

dr Marcin M. Chrzanowski, Urszula Poziomek, PPP IBE

Temat: Wpływ czynników środowiska reakcji na aktywność enzymu¹

Wstęp

Wiedzę o enzymach i ich działaniu można uzyskać w różny sposób – czytając literaturę fachową, słuchając wykładu nauczyciela na lekcji lub też przeprowadzając badania laboratoryjne. W proponowanym materiale dydaktycznym zastosowano do tego celu metodę doświadczalną. Jest to niezwykle cenna metoda nauczania i chociaż wykorzystanie jej wiąże się z koniecznością przygotowania odpowiedniego sprzętu, odczynników i materiału badawczego oraz wymaga więcej czasu do realizacji niż metoda wykładu to pozwala budować uczniom konstrukcję wiedzy na podstawie działań własnych, połączonych z obserwacją, analizą i wnioskowaniem. Projekt dotyczy enzymu występującego powszechnie w komórkach organizmów zarówno roślinnych jak i zwierzęcych – katalazy. Substratem reakcji katalizowanej przez katalazę jest nadtlenek wodoru, który w wyniku tej reakcji ulega rozkładowi do wody i tlenu. Tlen uwalniany z wodnego środowiska reakcji można obserwować w postaci pęcherzyków (lub też obfitej piany w sytuacji wysokiego stężenia enzymu lub substratu reakcji).

Projekt może być realizowany na zajęciach z biologii, może mieć też charakter międzyprzedmiotowy ponieważ realizuje również cele i treści chemii w zakresie rozszerzonym.

Odbiorcy: uczniowie szkoły ponadgimnazjalnej, realizujący biologię (chemię) w zakresie rozszerzonym.

Odniesienie do podstawy programowej biologii

Cele: II Pogłębienie znajomości metodyki badań biologicznych. Uczeń (...) planuje, przeprowadza i dokumentuje (...) doświadczenia biologiczne, formułuje problemy badawcze, stawia hipotezy i weryfikuje je na drodze obserwacji i doświadczeń.

Treści: III Metabolizm. 1. Enzymy. Uczeń: określa czynniki warunkujące ich aktywność (obecność inhibitorów (...)).

Zalecane doświadczenia i obserwacje: Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie pokazujące aktywność wybranego enzymu.

Odniesienie do podstawy programowej chemii

Cele: III. Opanowanie czynności praktycznych. Uczeń bezpiecznie posługuje się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi; projektuje i przeprowadza doświadczenia chemiczne.

Treści: 4. Kinetyka i statyka chemiczna.

¹ Inspiracją do przygotowania materiału były *Students Worksheets OCR Biology AS Teacher Support CD* wydawnictwa Person Education Ltd 2008:

- Activity 26: *Effect of Substrate concentration on catalase activity*
- Activity 28: *Investigating the action of pH on catalase activity*
- Activity 29: *Investigating the action of an inhibitor on catalase activity*



5) *Uczeń przewiduje wpływ: stężenia substratów, obecności katalizatora, (...) na szybkość reakcji; planuje i przeprowadza odpowiednie doświadczenia;*

9) *Uczeń interpretuje wartości (...) pH (...);*

5. *Roztwory i reakcje zachodzące w roztworach wodnych. Uczeń:*

2) *Uczeń wykonuje obliczenia związane z przygotowaniem, rozcieńczaniem i zatężaniem roztworów z zastosowaniem pojęć stężenie procentowe i molowe.*

Forma organizacji pracy: grupowa

Metody pracy: laboratoryjna, dyskusja.

Czas: 2x45 minut

Przebieg zajęć

Nauczyciel formułuje problem badawczy – temat zajęć, przypomina o przestrzeganiu zasad bezpieczeństwa w czasie zajęć i konieczności skorzystania z ubrania ochronnego (szczególnie grupa I i III) - 5 minut.

Uczniowie dzielą się na grupy i zapoznają z kartami pracy i przygotowanymi zestawami do ćwiczenia a następnie przystępują do jego realizacji: 40 – 60 minut.

