% NaOH neutralizuje alkacymetrycznie 10 µmoli $CO_2$.
   Aby obliczyć całkowitą ilość wydalonego w oddechu $CO_2$, musicie zsumować objętość roztworu 0,04% NaOH odmierzonego do obu kolb i przemnożyć wynik przez 10. Następnie przemnóżcie wynik przez 2, co pozwoli otrzymać ilość $CO_2$ wydalonego w oddechu *przez jedną minutę*.
   $CO_2$ wydalony w oddechu *przez jedną minutę* (µmoli) = całkowita objętość roztworu 0,04% NaOH x 10 x 2.

   Masa jednego mola $CO_2$ wynosi 44 g.

   Masa $CO_2$ wydalonego w oddechu *przez jedną minutę* (µg) = ilość $CO_2$ wyrażona w µmolach x 44.

   Jeżeli $CO_2$ był uwalniany do powietrza i mierzony przez czujnik, konieczne jest również dodanie tej jego ilości do łącznej ilości $CO_2$ w roztworze (przy czym 400 ppm = 72 µg $CO_2$).

3. Obliczcie średnią z wyników uzyskanych w obu pomiarach: uwzględnijcie liczbę oddechów na minutę i ilość $CO_2$ wydalonego w oddechu w ciągu minuty.

## Pytania

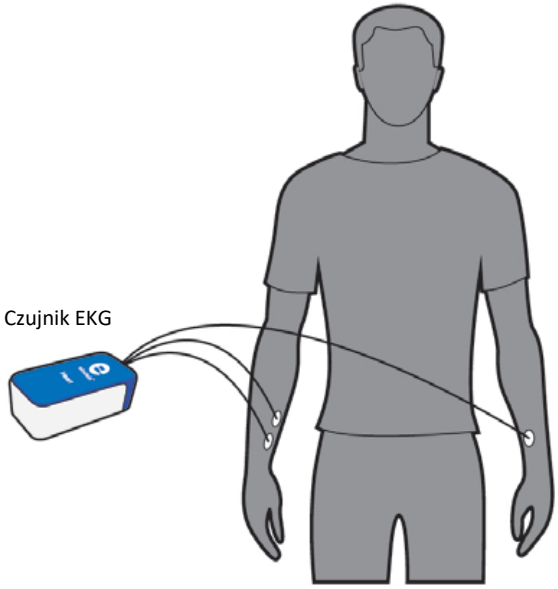
1. Dlaczego krzywa kreślona przez program na wynikach pomiaru jest początkowo płaska i dopiero po chwili zaczyna opadać?
2. Wyjaśnijcie różnice w zabarwieniu między obiema kolbami zaobserwowanymi podczas doświadczenia. Dlaczego w pierwszej kolbie roztwór zmienił kolor o wiele bardziej zauważalnie niż w drugiej?
3. Dlaczego zalecenia do tego doświadczenia obejmowały pomiar $CO_2$ uwolnionego do powietrza znajdującego się w kolbie
   nad powierzchnią roztworu?
4. Porównajcie uzyskane wyniki z wynikami uzyskanymi przez koleżanki i kolegów z klasy. Czy wszyscy otrzymali podobne wyniki? Jakie czynniki mogły spowodować ich zróżnicowanie w klasie?
5. Spróbujcie przewidzieć, jaki wpływ miałoby wykonywanie ćwiczeń fizycznych przez osobę wydychającą $CO_2$ podczas tego doświadczenia. Wyjaśnijcie.

## Więcej pomysłów

1. Porównajcie ilość $CO_2$ wydychanego w spoczynku z ilością wydychaną po wysiłku fizycznym. W tym przypadku skróćcie czas wykonywania wydechów i użyjcie większych objętości roztworów w kolbach.
2. Porównajcie ilość $CO_2$ wydychanego przez chłopców z ilością wydychaną przez dziewczęta.
3. Porównajcie ilość $CO_2$ wydychanego przez osoby intensywnie uprawiające na co dzień sport z ilością wydychaną przez osoby nieuprawiające sportu.
4. Za pomocą spirometru (czujnika mierzącego objętość przepływającego przez niego powietrza) zmierzcie objętości powietrza, jakie wydychacie w różnych warunkach.

Rozdział 23

# EKG i oddech w spoczynku i po aktywności fizycznej




**Rys. 1**

## Wstęp

EKG (elektrokardiografia) to zabieg diagnostyczny polegający na pomiarze skurczów mięśnia sercowego za pomocą elektrod rozmieszczonych w różnych miejscach ciała.

Depolaryzacja i repolaryzacja mięśnia sercowego odbywają się przy udziale różnych jonów i naładowanych cząsteczek takich pierwiastków, jak potas, wapń, chlor, a także naładowanych cząsteczek białek. Proces ten daje się zarejestrować za pomocą umieszczonych na powierzchni skóry elektrod. To właśnie zapis czynności elektrycznej serca nazywamy elektrokardiogramem (EKG).

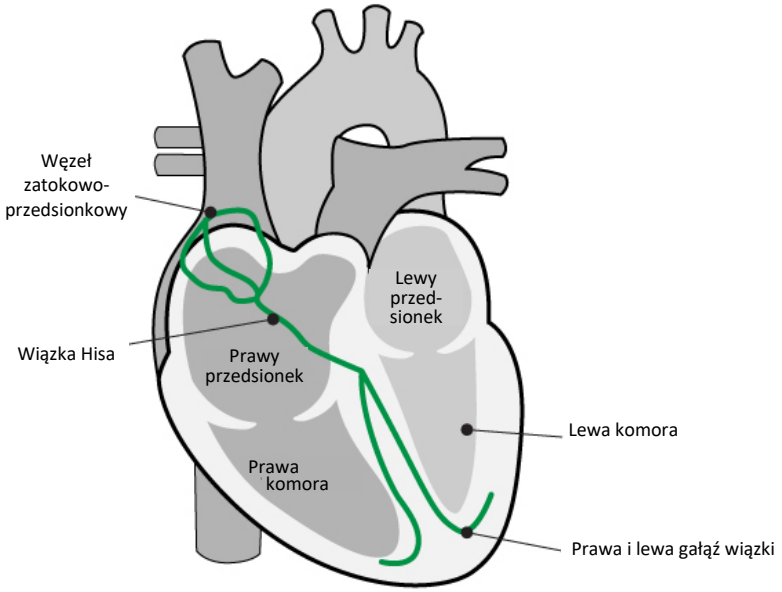
Komórki układu przewodzącego serca ulegają depolaryzacji w sposób spontaniczny. Owa spontaniczna depolaryzacja jest najbardziej widoczna w zgrupowaniu komórek mięśnia sercowego znajdującym się w górnej ścianie prawego przedsionka. Tę grupę komórek nazywa się komórkami rozrusznikowymi (jest ona także znana jako węzeł zatokowo-przedsionkowy, zwany też węzłem SA). Depolaryzacja węzła zatokowo-przedsionkowego wytwarza impuls elektryczny powodujący depolaryzację wszystkich innych komórek mięśnia sercowego, a w efekcie – jego skurcz. Fala depolaryzacyjna rozchodzi się z prawego przedsionka do przedsionka lewego na tyle szybko, że oba przedsionki kurczą się praktycznie równocześnie.

