

20 doświadczeń chemicznych

Krystyna Napieraj

*Chemik jak artysta wpisuje w przyrodę produkty swej
wyobraźni. Kamień, dźwięki czy słowa kryją w sobie dzieła,
które wydobywają z nich rzeźbiarz, kompozytor i pisarz.
Podobnie chemik tworzy nowe cząsteczki, materiały
i właściwości z elementów dostarczonych przez przyrodę
- całe nowe światy, które nie istniały,
dopóki nie ukształtowały ich ręce chemika*

Jean-Marie Lehn

Jednym z celów nauczania przyrody zapisanych w *Podstawie programowej...* jest „*umożliwienie uczniowi prowadzenia obserwacji zjawisk przyrodniczych, wykonywanie prostych eksperymentów*”, w tym także eksperymentów chemicznych.

Przyroda to wielkie naturalne laboratorium, w którym ciągle coś się dzieje i zmienia. Przemiany zwane chemicznymi, zachodzą w nim bowiem nieustannie. Na lekcjach przyrody a później – na poziomie gimnazjum – chemii, uczniowie pod kierunkiem nauczyciela uczą się nie tylko obserwować zjawiska występujące w przyrodzie, ale także na podstawie obserwacji wyjaśniać zachodzące procesy. Niektóre z tych procesów mogą wywołać za pomocą ciekawych doświadczeń.

Właśnie na lekcjach przyrody uczeń po raz pierwszy ma możliwość obserwowania i wykonywania prostych eksperymentów chemicznych.

Doświadczenia chemiczne mają w sobie szczególnego rodzaju siłę przyciągania, zwłaszcza dla dzieci w wieku 10-13 lat, rozbudzają ich wyobraźnię, dostarczają przeżyć emocjonalnych.

„Magiczne pokazy” zawsze oczarowują uczniów i cieszą się dużym zainteresowaniem, wprowadzając ich powoli w fascynujący świat chemii. Będąc długoletnim nauczycielem chemii, z całą stanowczością mogę to potwierdzić. Często zdarza się, że uczniowie, którzy jeszcze nie uczą się chemii w szkole, są nią bardzo zafascynowani, sami eksperymentują w domu, przychodzą do szkolnego laboratorium chemicznego głównie po to, aby oglądać lub wykonywać ciekawe doświadczenia.

W mojej długoletniej pracy zawodowej znałam uczniów, którzy już w klasie piątej czy szóstej zostawali laureatami konkursów chemicznych.

Nauczyciele przyrody powinni być przygotowani na to, że ich uczniowie będą oczekiwać od nich wykonywania ciekawych, efektownych doświadczeń oraz tego, że także oni będą mieli możliwość takie doświadczenia wykonywać.

Celem niniejszego opracowania jest m.in. zachęcenie nauczycieli uczących przyrody do eksperymentowania na lekcjach i zajęciach pozalekcyjnych.

Dobór doświadczeń jest tak pomyślany, aby ich wykonanie było proste, bezpieczne i nie wymagało montowania zbyt skomplikowanej aparatury. Do wykonywania tych doświadczeń proponuje się wykorzystywać przede wszystkim naturalne i łatwo dostępne materiały oraz także łatwo dostępne odczynniki chemiczne. Spis takich materiałów i innych niezbędnych pomocy dydaktycznych znajduje się w pierwszej części opracowania. W większości doświadczeń znajduje się komentarz wyjaśniający przyczyny obserwowanych efektów doświadczeń.

Wiele doświadczeń przedstawionych w opracowaniu dotyczy zagadnień związanych z badaniem i ochroną środowiska przyrodniczego. Wykonując je uczeń powinien lepiej rozumieć zjawiska zachodzące w wyniku działania szkodliwych czynników chemicznych na człowieka i środowisko, a w efekcie łatwiej mu będzie oceniać stan zagrożeń tego środowiska. Dodatkowo informacje dotyczące tego problemu podane w tekście w formie „ciekawostek” powinny pobudzić ucznia do refleksji.