Po zakończeniu prac doświadczalnych i wypełnieniu kart pracy uczniowie przygotowują się do przedstawienia wyników na forum klasy – 5 minut.

Uczniowie przedstawiają wyniki, w trakcie prezentacji trwa dyskusja poświęcona w szczególności analizie różnic między wynikami różnych grup realizujących ten sam wariant badania – 15 minut.

Nauczyciel (lub wybrany/chętny uczeń²) podsumowuje zajęcia zbierając wnioski z trzech wariantów badania i zapisując je na tablicy lub flipcharcie a następnie zbiera podpisane karty pracy. – 5 minut.

Na podstawie zebranych, wypełnionych przez uczniów kart pracy oraz obserwacji ich zachowania w czasie zajęć, nauczyciel wystawia oceny po zajęciach.

Uwagi:

1. Nauczyciel powinien stale monitorować pracę uczniów, udzielać wsparcia, pomagać w razie trudności technicznych czy interpretacyjnych.

2. Każdy wynik, w szczególności taki, który odbiega od oczekiwań, powinien być dokładnie przanalizowany. Należy przedyskutować z uczniami możliwe przyczyny różnic w wynikach, takie jak niedokładność w realizacji procedury, niedokładny odczyt wyniku, wpływ warunków panujących w sali lekcyjnej itp.

3. Ważne jest, by wszystkie grupy realizujące ten sam wariant pracowały na tym samym materiale badawczym – maceracie roślinnym rozcieńczonym w tym samym stopniu wodą destylowaną. Warto zatem przygotować ten materiał dla wszystkich grup przed zajęciami.

² W tym przypadku wyboru ucznia najlepiej dokonać jeszcze przed częścią dyskusyjną zajęć.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

IBE  *entuzjaści
edukacji*

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



4. Możliwe jest wykonanie przez wszystkie grupy w danym oddziale klasowym tylko jednego wariantu badania np. dotyczącego wpływu temperatury na działanie enzymu.

Załączniki:

Karty pracy nr I, II, III.



Karta pracy nr I

imię i nazwisko ucznia

Badanie działania siarczanu(VI) miedzi(II) na aktywność enzymatyczną katalazy³

Katalaza to enzym występujący powszechnie w komórkach organizmów zarówno roślinnych jak i zwierzęcych. Substratem reakcji katalizowanej przez katalazę jest nadtlenuk wodoru, który w wyniku tej reakcji ulega rozkładowi do wody i tlenu. Tlen uwalniany z wodnego środowiska reakcji można obserwować w postaci pęcherzyków (lub też obfitej piany w sytuacji wysokiego stężenia enzymu lub substratu).

Pytanie badawcze

Hipoteza

Sprzęt i materiały

- ✓ roztwór katalazy lub macerat z zielonej pietruszki w wodzie destylowanej⁴,
- ✓ 3% nadtlenuk wodoru /woda utleniona,
- ✓ woda destylowana,
- ✓ 5 probówek z dopasowanymi gumowymi korkami z otworem, z osadzonymi w korkach rurkami gumowymi o długości wystarczającej do użycia ich w zestawie (ok. 20 cm),
- ✓ 5 cylindrów miarowych o objętości 100 cm³,
- ✓ 5 dużych zlewek, do których zmieszczą się cylindry,
- ✓ 7 strzykawek o pojemności 10 cm³,
- ✓ stoper,
- ✓ roztwory siarczanu(VI) miedzi(II) – 1M, 0,5M i 0,25M⁵
- ✓ woda destylowana – roztwór „o stężeniu 0M” (próba kontrolna),
- ✓ niewielka zlewka do płukania strzykawek i ręcznik papierowy,
- ✓ dermatograf lub marker do opisanie probówek.