Przedsionki i komory są od siebie elektrycznie odizolowane tkanką łączną, pełniącą w tym przypadku taką samą funkcję, co izolacja na przewodzie elektrycznym. Depolaryzacja przedsionków nie wpływa więc bezpośrednio na zachowanie komór. W prawym przedsionku istnieje inne grupa komórek, zwana węzłem przedsionkowo-komorowym (lub węzłem AV), który przewodzi depolaryzację w dół do komór serca specjalną wiązką włókien przewodzących (zwanych pęczkiem Hisa). Ściana mięśni komór zawiera włókna Purkiniego, specjalny system włókien mięśniowych powodujący niemal równoczesną depolaryzację wszystkich części komór. W przebiegu tego zjawiska daje się wyodrębnić niewielkie opóźnienie, skutkujące

krótką przerwą w czasie między skurczem przedsionków a skurczem komór. Ponieważ komórki mięśnia sercowego są ze sobą połączone, wspomniana fala depolaryzacji, skurcz i repolaryzacja rozchodzą się po wszystkich połączonych ze sobą mięśniach serca.

Gdy część serca jest spolaryzowana, a sąsiadująca z nią część jest zdepolaryzowana, wytwarza się płynący przez ciało prąd elektryczny. Prąd ten jest największy w momencie, gdy połowa połączonych części serca jest spolaryzowana, a sąsiednia połowa nie jest, maleje natomiast, gdy stosunek tkanek spolaryzowanych do niespolaryzowanych wynosi mniej niż jeden do jednego. Zmiany jego natężenia można zmierzyć, wzmocnić i rozrysować w czasie. Wykres EKG przedstawia sumę wszystkich potencjałów czynnościowych serca wykrywanych na powierzchni ciała. Nie jest on więc bezpośrednim zapisem mechanicznych skurczów serca.

Impuls powstający w węźle SA powoduje skurcz przedsionków, wciskając krew do komór. Krótko potem następuje skurcz komór, spowodowany sygnałem, który dociera do nich z przedsionków. Krew opuszcza więc komory przez aorty i arterię płucną. Polaryzacja komórek mięśnia sercowego wraca do normalnej i cykl serca rozpoczyna się od nowa.




## Elektrokardiogram

Elektrokardiogram (EKG) to graficzny zapis aktywności elektrycznej serca. Jest ona przedstawiona w formie powtarzającej się sekwencji złożonej z kilku różnych kształtów fal. Zaczyna się ona od linii płaskiej zwanej linią izoelektryczną. Wszelkie wychylenie od niej jest wyrazem aktywności elektrycznej.

Pięć głównych wychyleń na zapisie EKG przedstawiającym prawidłowe działanie serca opisuje się literami P, Q, R, S i T. Jeden cykl serca jest reprezentowany przez grupę wychyleń, rozpoczynającą się od wychylenia (inaczej, załamka) P, po którym następuje zespół QRS, a po nim – kończący cykl – załamek T. Załamek P przedstawia depolaryzację przedsionków i wiąże się z ich skurczem. Zespół QRS składa się z trzech załamków. Pierwszy z nich to ujemny załamek Q, po którym następuje dodatni załamek oznaczany literą R. Zespół kończy się ujemnym załamkiem S. Zespół QRS obrazuje depolaryzację mięśnia komór i wiąże się z ich skurczem. W tym samym czasie następuje repolaryzacja przedsionków, przez co nie jest on uchwytny w formie osobnego załamka na zapisie EKG. Ostatnim załamkiem cyklu jest załamek T. Zwykle dodatni, jest on wyrazem repolaryzacji komór.

Energia elektryczna jest także wytwarzana przez mięśnie szkieletowe, których aktywność (w przypadku wystąpienia) można zauważyć na wykresie EKG w formie artefaktów (pojawiających się na przykład w wyniku poruszenia ręką podczas badania EKG). Sekwencja załamków od P do T odpowiada jednemu cyklowi serca. Liczba cykli na minutę nazywana jest tętnem i zmierzona w spoczynku przeważnie wynosi 70-80 uderzeń na minutę (bpm). Oto kilka typowych czasów trwania poszczególnych segmentów cyklu na wykresie EKG:

odstęp P-R: od 0,12 do 0,20 sekundy

odstęp QRS: poniżej 0,1 sekundy

odstęp Q-T: poniżej 0,38 sekundy

Zarówno tempo oddychania, jak i objętość powietrza wymieniana w trakcie każdego oddechu znacząco wzrastają podczas intensywnych ćwiczeń fizycznych, gdy ciało domaga się dodatkowej energii, którą może zdobyć jedynie przez pozyskanie większej niż normalnie porcji tlenu.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik EKG
- 3 elektrody EKG

## Przygotowanie wyposażenia

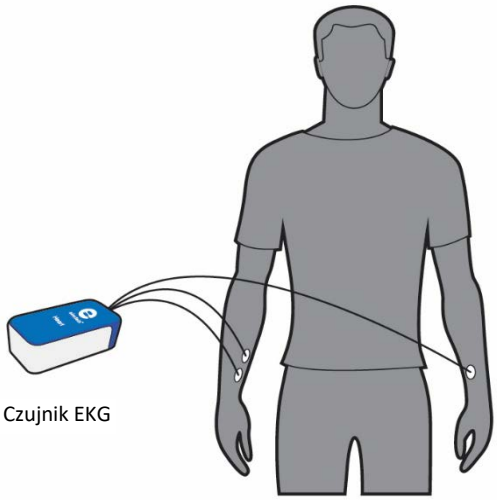
1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujnik EKG i spirometr do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujnik EKG oraz spirometr.

## Ustawienie czujników

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

| **EKG (0 - 5 V)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | 100 pomiarów na sekundę |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 50 sek. |