Komentarze do doświadczeń podane są w przystępny, opisowy i zrozumiały sposób bez stosowania trudnej – szczególnie dla nauczyciela przyrody (który nie koniecznie musi być chemikiem) – terminologii chemicznej.

Na lekcjach przyrody nie ma potrzeby wyjaśniać uczniowi przyczyn obserwowanych efektów doświadczeń, używając do tego celu języka chemicznego. Z chemią jako przedmiotem nauczania uczeń zetknie się wkrótce w gimnazjum, gdzie systematycznie poznawać będzie „tajniki” i język chemii. Zawsze jednak znajdą się uczniowie, którzy chcą wiedzieć – „co i dlaczego?”. Można wówczas bardzo umiejętnie – w pogładowy i przystępny sposób – na poziomie możliwości poznawczych ucznia dany problem wyjaśnić tak, jak zaprezentowane jest to w niniejszym opracowaniu.

Jednakże pozostawienie ucznia przed perspektywą dotarcia samemu do sedna sprawy pobudzi tylko jego ciekawość i dociekliwość poznawczą, a o to głównie chodzi.

Wśród proponowanych doświadczeń nie ma na ogół tych, które znajdują się w prawie każdym podręczniku do przyrody, gdyż zamysłem moim było przede wszystkim zaproponowanie takich doświadczeń, które będą ciekawe i atrakcyjne dla ucznia, a przy tym dla niego nowe.

Poprzez wykonywanie doświadczeń z zakresu ochrony środowiska (których jest wiele w niniejszym opracowaniu) można kształtować świadomość i wrażliwość ekologiczną uczniów, co jest niezmiernie ważne przy realizacji w szkole podstawowej wybranych ścieżek edukacyjnych – ekologicznej i prozdrowotnej.

Mam nadzieję, że niniejsze opracowanie pomoże Nauczycielom przyrody nie tylko w uatrakcyjnieniu swoich lekcji, ale także w rozbudzaniu ciekawości i aktywności badawczej uczniów.

CZEGO BĘDZIESZ POTRZEBOWAŁ?**Materiały**

Alkohol etylowy (denaturat)
Azotan (V) srebra lub lapis
Białko
Cukier
Cytryna
Gliceryna (do nabycia w aptece)
Gwoździe żelazne
Jod
Jodyna (do nabycia w aptece)
Kasza gryczana
Kwas solny rozcieńczony
Kwasek cytrynowy
Nadmanganian potasu (do nabycia w aptece)
Ocet (10% kwas octowy)
Proszek do pieczenia ciasta
Rivanol (do nabycia w aptece)
Rzodkiewka
Sąletra potasowa (azotan (V) potasu)
Sałata zielona
Siarczan(VI) miedzi (II)
Siarka
Skrobia (mąka ziemniaczana)
Sól kuchenna (chlorek sodu)
Świeczka lub mały znicz
Ususzone liście z czerwonej kapusty
Wata celulozowa
Węgiel drzewny
Witamina C
Woda destylowana
Woda utleniona
Woda wapienna
Ziemniak.

Sprzęt laboratoryjny

Baloniki
Butelka bez dna
Butelka po coca - coli
Kolby kuliste
Kolby stożkowe
Korki gumowe
Łapy drewniane do probówek
Łyżeczka do spalań
Moździerz
Nożyczki
Palnik gazowy lub spirytusowy
Płytką ceramiczną
Probówki
Słoiki szklane
Stojak do probówek
Szalka Petriego lub szklane spodki
Szcypce metalowe
Szkienka wklęsłe lub szklane spodki
Termometry laboratoryjne
Trójnóg
Wanienka lub miseczka szklana
Woreczek foliowy
Zakraplacz
Zapałki
Zlewki
Źródło prądu 220V
Żarówka 60 W