Przebieg ćwiczenia

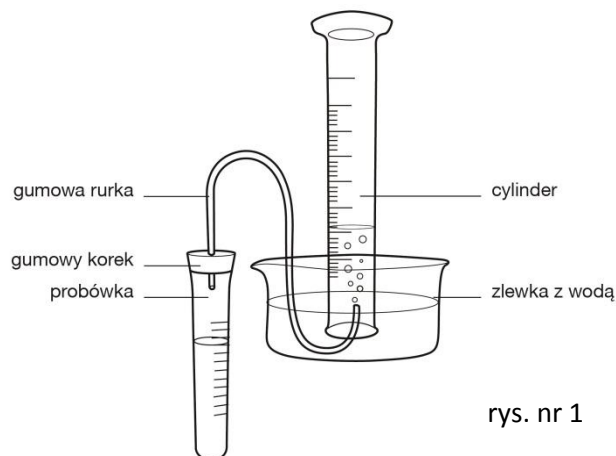
1. Przygotuj 5 cylindrów miarowych o pojemności 100 cm³, napełnij każdy z nich wodą do pełna i włóż każdy dnem do góry do dużej zlewki wypełnionej wodą. Zrób to tak, by woda pozostała w cylindrze.

³ Zasady BHP – w tym ćwiczeniu konieczne są okulary ochronne czyli zabezpieczenie na oczy oraz rękawiczki do chroniące przed poparzeniami skóry wodą utlenioną.

⁴ Macerat otrzymuje się miksując 2-3 pęczki zielonej pietruszki w niewielkiej ilości wody destylowanej lub też ucierając liście pietruszki z niewielką ilością wody destylowanej w moździerzu.

⁵ W przypadku przeprowadzania zajęć z uczniami, którzy nie wybrali realizacji rozszerzonego programu chemii należy posługiwać się stężeniami procentowymi. W tym wypadku dobre będą stężenia: 18%, 9% i 4,5%. Należy zwrócić uwagę, czy używa się białego koloru soli bezwodnej, czy pięciowodnego siarczanu(VI) miedzi(II): CuSO₄·5H₂O w postaci niebieskich kryształów. W obu przypadkach bowiem należy użyć innych mas soli celem przygotowania roztworów o żądanym stężeniu.

- Wprowadź do każdego cylindra od strony otworu zanurzonego w wodzie rurkę gumową. Koniec rurki pozostaw pod wodą. Drugi koniec rurki powinien być osadzony w gumowym korku dopasowanym do używanych w doświadczeniu probówek. Zanotuj poziom wody wewnątrz cylindra.
- Do 5 podpisanych probówek dodaj, korzystając za każdym razem z czystej strzykawki o pojemności 10 ml, po 5 ml odpowiedniego stężenia roztworu siarczanu miedzi, przygotowanego wcześniej.
- Następnie dodaj po 5 ml nadtlenu wodoru (wody utlenionej) do każdej probówki.
- Używając za każdym razem czystej strzykawki o pojemności 10 ml szybko dodawaj do każdej probówki po 1 cm³ roztworu katalazy lub po 5 cm³ maceratu roślinnego np. z zielonej pietruszki. Natychmiast zatkaaj probówkę korkiem z rurką i włącz stoper. Jest bardzo ważne, by wszystkie te czynności wykonać tak szybko, jak to możliwe.
- Drugi koniec gumowej rurki powinien znajdować się pod odwróconym do góry dnem cylindrem w zlewce wypełnionej wodą (rysunek nr 1).
- Po 15 minutach odczytaj objętość gazu zebranego w cylindrze.
- Powtórz te pomiary 3 razy dla każdego stężenia siarczanu miedzi⁶.
- Zapisz wyniki w tabeli nr 1 i oblicz średni czas pomiaru⁷ dla każdego ze stężeń siarczanu miedzi.⁸



rys. nr 1

Tabela nr 1 Wyniki badania wpływu siarczanu miedzi na aktywność enzymatyczną katalazy.

| probówka ⁹ | Stężenie siarczanu miedzi [mol/dm ³] | Objętość zgromadzonego gazu [cm ³] | Średnia objętość zgromadzonego gazu [cm ³] ¹⁰ |
|-----------------------|--|--|--|
| 1/1/1 | |/...../..... | |
| 2/2/2 | |/...../..... | |
| 3/3/3 | |/...../..... | |
| 4/4/4 | | | |

⁶ Jeśli w klasie będą co najmniej 3 grupy można uznać ich pomiary za powtórzenia prób.