## Procedura

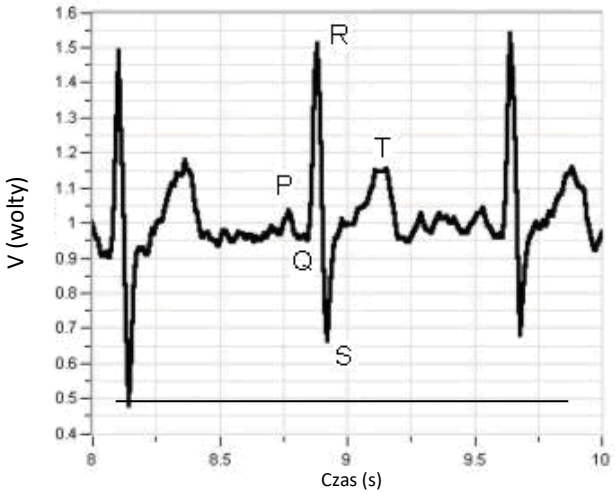



**Rys. 2**

1. Załóżcie osobie, na której wykonywane jest doświadczenie, elektrody EKG:
2. ponieważ sygnał elektryczny wytwarzany przez serce i wykrywany na powierzchni ciała jest bardzo słaby, niezwykle ważne jest, aby każda z elektrod dobrze przylegała do skóry. Wyszorujcie miejsca na skórze, w których mają być umieszczone elektrody, aby oczyścić je z martwego naskórka i tłuszczu.
3. Odklejcie papier zabezpieczający ze wszystkich trzech elektrod samoprzylepnych.
4. Umieśćcie każdą z nich na wewnętrznej powierzchni rąk (od strony tułowia), widocznymi na ich brzegach wypustkami do dołu. W ten sposób kabel każdego czujnika będzie swobodnie zwisać i nie będzie swoim ciężarem zawijać i odklejać brzegu elektrody.
5. Pierwszą elektrodę umieśćcie i silnie dociśnijcie na prawym nadgarstku (zob. Rys. 2).
6. Drugą – kilka centymetrów powyżej pierwszej.
7. Trzecią – po wewnętrznej stronie lewego nadgarstka.
2. Podłączcie małe zaciski szczękowe trzech kabli czujnika do wypustek na brzegach elektrod.
    a. Podłączcie dwa kable oznaczone skrótem R.A. (ang. right arm) do elektrod przyklejonych na prawej ręce.
    b. Podłączcie kabel oznaczony skrótem L.A. (ang. left arm) do elektrody przyklejonej na lewej ręce.
3. Osoba z elektrodami powinna przyjąć wygodną pozycję, aby nie czuła potrzeby jej zmieniania ani poruszania się podczas pomiaru. Elektrody są bardzo wrażliwe na ruch.
4. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
5. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).
6. Wykonajcie dowolne ćwiczenie fizyczne, po czym powtórzcie kroki 3-5.

## Analiza danych

1. Zmierzcie parametry EKG zarówno *w spoczynku*, jak i *po wysiłku fizycznym*.




**Rys. 3**

Za pomocą kursorów sprawdźcie następujące wartości (zob. Rys. 3):

| Parametr | Czas – spoczynek (s) | Czas – wysiłek (s) | Czas – typowo (s) |
|---|---|---|---|
| **P-R** | | | od 0,120 do 0,200 |
| **QRS** | | | poniżej 0,100 |
| **Q-T** | | | poniżej 0,380 |

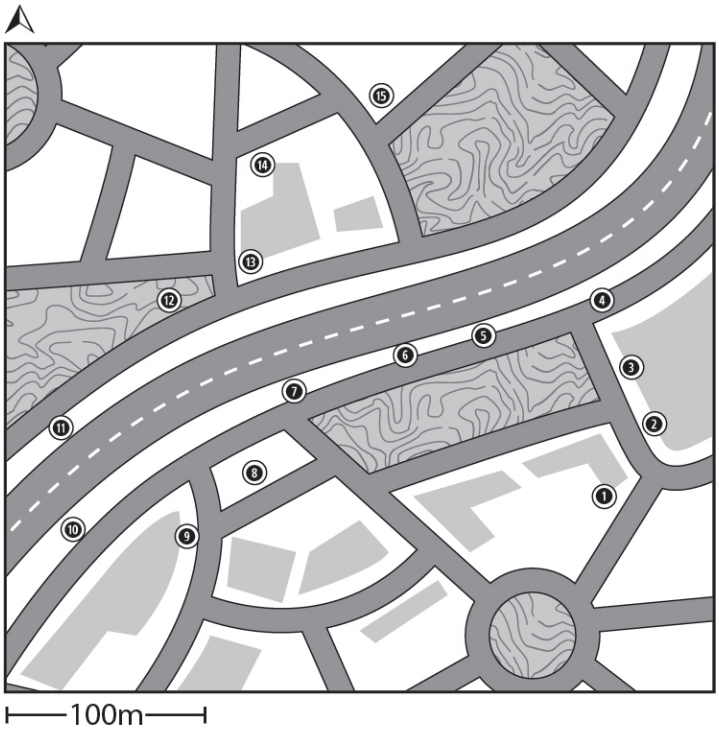
2. Jakie wnioski wyciągacie z wyników pomiaru?

## Więcej pomysłów

1. Porównajcie własne EKG i parametry oddechu zmierzone w różnych pozycjach ciała (na stojąco, na siedząco, na leżąco).
2. Porównajcie własny zapis pomiaru z wynikami kilku kolegów i koleżanek i poszukajcie różnic. Uważajcie, aby nie przemęczyć się podczas wykonywania tego doświadczenia.

Rozdział 24

# Wpływ gęsto zamieszkanych obszarów miejskich na mikroklimat




**Rys. 1: Trasa i przystanki na planie parku**

## Wstęp

Gęsto zamieszkane obszary miejskie często są *wyspami ciepła*: miejscami o nieprzyjemnym mikroklimacie, charakteryzującym się podwyższoną temperaturą lokalną i intensywniejszym promieniowaniem. Efekt ten jest dodatkowo wzmacniany między innymi przez duży ruch uliczny. Skupiska roślinności obniżają temperaturę i zwiększają wilgotność względną, dlatego obecność parków i obszarów zielonych w miastach znacząco poprawia panujące w nich warunki klimatyczne, zwłaszcza w gorących częściach świata. W ramach tego doświadczenia porównamy temperaturę i wilgotność względną obszaru miejskiego o dużym natężeniu ruchu ulicznego z miejskim parkiem.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik temperatury (od -40°C do 140°C)
- Czujnik wilgotności
- Klatka meteorologiczna
- Drewniany lub plastikowy słupek o długości 180 cm
- Dokładny plan lub mapa obszaru, na którym będzie prowadzone doświadczenie

## Przygotowanie wyposażenia

1. Umieśćcie czujnik wilgotności i czujnik temperatury w klatce meteorologicznej.
2. Zamocujcie ją na czubku słupka.
3. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
4. Podłączcie czujnik wilgotności i czujnik temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
5. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujnik wilgotności oraz czujnik temperatury.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Wilgotność** | |
| Częstotliwość pomiarów: | 10/sek. |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 1 sek. |
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | 10/sek. |
| Liczba pomiarów: | 1 sek. |

## Procedura

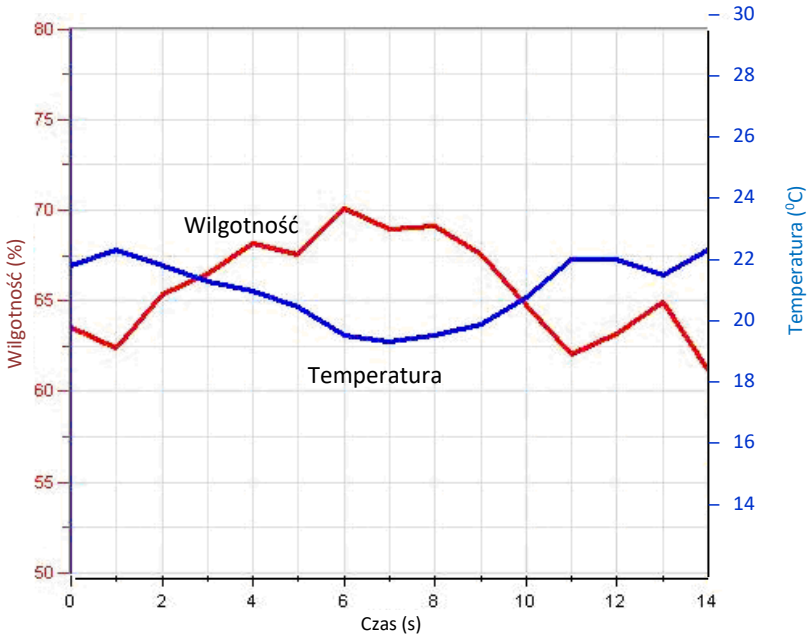
1. Wybierzcie co najmniej dwa miejsca na przedmieściach miasta lub nad brzegiem morza.
2. Wytyczcie na mapie trasę przebiegającą przez obszary silnie zurbanizowane znajdujące się po obu stronach obszaru z dużą ilością zieleni oraz przez środek tegoż obszaru zielonego. Nie musi ona przebiegać po linii prostej. Może, na przykład, pokrywać się z przebiegającą w pożądany sposób drogą. W obszarze zielonym wytyczona trasa powinna jednak przecinać strefy zajmowane przez różne rodzaje roślinności, na przykład przez otwarte obszary trawiaste, a następnie w cieniu przez pobliskie skupisko drzew (Rys. 1).