**ZASADY BEZPIECZEŃSTWA, KTÓRYCH NALEŻY PRZESTRZEGAĆ
PRZY WYKONYWANIU DOŚWIADCZEŃ CHEMICZNYCH**

1. Doświadczenia przeprowadzamy zawsze zgodnie z instrukcją ich wykonania, przestrzegając podanych zasad bezpieczeństwa.
2. Nigdy nie smakujemy w miejscu wykonywania doświadczeń żadnych substancji i produktów, nawet jeśli są one nieszkodliwe.
3. Nie jemy podczas wykonywania doświadczeń.
4. Nigdy nie zasysamy ustami do pipety ciekłych chemikaliów.
5. Po skończonej pracy laboratoryjnej dokładnie myjemy ręce.
6. Nigdy nie wylewamy do zlewu resztek nie przereagowanych substancji - należy je najpierw zneutralizować.

7. Doświadczenia, w których otrzymujemy lub badamy substancje gazowe o ostrym, duszącym zapachu, szkodliwe dla zdrowia czy grożące wybuchem wykonujemy w dobrze wietrzonym pomieszczeniu (przy otwartym oknie) lub jeśli mamy taką możliwość – pod specjalnym wyciągiem.
8. Zapach każdej substancji sprawdzamy poprzez wachlowanie ręką, kierując gazy w stronę nosa, nigdy nie zbliżamy nosa bezpośrednio do wylotu naczynia z substancją.
9. Aby być całkowicie bezpiecznym przy wszystkich doświadczeniach – szczególnie na początku pracy laboratoryjnej – nosimy okulary ochronne, a przy bardzo niebezpiecznych doświadczeniach zakładamy je bezwzględnie.
10. Nie używamy uszkodzonych (obtłuczonych), ani brudnych naczyń laboratoryjnych.
11. Zwracamy uwagę na symbole i oznaczenia niebezpiecznych substancji chemicznych znajdujące się na etykietkach ich opakowań.

DOŚWIADCZENIA CHEMICZNE

Doświadczenie 1

Spalamy „na niby” kartkę papieru (lub banknot 10 złotowy)

Odczynniki: denaturat (skażony alkohol etylowy) **uwaga-trucizna!**, woda, sól kuchenna (chlorek sodu).

Sprzęt laboratoryjny: zlewka 250ml, szczypce metalowe.

Wykonanie:

Mieszmą denaturat z wodą w proporcji 7 : 5, np. 35 cm³ denaturatu i 25 cm³ wody. W takiej mieszaninie moczymy dokładnie kartkę papieru, (lub banknot 10 złotowy) następnie wyciągamy ją szczypcami i zapalamy. Kartka „pali się”, jednak po zgaśnięciu płomienia stwierdzamy, że nie uległa spaleni. Dodanie szczypty soli spowoduje, że płomień będzie intensywnie żółty i pozornie bardziej świecący.

Wyjaśnienie:

Przyczyną „nie spaleni” się kartki była różnica ciepła parowania wody i alkoholu. Paliła się tylko ciecz (nie kartka), która ma mniejsze od wody ciepło parowania czyli alkohol, woda stanowi więc jakby „osłonę” kartki przed jej zapaleniem. *Czy palące się rekwizyty i ludzie na filmach palą się naprawdę?*

Doświadczenie 2

Ogień bez zapalek

Wariant 1

Odczynniki: gliceryna, nadmanganian potasu.

Sprzęt laboratoryjny: płytka ceramiczna, wkraplacz, moździerz.

Wykonanie:

Ucieramy w moździerzu ok. pół łyżeczki nadmanganianu potasu, i usypujemy z niego na płytce stożek, na czubku którego robimy wgłębienie. Następnie dodajemy tam kilka kropel gliceryny.

Po chwili następuje jej samozapalenie.