⁷ Średni czas pomiaru to średnia wartość z trzech pomiarów wykonanych w trzech powtórzeniach.

⁸ Odpady zawierające jony miedzi stwarzają zagrożenie dla środowiska wodnego - *działają bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki*. Nie należy więc roztworów zawierających CuSO₄ wprowadzać do kanalizacji, tylko traktować jako odpad niebezpieczny. Roztwory powinny być magazynowane i po zebraniu większej ilości oddawane do utylizacji np. razem z innymi odpadami niebezpiecznymi z pracowni chemicznej. Odpady można oddać np. w przedsiębiorstwach zajmujących się selektywną zbiórką odpadów. Przykładem działającej w województwie mazowieckim firmy odbierającej nieodpłatnie odpady niebezpieczne jest PPUH Radkom: http://www.radkom.com.pl/radkom/zbiorka_odpadow/odpady_niebezpieczne/320,1.htm

⁹ Powtórzenia

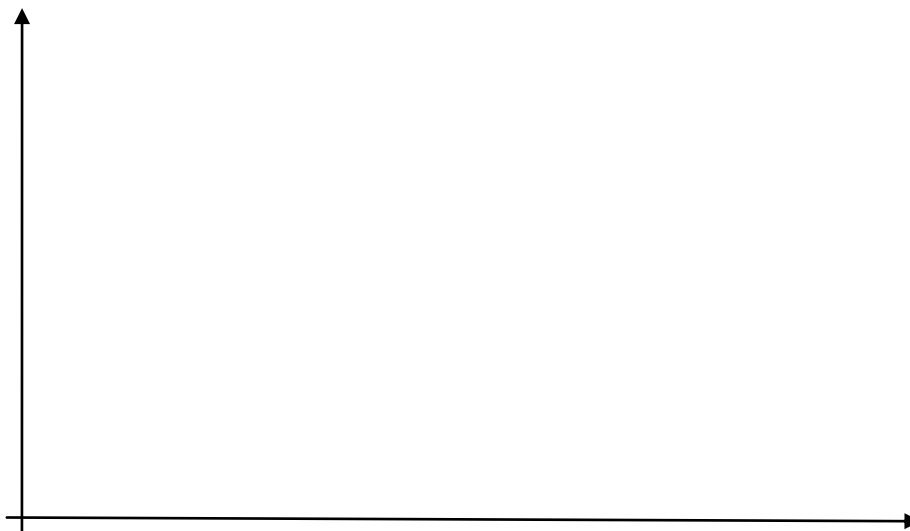
¹⁰ Obliczona na podstawie wyników powtórzeń lub wyników grup wykonujących to samo ćwiczenie.



| | | | |
|-------|--|-------------------|--|
| | |/...../..... | |
| 5/5/5 | |/...../..... | |

Wykres nr 1

Zilustruj zależność objętości gazu uwalnianego z probówek od stężenia roztworu siarczanu(VI) miedzi(II). W tym celu opisz i wyskaluj osie i wybierz odpowiedni typ wykresu.



Analiza wyników

1. Opisz zależność między zmiennymi przedstawioną na wykresie nr 1.

.....

2. Czy różne stężenia siarczanu miedzi działają w tym samym stopniu na aktywność katalazy?

.....

3. Określ, jaki wpływ na aktywność katalazy ma siarczan(VI) miedzi(II).

.....

4. Zastanów się i wyjaśnij, dlaczego siarczan miedzi działa w opisany przez Ciebie sposób na aktywność katalazy.

.....

5. Dlaczego w tym doświadczeniu nie używa się termometru, choć powszechnie wiadomo, że aktywność enzymów zależy od temperatury otoczenia?

.....



Ewaluacja ćwiczenia

Który punkt procedury doświadczalnej – Twoim zdaniem – stanowi jej główne ograniczenie i zastanów się, czy i jak może on wpływać na wyniki.