3. Na całej trasie wyznaczcie 15 miejsc, w których będziecie mogli wykonać pomiary. Powinny być one od siebie oddalone o mniej więcej równe odległości i znajdować się w bardzo różnych rodzajach krajobrazu (tj. część z nich powinna znajdować się na obszarze gęstej zabudowy miejskiej, a część – na obszarze zielonym).
4. Dotknijcie polecenia **Start** ( ) aby włączyć rejestrowanie danych.
5. Dane będą zbierane ręcznie: Dotknijcie polecenia **Start** na głównym pasku narzędzi za każdym razem, gdy zechcecie odnotować pomiar danych.
6. Przed wykonaniem pierwszego pomiaru odczekajcie 60 sekund.
7. Przejdźcie do *Punktu pomiarowego nr 2.* Odczekajcie 60 sekund przed wykonaniem drugiego pomiaru. Dotknijcie polecenia **Start** ( ).
8. Powtórzcie tę procedurę dla każdego miejsca, które wybraliście na punkt pomiarowy. Za każdym razem odczekajcie 60 sekund i wybierzcie polecenie **Start** ( ), aby zapisać kolejny odczyt.
9. Po zapisaniu pomiaru w ostatnim punkcie pomiarowym, dotknijcie polecenia **Stop** ( ), kończąc tym samym rejestrowanie danych.
10. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

Niżej przedstawiamy przykładowy wykres uzyskany w tym doświadczeniu (czerwona linia przedstawia wyniki pomiaru wilgotności, niebieska – temperatury):




**Rys. 2**

1. Porównajcie krzywą wilgotności względnej z krzywą temperatury. Czy daje się między nimi zauważyć jakaś zależność?

2. Przeanalizujcie wartości temperatury i wilgotności względnej w każdym *punkcie pomiarowym*, uwzględniając jego charakterystykę, tj. czy jest on położony na ulicy otoczonej wysokimi budynkami, przy ruchliwym skrzyżowaniu, ulicy głównej, drodze lokalnej, rozległym trawniku, wśród drzew itd.
3. Porównajcie wyniki uzyskane w różniących się od siebie miejscach.

## Pytania

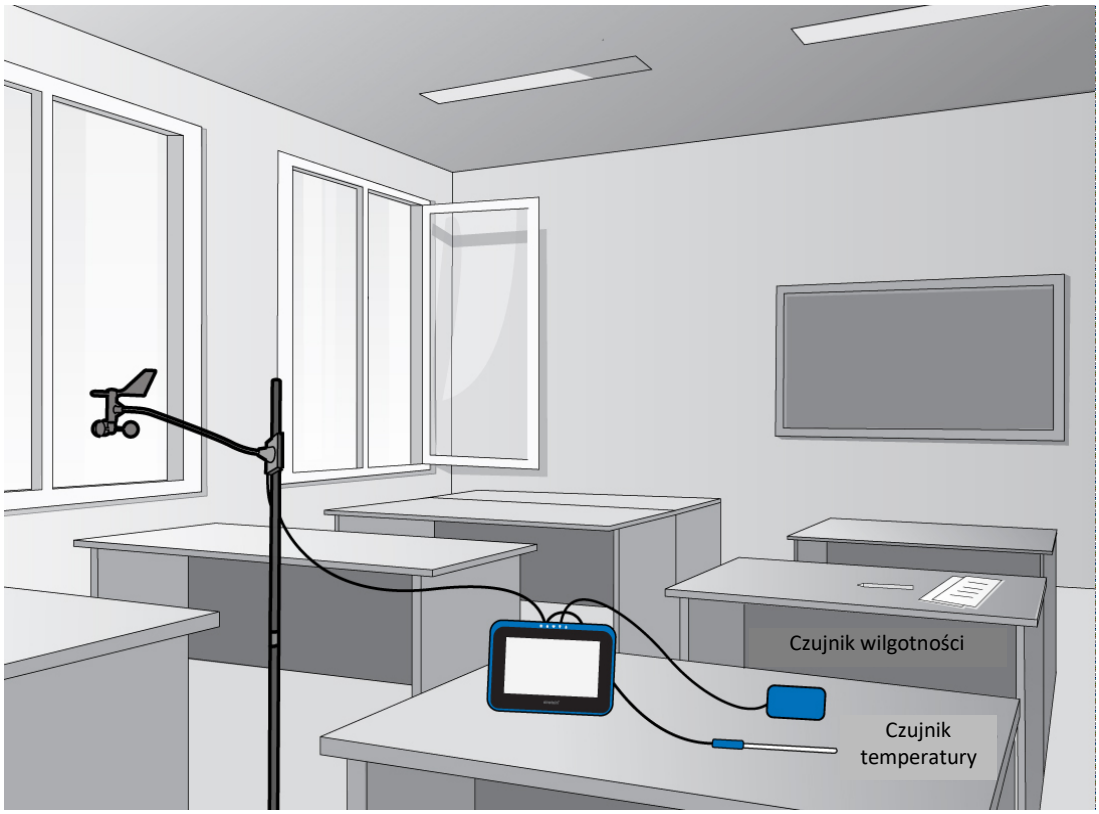
1. Jakie cechy punktów pomiarowych wyznaczonych w gęsto zabudowanych i zamieszkanych obszarach miejskich wpływają na panującą w nich temperaturę i wilgotność względną? Weźcie pod uwagę kierunek przebiegu ulic, materiały, z których wykonano nawierzchnię jezdni i chodników, obecność wiatru od strony morza itp.
2. W jaki sposób duży ruch uliczny wpływa na temperaturę i wilgotność względną?
3. Omówcie wpływ parków miejskich na klimat w znajdujących się w ich bezpośrednim sąsiedztwie obszarach zurbanizowanych. Porównajcie go z warunkami klimatycznymi panującymi w obszarach miasta położonych dalej od parków.
4. Jakie różnice w temperaturze i wilgotności względnej dostrzegliście między obszarami o różnym zagospodarowaniu terenu w obrębie miejskiego parku, na przykład między terenem piaszczystym, trawiastym, zaroślami, pod wysokimi drzewami, w miejscach gęsto zadrzewionych? Który rodzaj krajobrazu pozwala najlepiej wykorzystać zdolność zieleni miejskiej do obniżania temperatury?
5. Dlaczego władzom miejskim opłaca się inwestować w obszary zielone lub w ograniczanie ruchu w obszarach miejskich? Jak wytłumaczylibyście opłacalność takich inwestycji, korzystając z argumentów dotyczących komfortu klimatycznego? Jakie inne argumenty za rozbudową terenów zielonych i ograniczaniem ruchu ulicznego możecie zaproponować?