Wariant 2

Umieszczamy w cienkiej gazecie lub papierowej serwetce kilka kryształków nadmanganianu potasu, następnie gazetę gniciemy i wkraplamy na nią glicerynę. Po dłuższej chwili gazeta „sama” zapala się.

Wyjaśnienie:

Gliceryna to ciecz palna, podobnie jak benzyna, nafta czy olej, lecz aby ją zapalić w powietrzu trzeba najpierw mocno ją podgrzać (mówimy, że gliceryna, w przeciwieństwie do benzyny, ma wysoką temperaturę zapłonu). Jednak spalanie niektórych substancji, w tym także gliceryny może odbywać się nie tylko przy udziale tlenu z powietrza. Użyty w doświadczeniu nadmanganian potasu również może spowodować zapalenie gliceryny, zawiera bowiem w swoim składzie chemicznym tlen. Gdy takie substancje mają kontakt ze sobą, wówczas jedna od drugiej zapala się. Jednakże nie każda substancja zawierająca tlen swoim składzie chemicznym tak się zachowuje!

Doświadczenie 3

Otrzymujemy dwutlenek węgla

Odczynniki: soda oczyszczona, ocet 10 %.

Sprzęt laboratoryjny: półlitrowa butelka, balonik.

Wykonanie:

Do butelki wsypujemy 2, 3 łyżeczki sody oczyszczonej, do której następnie wlewamy ok. $\frac{1}{4}$ szklanki octu. Silne pienienie się zawartości butelki świadczy o wydzielającym się dwutlenku węgla. Szybko naciągamy balonik na wylot butelki. Po chwili balonik wypełnia się dwutlenkiem węgla, powstałym w reakcji chemicznej octu z sodą. Tak otrzymany CO_2 wykorzystujemy do innych doświadczeń.

Wyjaśnienie:

Dwutlenek węgla powstaje w reakcji wodorowęglanu sodu (potoczna nazwa - soda oczyszczona) z kwasem octowym rozcieńczonym wodą (tj. octem), jako jeden z produktów tej reakcji.



Doświadczenie 4

Efekt cieplarniany – czyli wykazujemy różnicę w pochłanianiu ciepła przez powietrze i dwutlenek węgla

Odczynniki: dwutlenek węgla.

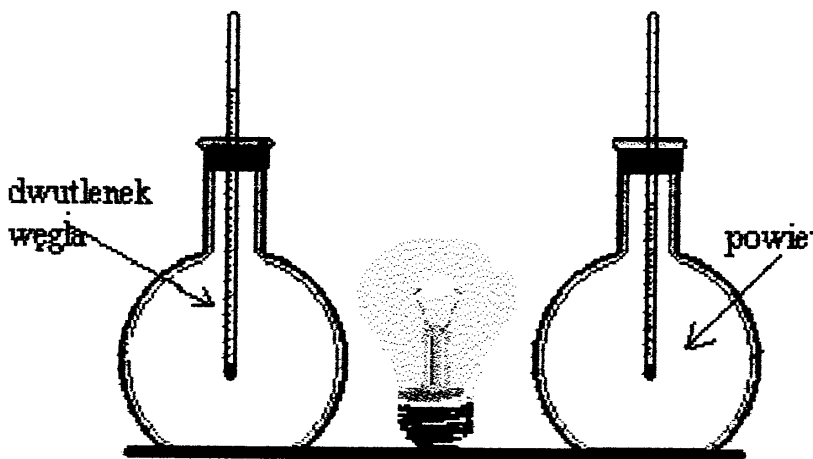
Sprzęt: 2 kolby kuliste płaskodenne o pojemności $0,5 \text{ dm}^3$, 2 termometry, żarówka 60 W, źródło prądu 220 V.

Wykonanie:

Do jednej z kolb „przelewamy” dwutlenek węgla otrzymany np. w poprzednim doświadczeniu. Kolbę zatykamy gumowym korkiem, w którym umieszczamy termometr.