.....
.....

Czy i w jaki sposób można zredukować to ograniczenie i uzyskać wyższą wiarygodność wyników?

.....

Praca domowa:

Poszukaj w literaturze informacji na temat rodzaju inhibicji występującej w przypadku siarczanu miedzi – czy jest to inhibicja kompetycyjna czy niekompetycyjna?¹¹

.....

¹¹ <http://www.phmd.pl/fulltxthtml.php?ICID=447468> - Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 2006; 60: 170-180, Review, Katalaza – budowa, właściwości, funkcje, Dorota Ścibior, Hanna Czczot, Katedra i Zakład Biochemii Akademii Medycznej w Warszawie.

Karta pracy nr II

imię i nazwisko ucznia

Wpływ stężenia substratu na aktywność katalazy¹²

Projekt dotyczy enzymu występującego powszechnie w komórkach organizmów zarówno roślinnych jak i zwierzęcych – katalazy. Substratem reakcji katalizowanej przez katalazę jest nadtlenek wodoru, który w wyniku tej reakcji ulega rozkładowi do wody i tlenu. Tlen uwalniany z wodnego środowiska reakcji można obserwować w postaci pęcherzyków (lub też obfitej piany w sytuacji wysokiego stężenia enzymu lub substratu).

Pytanie badawcze

Hipoteza

Sprzęt i materiały

- ✓ homogenat z korzenia selera/liści zielonej pietruszki/owocu jabłoni
- ✓ 3% nadtlenek wodoru/woda utleniona (3% nadtlenek wodoru)
- ✓ woda destylowana
- ✓ 12 probówek
- ✓ dwie strzykawki o pojemności 5 cm³
- ✓ strzykawka o pojemności 1 cm³
- ✓ bagietka do mieszania
- ✓ stoper
- ✓ szkiełka zegarkowe lub szalki Petriego – 2 sztuki
- ✓ krążki z bibuły filtracyjnej o średnicy mniejszej od średnicy używanych probówek (patrz zdjęcie)
- ✓ pęseta do wkładania krążków z bibuły do probówek
- ✓ mała zlewka i ręcznik papierowy

Fot 1 Krążki z bibuły wycięte dziurkaczem do dokumentów (źródło własne autorów)



Przebieg ćwiczenia

1. Używając jednej ze strzykawek o pojemności 5 cm³ do pobierania wody destylowanej, drugiej do pobierania nadtlenu wodoru, sporządź odpowiednie roztwory wg tabeli nr 1.

¹² Zasady BHP – w tym ćwiczeniu konieczne są okulary ochronne czyli zabezpieczenie na oczy oraz rękawiczki do chroniące przed poparzeniami skóry wodą utlenioną.



Tabela nr 1 Przygotowanie roztworów nadtlenu wodoru w odpowiednich stężeniach (objętościowych v/v)¹³:

| Nr próbówki | Stężenie procentowe nadtlenu wodoru [%] | Objętość wody [ml] | Objętość H ₂ O ₂ [ml] |
|-------------|---|--------------------|---|
| 1 | 3 | 0,0 | 10 |
| 2 | 2,25 | 2,5 | 7,5 |
| 3 | 1,5 | 5,0 | 5,0 |
| | | | |
| 4 | 0 | 10 | 0,0 |