## Więcej pomysłów

1. Zastąpcie w doświadczeniu czujnik temperatury wewnątrz klatki meteorologicznej termoelementem TC-K i zmieńcie częstotliwość rejestrowania danych na 1 pomiar na sekundę. Pozwoli to natychmiastowo rejestrować zmiany temperatury i umożliwia, na przykład, pomiar temperatury w pobliżu przystanków komunikacji miejskiej, gdzie będzie się ona zmieniać podczas przyjazdów i odjazdów autobusów.
2. Zastąpcie w doświadczeniu czujnik temperatury wewnątrz klatki meteorologicznej termoelementem TC-K i zmieńcie częstotliwość rejestrowania danych na 1 pomiar na sekundę. Powoli idąc, zatrzymajcie się w drzwiach klimatyzowanego sklepu. Podejdźcie bliżej otworu wentylacyjnego klimatyzatora. Jaki wpływ takie rozwiązania mogą mieć na temperaturę na ulicy?
3. Zmierzcie różnicę temperatur między zacienioną a nasłonecznioną stroną ulicy.
4. Porównajcie wyniki pomiarów wykonanych na tej samej trasie i w tych samych punktach pomiarowych o różnych porach roku i porach dnia.

Rozdział 25

# Wpływ naturalnej wentylacji na klimat wewnątrz budynków




**Rys. 1: Stacja meteorologiczna umieszczona w odpowiedniej sali lekcyjnej**

## Wstęp

Jednym z czynników wpływających na klimat wewnątrz pomieszczeń jest ich wentylacja. Zależy ona od prędkości wiatru na zewnątrz budynku oraz od wielkości i rozmieszczenia otworów wentylacyjnych, na przykład drzwi i okien. Skuteczna naturalna wentylacja może obniżyć panującą w budynku temperaturę i poprawić jego komfort oraz jakość panującego w nim klimatu. W tym doświadczeniu zbadacie właśnie wpływ naturalnej wentylacji.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Czujnik temperatury (zakres: od -40°C do 140°C)
- Czujnik wilgotności
- Anemometr (czujnik prędkości wiatru)

## Przygotowanie wyposażenia

1. Wybierzcie salę lekcyjną posiadającą co najmniej dwa otwory (okna, drzwi) znajdujące się na przeciwnych ścianach. Najlepiej, aby jeden z nich był skierowany w kierunku, z którego najczęściej wieje wiatr.
2. Umieśćcie czujniki pośrodku klasy.
3. Zamocujcie je na wysokości ok. 1 - 1,5 metra nad podłogą.
4. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
5. Podłączcie czujnik wilgotności, czujnik temperatury i anemometr do złączy tabletu einstein™ Tablet lub zestawu czujników einstein™ LabMate.
6. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w sekcji **Pomiary** zaznaczony jest wyłącznie czujnik wilgotności, czujnik temperatury i anemometr.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Wilgotność** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 min |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 6000 sek. |
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 1 min |
| Liczba pomiarów: | 6000 sek. |

## Procedura

2. Pozostawcie drzwi i okna klasy zamknięte przez co najmniej godzinę przed rozpoczęciem rejestrowania pomiarów.
3. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
4. Po upływie połowy godziny otwórzcie drzwi i okna.
5. Odczekajcie kolejne czterdzieści minut, po czym dotknijcie polecenia **Stop** ( ), co przerwie rejestrowanie danych.
6. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Za pomocą kursorów zbadajcie przebieg nakreślonych przez program krzywych badanych parametrów klimatycznych i odpowiedzcie na następujące pytania:
    a. Do którego momentu parametry te zachowywały się stabilnie?
    b. Jak zmieniał się przebieg każdej z krzywych?

   c. Na których etapach doświadczenia zmiany w przebiegu krzywych były największe?
   d. Które krzywe ustabilizowały się i kiedy?
2. Obliczcie poziom stresu cieplnego wewnątrz klasy zgodnie z definicją wskaźnika stresu cieplnego (HSI): (temperatura termometru suchego + temperatura termometru mokrego)/2, w dwóch punktach w czasie: 1) przed przewietrzeniem sali, 2) po jej przewietrzeniu.

## Pytania

1. Jaki wpływ temperatura ma na wilgotność?
2. Jaki wpływ ma wentylacja na temperaturę i stres cieplny wewnątrz pomieszczenia?
3. Czego można dowiedzieć się z tego doświadczenia na temat wpływu wentylacji na klimat w pomieszczeniach?
4. Na ile naturalna wentylacja jest w stanie obniżyć temperatury wewnątrz pomieszczeń?
5. Ile czasu zajmuje wentylacji obniżenie temperatury?
6. Która klasa w Waszej szkole lub uczelni jest najlepiej usytuowana w całym budynku pod względem jej właściwości wentylacyjnych?
   Wyjaśnijcie, dlaczego tak uważacie.
7. Jaki jest związek między prędkością przepływu powietrza (wentylacji) a wskaźnikiem stresu cieplnego (HSI)?

## Więcej pomysłów

1. Przeprowadźcie pomiary równocześnie w dwóch salach lekcyjnych, różniących się kierunkami geograficznymi ścian, w których znajdują się okna i drzwi i porównajcie wyniki. Korzystając z wyników pomiarów spróbujcie sformułować ogólne zalecenia na temat orientacji i wielkości drzwi i okien w salach lekcyjnych, umożliwiających stworzenie najbardziej komfortowych warunków klimatycznych? Na przykład: na ścianie zwróconej w którym kierunku geograficznym powinny znajdować się największe okna?
2. Zmierzcie temperaturę na zewnątrz i zbadajcie zależność między klimatem panującym na zewnątrz budynku i w klasie, z wentylacją i bez. Gdzie i kiedy temperatura jest najwyższa? Gdzie i kiedy stres cieplny jest największy?

Rozdział 26

# Badanie izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych budynku

## Wstęp

Przegrody zewnętrzne to fizyczne przegrody oddzielające środowisko wewnątrz budynku od warunków panujących na zewnątrz; innymi słowy – to po prostu ściany zewnętrzne i dach budynku. Temperatura wewnątrz budynku zależy od tego, ile promieniowania słonecznego przegrody te są w stanie zaabsorbować. Wpływa na to kolor i rodzaj materiałów użytych do ich zbudowania. W tym doświadczeniu zbadacie wpływ typu i koloru użytych materiałów budowlanych na temperaturę wewnętrzną i zewnętrzną trzech ścian.