Podobnie postępujemy z drugą kolbą, w której znajduje się powietrze.

Następnie kolby ustawiamy tak, by stały po obu stronach świecącej żarówki i stykały się z nią ściankami.



Obserwujemy uważnie termometry przez około 5 – 10 minut, notujemy zmiany temperatury po włączeniu żarówki.

Wyjaśnienie:

Takie gazy jak dwutlenek węgla, metan, czy tlenki azotu to tak zwane *gazy cieplarniane*. Gazy te mają większą niż inne składniki gazowe powietrza zdolność zatrzymywania promieniowania słonecznego, które dociera do Ziemi. Atmosfera przepuszcza tylko część promieniowania słonecznego, Ziemia nagrzewa się, a nadmiar energii przepuszcza z powrotem w Kosmos. Jeżeli promieniowanie, które dotrze do Ziemi natrafi na zbyt grubą i szczelną warstwę tych gazów, zostanie przez nie pochłonięte i zatrzymane. Średnia temperatura na Ziemi podniesie się, a to może spowodować między innymi zmianę klimatu, ocieplenie atmosfery, topnienie lodowców.

Ciekawostki: Przyczyną gromadzenia się nadmiernej ilości CO₂ w atmosferze jest głównie spalanie ogromnej ilości paliw w tym węgla kamiennego i brunatnego, rozwój motoryzacji, wycinanie lasów.

Świat emituje do atmosfery tyle ton dwutlenku węgla, że gdyby to było możliwe można byłoby otrzymać z niego 26 milionów ton węgla rocznie.

Przeciętnie każdy mieszkaniec Ziemi przyczynia się do emisji (wystania) do atmosfery około 4 ton dwutlenku węgla w ciągu roku.

Doświadczenie 5

Badamy właściwości powietrza

A. Badamy skład powietrza

Wariant 1

Wykonanie:

Do krystalizatora lub szklanej przezroczystej miseczki nalewamy do połowy wody i stawiamy na wodę mały lekki znicz lub przymocowaną do styropianowej podstawki świeczkę.

Zapalony znicz (lub świeczkę) przykrywamy butelką bez dna i kiedy poziom wody w butelce wyrówna się zatykamy butelkę korkiem.

Dalsze spalanie świecy odbywa się teraz w powietrzu znajdującym się w butelce.

W pewnym momencie świeca gaśnie, a poziom wody w butelce wzrasta do około 1/5 jej objętości.

Obserwujemy, że przy spalaniu świecy zużyła się tylko część powietrza spod butelki (około 1/5 objętości). W pozostałym powietrzu (4/5 objętości) świeca nie paliła się.

Wyjaśnienie:

Składnikiem powietrza, w którym zachodziło spalanie świecy jest tlen. Pozostały składnik powietrza, to głównie azot – w nim świeczka nie pali się.

Powietrze jest mieszaniną gazów: tlenu (około 21% obj.) i azotu (około 78% obj.) oraz niewielkich ilości (około 1% obj.) innych gazów.

Wariant 2

Odczynniki: denaturat, woda.

Sprzęt laboratoryjny: naczynie, korek, drut, wata.

Wykonanie:

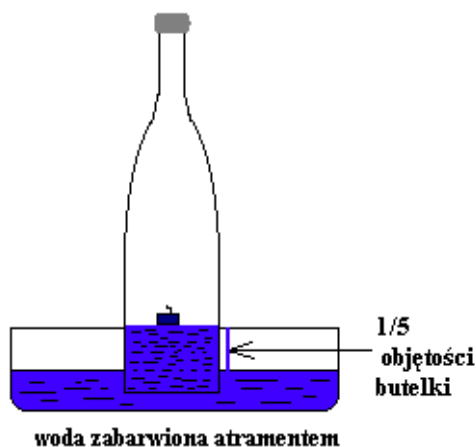
Do szerokiego naczynia z wodą wkładamy korek, do którego przymocowujemy na drucie kłęb waty zwilżonej denaturatem. Watę zapalamy, naczynie przykrywamy kloszem z otwartą szyjką (lub butelką bez dna) i natychmiast zakorkowujemy.