- Napełnij każdą z probówek kolejnym roztworem nadtlenu wodoru (1-3) oraz wodą (4) i oznacz je odpowiednio.
- Używając strzykawki o pojemności 1 cm³ przenieś 1 cm³ maceratu na szkiełko zegarkowe lub szalkę Petriego i zanurz w nim trzy krążki bibuły filtracyjnej na pięć minut.
- Wyjmij po 5 minutach krążek z maceratu, otrząśnij go delikatnie i wprowadź do próbówki nr 1. Używając bagietki przemieść krążek na dno próbówki, jeśli to konieczne.
- Włącz stoper i wyłącz go w momencie, gdy krążek z bibuły zostanie wyniesiony na powierzchnię roztworu.
- Usuń krążek i powtórz tę procedurę jeszcze dwukrotnie z kolejnymi dwoma krążkami i tym samym stężeniem nadtlenu wodoru. Za każdym razem zmierz czas od momentu włożenia krążka na dno próbówki do chwili, gdy wyniesiony będzie na powierzchnię płynu.
- Usuń ze szkiełka zegarkowego materiał roślinny, wymyj szkiełko i napełnij je świeżą porcją homogenatu (1 cm³).
- Powtórz procedurę opisaną wyżej do każdego z kolejnych roztworów nadtlenu wodoru w kolejnych probówkach (po 3 do każdego stężenia).
- Zapisz wszystkie wyniki w tabeli nr 2, oblicz i zapisz średni czas reakcji dla poszczególnych stężeń nadtlenu wodoru.¹⁴

Wyniki

Tabela nr 2 Wyniki doświadczenia.

| Nr próbówki/stężenie nadtlenu wodoru [%] | Czas – I pomiar [s] | Czas – II pomiar [s] | Czas – III pomiar [s] | Średnia wartość czasu dla poszczególnych stężeń [s] |
|--|---------------------|----------------------|-----------------------|---|
| 1/3 | | | | |
| 2/2,25 | | | | |
| 3/1,5 | | | | |
| | | | | |
| 4/0 | | | | |

¹³ Tabela odnosi się do przygotowania roztworów z wody utlenionej czyli 3% nadtlenu wodoru. W przypadku zastosowania 30% nadtlenu wodoru należy dokonać odpowiednich przeliczeń co do objętości wody oraz objętości perhydrołu.

¹⁴ Roztwory po doświadczeniu, po oddzieleniu frakcji stałej, mogą zostać wylane do kanalizacji, w strumieniu wody. Frakcję stałą należy wyrzucić do kosza na odpadki komunalne.



Analiza wyników

1. Ustal, która zmienna jest w tym doświadczeniu zmienną zależną, a która zmienną niezależną. Sporządź wykres ilustrujący korelację tych dwóch zmiennych, wcześniej opisz i wyskaluj osie.



Polecenia

Opisz rezultaty przeprowadzonego doświadczenia – dokonaj analizy wyników.

1. Która z probówek zawierała próbę kontrolną – uzasadnij dlaczego.
.....
.....
2. Co jest przyczyną wznoszenia się ku powierzchni płynu bibułowych krążków w probówkach?
.....
.....
.....
3. Sformułuj **wniosek** dotyczący zależności między stężeniem substratu a szybkością reakcji enzymatycznej. Czy między tymi wielkościami występuje korelacja?
.....
.....
4. Zweryfikuj zapisaną na początku zajęć hipotezę
.....

Ewaluacja ćwiczenia

Jakiego typu ograniczenia występują w tym doświadczeniu? W jaki sposób można udoskonalić ten protokół, by zmniejszyć wpływ tych ograniczeń?

.....



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

IBE  *entuzjaści
edukacji*

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Praca domowa (opracowanie pisemne, objętość: maksymalnie 1 strona A4)

Posługując się wiedzą na temat mechanizmu działania enzymów wyjaśnij na czym polega wpływ stężenia substratu na szybkość katalizowanej przez nie reakcji. Zaznacz orientacyjnie na wykresie, w której części krzywej Michaelisa-Menten znajdują się wyniki uzyskane w doświadczeniu. Możesz skorzystać z podręcznika lub strony WWW

<http://www.polsl.pl/Wydzialy/RCh/RCh2/Documents/bioenzBkinetyka.pdf>



Karta pracy nr III

Imię i nazwisko

Badanie wpływu pH środowiska na aktywność katalazy¹⁵

Projekt dotyczy enzymu występującego powszechnie w komórkach organizmów zarówno roślinnych jak i zwierzęcych – katalazy. Substratem reakcji katalizowanej przez katalazę jest nadtlenek wodoru, który w wyniku tej reakcji ulega rozkładowi do wody i tlenu. Tlen uwalniany z wodnego środowiska reakcji można obserwować w postaci pęcherzyków (lub też obfitej piany w sytuacji wysokiego stężenia enzymu lub substratu).