## Sprzęt

- Do zbadania każdej ze ścian potrzebne będzie następujące wyposażenie:
- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- Dwie termopary (zakres: od 0 do 1200 °C)
- Biała taśma klejąca

## Przygotowanie wyposażenia

Uwaga: Jeżeli macie do dyspozycji tylko jedno urządzenie einstein™ LabMate, to doświadczenie można również przeprowadzić kolejno na trzech różnych ścianach. Wówczas należy jednak rozłożyć je na 3 różne dni, gdyż za każdym razem powinno być przeprowadzone o podobnej porze dnia i w podobnych warunkach pogodowych.

To długie doświadczenie, zadbajcie więc o podłączenie urządzenia einstein™ LabMate™ kablem USB ze źródłem zasilania.

1. Wybierzcie trzy przegrody zewnętrzne budynku, z których każda jest wykonana z innego materiału (np. jedna z betonu, druga z cegły, trzecia z płyty gipsowej itp.) lub – jeżeli są wykonane z tego samego materiału – z których każda ma po zewnętrznej stronie inny kolor. Wszystkie trzy ściany muszą być zwrócone w tym samym kierunku geograficznym. Upewnijcie się też, że wewnątrz budynku (w pomieszczeniach, w których prowadzony będzie pomiar - przyp. tłum.) nie działa żadna instalacja regulująca temperaturę (centralne ogrzewanie/klimatyzacja).
2. Umieśćcie po jednej termoparze pośrodku wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni każdej z badanych ścian. Przymocujcie je do ścian za pomocą białej taśmy klejącej.
3. Podłączcie kabel USB do złącza USB urządzenia einstein™LabMate.
4. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
5. Podłączcie obie termopary do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™LabMate.
6. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko termoparę.

## Ustawienie czujników

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

| **Termopara (od 0°C do 1200°C)** | |
|---|---|
| Częstotliwość pomiarów: | Co 10 min |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 60000 sek. |

Procedura

1. Wybierzcie polecenie **Start** ( ), rozpoczynając w ten sposób rejestrowanie danych.
2. Po sześciu godzinach wybierzcie polecenie **Stop** ( ), co przerwie rejestrowanie pomiarów.
3. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).
4. Powyższa procedura pozwala zmierzyć temperaturę tylko jednej ściany. Należy ją powtórzyć w przypadku każdej kolejnej ściany, na której chcecie przeprowadzić pomiar.

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Na każdym z trzech uzyskanych wykresów oznaczcie krzywe pomiaru dokonanego we wnętrzu i na zewnątrz budynku:
    a. Wybierzcie daną krzywą kursorem.
    b. Wybierzcie **Nowa notatka** i w polu tekstowym **Edytuj podpis** wprowadźcie nazwę krzywej. Następnie wybierzcie **OK**.
2. Przeanalizujcie wykresy za pomocą kursorów.
3. Odpowiedzcie na następujące pytania w odniesieniu do każdego uzyskanego wykresu:
    a. Która powierzchnia ściany (wewnętrzna czy zewnętrzna) miała najniższą temperaturę?
    b. Która powierzchnia ściany (wewnętrzna czy zewnętrzna) miała najwyższą temperaturę?
    c. Która krzywa wykazała największą amplitudę zmian temperatury?
    d. Czy zmiany temperatury (lokalne maksima i minima, czyli wierzchołki i dołki wykresu) występowały na obu krzywych (dotyczących powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej ściany) równocześnie?
    e. Ile wynosi najmniejsza różnica temperatur między obiema krzywymi?
    f. Ile wynosi największa różnica temperatur między obiema krzywymi?
    g. Ile wynosi średnia różnica temperatur między obiema krzywymi?

## Pytania

1. Który materiał budowlany jest najlepszym izolatorem? Na jakiej podstawie wyciągnęliście ten wniosek?

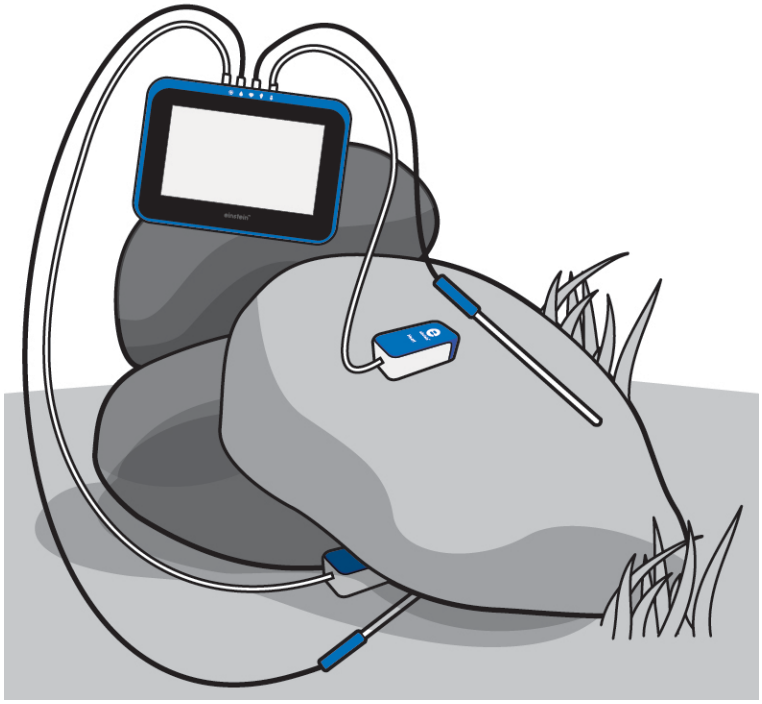
2. Na podstawie uzyskanych wyników powiedzcie, na jaki kolor zalecacie malować ściany zewnętrzne budynków znajdujących się w ciepłych strefach klimatycznych?
   A na jaki – w zimnych? Wyjaśnijcie, na jakiej podstawie wyciągnęliście ten wniosek.
3. Na podstawie uzyskanych wyników powiedzcie, który z czynników, które należy uwzględnić przy wyborze najlepszej izolacji termicznej, jest ważniejszy: rodzaj materiału budowlanego, z którego wykonane są przegrody zewnętrzne budynku, czy kolor ich zewnętrznej powierzchni?
4. Jakie inne zalecenia możecie sformułować na temat najlepszej konstrukcji (pod względem doboru materiałów i koloru) przegród zewnętrznych dla różnych stref klimatycznych?

## Więcej pomysłów

1. Przeprowadźcie powyższe doświadczenie na przegrodach zewnętrznych wykonanych na jednym rodzaju materiałów budowlanych, pomalowanych na różne kolory (na przykład na biało, czarno i zielono), a następnie porównajcie wyniki z pomiarami wykonanymi na ścianach wykonanych z różnych materiałów, ale o tym samym kolorze powierzchni.
2. Przeprowadźcie doświadczenie na trzech ścianach wykonanych z tego samego materiału, ale różniących się grubością. Jaki wpływ na termiczne właściwości izolacyjne ma grubość ścian?
3. Prowadźcie pomiary w ramach powyższego doświadczenia przez 24 godziny i przeanalizujcie zachowanie termiczne ściany w pełnym cyklu dobowym.
4. Prowadźcie pomiary w ramach powyższego doświadczenia w różnych porach roku i przeanalizujcie zależność zachowania termicznego ściany w od pory roku.