Wariant 3

Sprzęt: słoik, naczynie z wodą, papier, zapalniczka.

Wykonanie:

Pół kartki papieru gniecemy i wkładamy na dno słoika. Zapalamy papier i szybko wkładamy słoik dnem do góry do wody, tak aby otwór znalazł się pod jej



powierzchnią. Po zgaśnięciu papieru odczekujemy chwilę, aż woda zostanie wessana do słoika. W tym procesie powstaje dwutlenek węgla jako jeden z produktów spalania kartki (czy świeczki), jeżeli uczniowie już wiedzą, jak za pomocą wody wapiennej wykrywa się dwutlenek węgla (woda wapienna mętnieje pod wpływem CO_2), to można zamiast wody użyć wody wapiennej - wykryjemy wówczas także dwutlenek węgla, który jest jednym z produktów spalania papieru.

Wariant 4

Wykonanie:

Do zwilżonej od wewnątrz probówki wsypujemy niewielką ilość czystych, drobnych opiłków żelaznych, poruszamy probówką tak, aby opiłki przykleiły się do wilgotnych jej ścianek. Nadmiar opiłków usuwamy. Następnie odwróconą do góry dnem probówkę umieszczamy na kilka dni w zlewce z wodą.

Obserwujemy jak woda powoli wchodzi do probówki. Zachodzi powolna reakcja chemiczna żelaza z tlenem wchodzącym w skład powietrza znajdującego się w probówce – żelazo rdzewieje.

B. Wykazujemy, że powietrze zajmuje określoną objętość oraz że jest ściśliwe i rozprężliwe (jeden z bardzo wielu możliwych do wykonania wariantów tego doświadczenia).

Sprzęt: butelka po coca-coli, balonik.

Wykonanie:

Trzymając za koniec balonika, wpychamy go do butelki, brzeg balonika wywijamy na szyjkę butelki.

Spróbujemy nadmuchać balonik.

Wyjaśnienie:

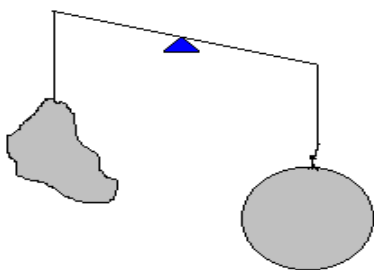
Butelka jest wypełniona powietrzem. Nadmuchiwanie balonika powoduje, że powietrze znajdujące się w butelce stawia opór, a to uniemożliwia dalsze nadmuchiwanie balonika.

powietrze



C. Wykazujemy, że powietrze waży

Sprzęt: 2 baloniki, mała dźwignia imitująca wagę.



Wykonanie:

Na ramionach dźwigni zawieszamy 2 baloniki z powietrzem o tej samej objętości. Równoważymy dźwignię.

Następnie jeden z balonów przekłuwamy rozgrzaną w ogniu igłą.

Ramię dźwigni z balonikiem wypełnionym powietrzem opada.

Doświadczenie 6

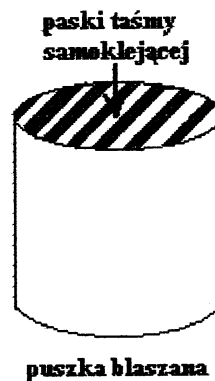
Wykrywamy i badamy zanieczyszczenia powietrza

A. Sprawdzamy zawartość pyłu w powietrzu

Na otwór blaszanej puszki, naciągamy klejem do góry, 5 pasków taśmy samoprzylepnej. Sporządzone w ten sposób naczynie pomiarowe ustawiamy na zewnętrznym parapecie okna i mocno przywiązujemy. Obserwujemy nasz miernik co kilka dni. Po pewnym czasie na kawałkach taśmy pojawi się warstwa brudu. Teraz przyciskamy puszkę do kartki papieru – zabrudzona taśma przyklei się i po jej odcięciu od puszki mamy gotowy 1 arkusz z wynikami pomiarów.