Pytanie badawcze

.....
Hipoteza

.....

Sprzęt i materiały

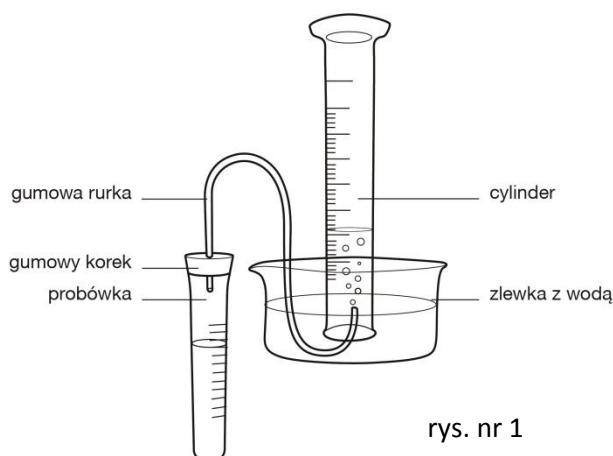
- ✓ roztwór katalazy lub przesącz maceratu roślinnego,
- ✓ 3% nadtlenek wodoru/woda utleniona
- ✓ woda destylowana,
- ✓ 5 probówek zaopatrzonych w korki gumowe z otworem i połączone z rurką gumową, szczelnie osadzoną w otworze,
- ✓ 5 cylindrów miarowych o objętości 100 cm³,
- ✓ 5 dużych zlewek wypełnionych wodą, zlewki powinny być na tyle duże by można było włożyć do każdej z nich odwrócony dnem do góry cylinder miarowy, wypełniony wodą,
- ✓ 2 strzykawki o pojemności 10 cm³,
- ✓ 5 strzykawek o pojemności 1 cm³,
- ✓ stoper,
- ✓ Bufory o odpowiedniej wartości pH (4, 5, 6, 7, 8)¹⁶,
- ✓ Mała zlewka do opróżniania strzykawek i ręcznik papierowy,
- ✓ dermatograf lub marker do opisanie probówek

Przebieg ćwiczenia

1. Napełnij wodą cylindry i wstaw je dnem do góry do zlewek, tak by były nadal całkowicie wypełnione wodą (jak na rysunku nr 1).
2. Włóż do każdego cylindra rurkę gumową (której drugi koniec jest osadzony w korku gumowym) tak, by jej końcówka była zanurzona w wodzie.

¹⁵ Zasady BHP – w tym ćwiczeniu konieczne są okulary ochronne czyli zabezpieczenie na oczy oraz rękawiczki do chroniące przed poparzeniami skóry wodą utlenioną.

¹⁶ W treściach kształcenia zapisanych w podstawie programowej przedmiotu chemia dla III oraz dla IV etapu edukacyjnego nie występują bezpośrednio zapisy dotyczące roztworów buforowych. Warto więc, aby nauczyciel wytłumaczył w kilku zdaniach do czego służą takie roztwory i po co zostaną zastosowane w eksperymencie.



rys. nr 1

- Oznacz 5 probówek odpowiednio numerami: od 4 do 8 i dodaj do każdej z nich po 1 cm^3 odpowiedniego buforu, używając za każdym razem czystej strzykawki o pojemności 1 cm^3 .
- Dodaj do każdej z probówek po 10 cm^3 wody utlenionej, używając strzykawki o odpowiedniej pojemności.
- Używając czystej strzykawki o pojemności 10 cm^3 kolejno dodaj do każdej probówki po 1 cm^3 roztworu katalazy lub przesączu z homogenatu roślinnego, **natychmiast** zamykając każdą z nich gumowym korkiem, połączonym rurką z cylindrem wypełnionym wodą i zanurzonym dnem do góry w zlewce. Włącz stoper przy pierwszej probówce.
- Pamiętaj, by końcówki rurek znajdowały się pod otworem włożonego do zlewki cylindra, tak by gaz zbierał się w cylindrze a nie ulatniał się ze zlewki.
- Zakończ zbieranie gazu w cylindrach po 15 minutach, zapisz odczyty z poszczególnych zestawów w tabeli nr 1¹⁷.