Rozdział 27

# Pomiar parametrów abiotycznych środowiska pod kamieniem za pomocą czujników światła i temperatury



**Rys. 1**

## Wstęp

Gdy odwrócicie przydrożny kamień, odkryjecie świat tętniący życiem: prawdopodobnie znajdziecie pod nim organizmy różnych klas i rodzin, w tym robaki, stawonogi itp. Kamień skutecznie odcina przykrywany sobą obszar od otoczenia, tworząc w ten sposób środowisko o względnie stabilnych parametrach abiotycznych. Trzy główne parametry abiotyczne wpływające na wszystkie żywe organizmy to temperatura, wilgotność i światło. Natężenie promieniowania słonecznego zmienia się w cyklu dziennym i rocznym wraz ze zmianami położenia słońca.

To właśnie padające na kamień promieniowanie i owiewające go wiatry są głównym źródłem wahań temperatury i wilgotności w samym kamieniu, pod nim i wokół niego. W tym doświadczeniu posłużycie się czujnikami do przeprowadzenia w terenie pomiarów, które umożliwią porównanie warunków temperaturowych i oświetleniowych pod kamieniem i na jego powierzchni.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- 2 czujniki światła (trójzakresowe)
- 2 czujniki temperatury (od -40°C do 140°C)
- Taśma klejąca
- Miara taśmowa

## Przygotowanie wyposażenia

**Uwaga:** To doświadczenie przeprowadzicie w terenie - z dala od gniazdek elektrycznych i zestaw czujników einstein™ LabMate będzie zasilany wyłącznie z własnej baterii. Pamiętajcie więc o pełnym jej naładowaniu przed wyruszeniem w teren.

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki światła i czujniki temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujniki światła oraz czujniki temperatury.

**Uwagi**: Zależnie od strefy klimatycznej, w której żyjecie, w środowisku, w którym będziecie prowadzić badania, mogą żyć potencjalnie niebezpieczne zwierzęta, na przykład jadowite węże lub pająki. Zachowajcie ostrożność.
Nie umieszczajcie czujnika światła pod kamieniem.
Pozostawiając urządzenie einstein™ LabMate i komputer w terenie zadbajcie o ich bezpieczeństwo.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 10 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 5000 sek. |
| **Światło (trzy zakresy)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 10 s |
| Liczba pomiarów: | 5000 sek. |

## Procedura

1. Poszukajcie miejsca do przeprowadzenia doświadczenia. Znajdźcie kamień o następujących cechach:
2. Długość i szerokość kamienia powinna mieścić się w granicach 20 – 40 cm.
3. Kamień powinien dawać się przesunąć i podnieść.
4. Najlepiej, aby w podstawie kamienia znajdowały się wklęsłości umożliwiające zmieszczenie potrzebnych czujników.
5. Kamień powinien znajdować się w miejscu bezpośrednio nasłonecznionym.
2. Odwróćcie kamień podstawą do góry i możliwie szybko umieśćcie pod nim czujnik temperatury.
3. Odłóżcie kamień z powrotem na miejsce, układając go w pierwotnym położeniu.
4. Umieśćcie czujnik światła na ziemi w pobliżu kamienia, ale nie pod nim.
5. Zamocujcie dodatkowy czujnik temperatury i czujnik światła do powierzchni kamienia. Przymocujcie je dobrze, aby nie odpadły, używając w tym celu taśmy klejącej.
6. Czujnik temperatury jest zlokalizowany na czubku próbnika. Upewnijcie się, że dotyka on powierzchni kamienia.
7. Przymocowując czujnik światła do powierzchni kamienia skierujcie go w takim kierunku, aby uzyskać jak największe odczyty.
8. Umieśćcie laptopa i urządzenie einstein™ LabMate na stabilnej powierzchni.
9. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
10. Gdy program MiLAB będzie rejestrować dane, zanotujcie następujące ważne informacje:
    a. datę i godzinę pomiarów (zostaną odnotowane automatycznie),
    b. warunki pogodowe,
    c. rodzaj stanowiska: otwarte pole, las itp.,
    d. zmiany lub zdarzenia zachodzące w czasie trwania pomiarów, np. nagłe podmuchy wiatru, przelotne opady,
       zmiany zachmurzenia i działalność zwierząt,
    e. wszelkie inne informacje mające znaczenie, takie jak niedawna wycinka drzew lub prace budowlane.
11. Po upływie od 45 minut do godziny, gdy już zbierzecie wystarczającą ilość danych pomiarowych, dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie danych.
12. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Prześledźcie przebieg zmian temperatury i natężenia światła na powierzchni kamienia i pod nim. Odczytajcie obie te wartości z wykresu za pomocą kursorów.
2. Porównajcie zmiany temperatury:
    a. pod kamieniem,
    b. na powierzchni kamienia.
3. Porównajcie zmiany oświetlenia:
    a. obok kamienia,
    b. na powierzchni kamienia.

## Pytania

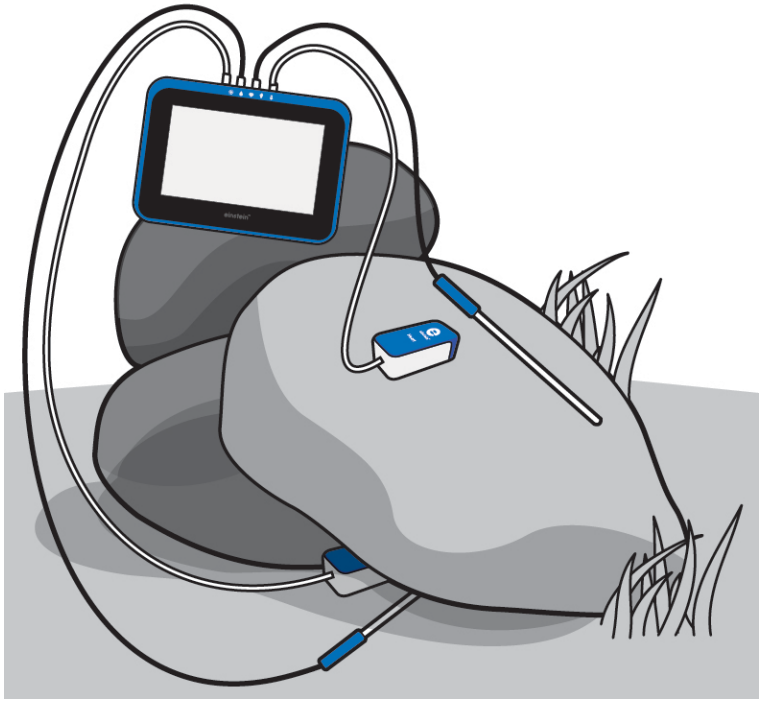
1. Czy warunki zaobserwowane pod kamieniem znacząco różnią się od panujących na jego powierzchni? Poprzyjcie swoje argumenty danymi.
2. Czy istnieje jakikolwiek związek między warunkami panującymi pod kamieniem a parametrami abiotycznymi jego otoczenia? Wyjaśnijcie, dlaczego tak uważacie.
3. Na czym polega wpływ oświetlenia na zarejestrowane podczas pomiarów zmiany temperatury i wilgotności?

## Więcej pomysłów

1. Porównajcie parametry abiotyczne zmierzone pod kamieniami znajdującymi się na różnych stanowiskach pomiarowych, np. na polach, w obszarach górskich, w lesie.
2. Porównajcie parametry abiotyczne zmierzone pod kamieniami w różnych porach roku.

Rozdział 28

# Pomiar parametrów abiotycznych środowiska pod kamieniem za pomocą czujników wilgotności i temperatury



**Rys. 1**

## Wstęp

Gdy odwrócicie przydrożny kamień, odkryjecie świat tętniący życiem: prawdopodobnie znajdziecie pod nim organizmy różnych klas i rodzin, w tym robaki, stawonogi itp. Kamień skutecznie odcina przykrywany sobą obszar od otoczenia, tworząc w ten sposób środowisko o względnie stabilnych parametrach abiotycznych. Trzy główne parametry abiotyczne wpływające na wszystkie żywe organizmy to temperatura, wilgotność i światło. Natężenie promieniowania słonecznego zmienia się w cyklu dziennym i rocznym wraz ze zmianami położenia słońca.

To właśnie padające na kamień promieniowanie i owiewające go wiatry są głównym źródłem wahań temperatury i wilgotności w samym kamieniu, pod nim i wokół niego.

W tym doświadczeniu posłużycie się czujnikami do przeprowadzenia w terenie pomiarów, które umożliwią porównanie temperatury i wilgotności pod kamieniem i na jego powierzchni.

## Sprzęt

- Tablet einstein™Tablet z oprogramowaniem MiLAB lub dowolny tablet z systemem Android /iOS z oprogramowaniem MiLAB i zestawem czujników einstein™LabMate
- 2 czujniki wilgotności
- 2 czujniki temperatury (od -40°C do 140°C)
- Taśma klejąca
- Miara taśmowa

## Przygotowanie wyposażenia

**Uwaga:** To doświadczenie przeprowadzicie w terenie - z dala od gniazdek elektrycznych i zestaw czujników einstein™ LabMate będzie zasilany wyłącznie z własnej baterii. Pamiętajcie więc o pełnym jej naładowaniu przed wyruszeniem w teren.

1. Uruchomcie aplikację MiLAB ( ).
2. Podłączcie czujniki wilgotności i czujniki temperatury do złączy tabletu einstein™ Tablet lub urządzenia einstein™ LabMate.
3. Połączcie elementy oprzyrządowania jak pokazano na Rys. 1.
4. W oknie **Ustawienie czujników** wybierzcie opcję **Ustawienia szczegółowe** i skonfigurujcie czujniki zgodnie z poniższą tabelą. Upewnijcie się, że w opcjach **Pomiary** zaznaczono tylko czujniki wilgotności oraz czujniki temperatury.

**Uwaga:** Zależnie od strefy klimatycznej, w której żyjecie, w środowisku, w którym będziecie prowadzić badania, mogą żyć potencjalnie niebezpieczne zwierzęta, na przykład jadowite węże lub pająki. Zachowajcie ostrożność.

Pozostawiając urządzenie einstein™ LabMate i komputer w terenie zadbajcie o ich bezpieczeństwo.

## Ustawienie czujników

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

| | |
|---|---|
| **Temperatura (od -40°C do 140°C)** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 10 s |
| Czas rejestrowania pomiarów: | 10000 sek. |
| **Wilgotność** | |
| Częstotliwość pomiarów: | Co 10 s |
| Liczba pomiarów: | 10000 sek. |

## Procedura

1. Poszukajcie miejsca do przeprowadzenia doświadczenia. Znajdźcie kamień o następujących cechach:
    a. Długość i szerokość kamienia powinna mieścić się w granicach 20 – 40 cm.
    b. Kamień powinien dawać się przesunąć i podnieść.
    c. Najlepiej, aby w podstawie kamienia znajdowały się wklęsłości umożliwiające zmieszczenie potrzebnych czujników.
    d. Kamień powinien znajdować się w miejscu bezpośrednio nasłonecznionym.
2. Odwróćcie kamień podstawą do góry i możliwie szybko umieśćcie pod nim czujnik temperatury. Odłóżcie kamień z powrotem na miejsce, układając go w pierwotnym położeniu.
3. Umieśćcie czujnik wilgotności na ziemi w pobliżu kamienia, ale nie pod nim.
4. Zamocujcie dodatkowy czujnik temperatury i czujnik wilgotności do powierzchni kamienia. Przymocujcie je dobrze, aby nie odpadły, używając w tym celu taśmy klejącej.
5. Czujnik temperatury jest zlokalizowany na czubku próbnika. Upewnijcie się, że dotyka on powierzchni kamienia.
6. Umieśćcie laptopa i urządzenie einstein™ LabMate na stabilnej powierzchni.
7. Dotknijcie polecenia **Start** ( ), aby rozpocząć gromadzenie danych.
8. Gdy program MiLAB będzie rejestrować dane, zanotujcie następujące ważne informacje:
    a. datę i godzinę pomiarów (zostaną odnotowane automatycznie),
    b. warunki pogodowe,
    c. rodzaj stanowiska pomiarowego: otwarte pole, las itp.
    d. zmiany lub zdarzenia zachodzące w czasie trwania pomiarów, np. nagłe podmuchy wiatru, przelotne opady,
    zmiany zachmurzenia i działalność zwierząt,
    e. wszelkie inne informacje mające znaczenie, takie jak niedawna wycinka drzew lub prace budowlane.
9. Gdy już zbierzecie wystarczającą ilość danych, dotknijcie polecenia **Stop** ( ), aby przerwać rejestrowanie pomiarów.
10. Zapiszcie dane, dotykając przycisku **Zapisz** ( ).

## Analiza danych

Więcej wskazówek na temat pracy z wykresami znajdziecie w rozdziale: „Praca z wykresami w aplikacji MiLAB”.

1. Prześledźcie przebieg zmian temperatury i natężenia światła na powierzchni kamienia i pod nim.
2. Odczytajcie obie te wartości z wykresu za pomocą kursorów.
3. Porównajcie zmiany temperatury:
    a. pod kamieniem,
    b. na powierzchni kamienia.
4. Porównajcie zmiany wilgotności:
    a. pod kamieniem,
    b. na powierzchni kamienia.

## Pytania

1. Czy warunki zaobserwowane pod kamieniem znacząco różnią się od panujących na jego powierzchni? Poprzyjcie swoje argumenty danymi.
2. Czy istnieje jakikolwiek związek między warunkami panującymi pod kamieniem i na jego powierzchni a parametrami abiotycznymi w jego otoczeniu? Wyjaśnijcie, dlaczego tak uważacie.
3. Na czym polega wpływ oświetlenia na zarejestrowane podczas pomiarów zmiany temperatury i wilgotności?

## Więcej pomysłów

1. Porównajcie parametry abiotyczne zmierzone pod kamieniami znajdującymi się na różnych stanowiskach pomiarowych, np. na polach, w obszarach górskich, w lesie.
2. Porównajcie parametry abiotyczne zmierzone pod kamieniami w różnych porach roku.

einstein™

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

www.multimediawszkole.pl

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

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