Wyniki

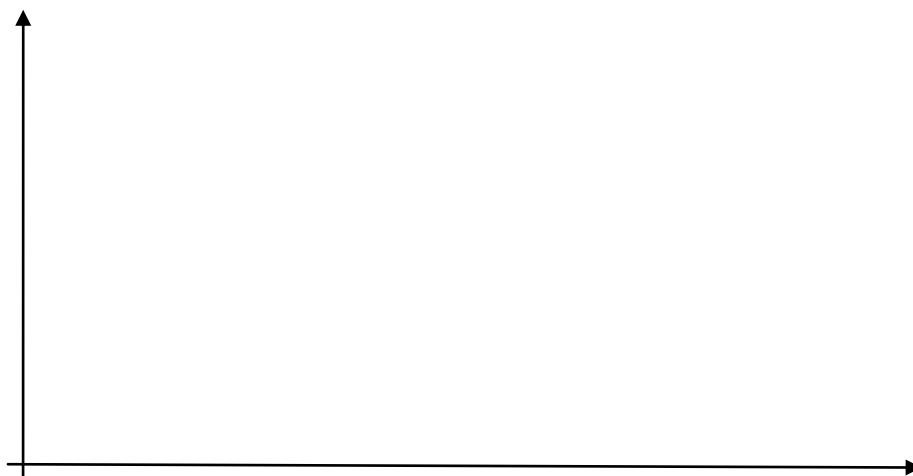
Tabela nr 1. Objętość zgromadzonego gazu w wyniku reakcji w określonym pH środowiska [cm^3]

| Probówka/wartość pH | Objętość zebranego gazu [cm^3] |
|---------------------|---|
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |

Analiza wyników

Ustal, która zmienna jest w tym doświadczeniu zależną, a która niezależną. Sporządź odpowiedni wykres ilustrujący korelację tych dwóch zmiennych, wcześniej opisz i wyskaluj osie.

¹⁷ Roztwory po doświadczeniu, po oddzieleniu frakcji stałej, mogą zostać wylane do kanalizacji, w strumieniu wody. Frakcję stałą należy wyrzucić do kosza na odpadki komunalne.



Polecenia

Opisz rezultaty przeprowadzonego doświadczenia – dokonaj analizy wyników.

1. Która z probówek zawierała próbę kontrolną – uzasadnij swój wybór.

.....
.....

2. Czy objętości gazu uwalnianego w reakcji są jednakowe czy różne przy różnych wartościach pH środowiska?

.....
.....

3. Czy wynik badania potwierdza postawioną hipotezę czy jej zaprzecza? Uzasadnij odpowiedź.

.....
.....
.....

4. Sformułuj **wniosek** dotyczący korelacji między wartością pH środowiska a aktywnością katalazy.

.....
.....

5. Porównaj wynik badania przeprowadzonego w Twojej grupie z wynikami innych grup – czy są podobne czy różne?

.....

6. Jeśli są różne, co może być tego przyczyną? W jaki sposób należy zweryfikować różniące się między sobą wyniki?

.....
.....
.....



Ewaluacja ćwiczenia

Jakiego typu ograniczenia występują w tym doświadczeniu? W jaki sposób można udoskonalić ten protokół, by zmniejszyć wpływ tych ograniczeń?

.....
.....
.....

Praca domowa (opracowanie pisemne, objętość maksymalnie 1 strona A4).

Posługując się wiedzą na temat mechanizmu działania enzymów, wyjaśnij na czym polega wpływ pH środowiska na aktywność enzymu a przez to na szybkość katalizowanej reakcji (przy stałych wartościach pozostałych parametrów). Możesz skorzystać z podręcznika i ze strony WWW

<http://pl.wikipedia.org/wiki/Enzymy#pH>