Opisujemy go, podając miejsce, datę i czas pomiaru.

Takie pomiary możemy prowadzić w różnych miejscach, i porównywać po ilości osadzonego pyłu stan zanieczyszczenia powietrza na danym terenie.



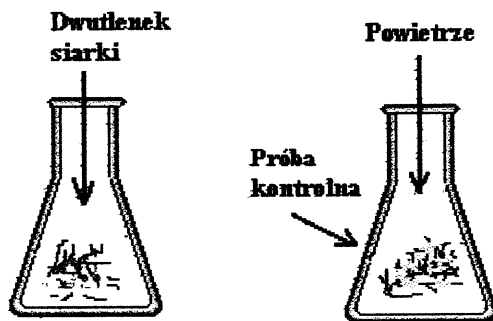
B. Badamy wpływ dwutlenku siarki na igły sosny (lub świerka)

Odczynniki: siarka, powietrze, gałązki sosny.

Sprzęt: 2 kolby stożkowe, łyżeczka do spalań.

Wykonanie:

W dwóch kolbach stożkowych umieszczamy gałązki sosny. Następnie do jednej z nich wprowadzamy dwutlenek siarki. Druga kolba z powietrzem stanowi wzorzec.



Po paru godzinach obserwujemy, że igły sosny w pierwszej kolbie uległy zniszczeniu. Zniszczone, brunatne igły zostawiamy do dalszych badań.

Dwutlenek siarki otrzymujemy w następujący sposób.

Pod sprawnie działającym wyciągiem lub przy otwartym oknie zapalamy na łyżeczce do spalań niewielką ilość siarki. Palącą się siarkę wprowadzamy do kolby z roślinką, gdzie zbiera się produkt spalania siarki – dwutlenek siarki (SO_2) – uwaga – **jest to gaz trujący!** Następnie szczelnie zatykamy korkiem kolbę.

Ciekawostka: Dwutlenek siarki, to jeden z bardzo groźnych i niestety prawie zawsze obecnych w powietrzu zanieczyszczeń (powstaje głównie podczas spalania węgla kamiennego zanieczyszczonego siarką, w elektrowniach i ciepłowniach – przez co uzyskujemy prąd elektryczny i energię cieplną).

C. Sprawdzamy, czy roślina żyje – badamy zielone i brązowe igliwie sosny

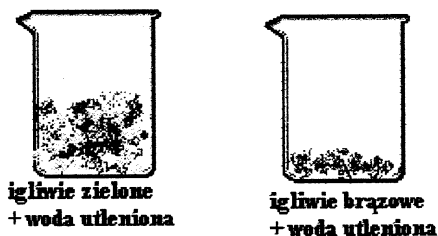
Odczynniki: woda utleniona (3% roztwór nadtlenu wodoru – H_2O_2), piasek.

Sprzęt: 2 moździerz, 2 małe zlewki.

Wykonanie:

W pierwszym moździerzu umieszczamy zielone, a w drugim brązowe igliwie sosny.

Do obu z nich dodajemy niewielką ilość piasku i po ich wymieszanu dokładnie ucieramy tłuczkiem.



Następnie przenosimy zawartości moździerzki do 2 zlewek i do każdej z nich wlewamy po ok. 3 cm^3 wody utlenionej. Obserwujemy znacznie intensywniejsze wydzielanie się pęcherzyków gazu (którym jest tlen) w zlewce ze zdrowym, zielonym igliwem.

Wyjaśnienie:

W igliwiu zdrowego świerka znajduje się enzym katalaza (jego obecność świadczy między innymi o tym, że roślina żyje). To właśnie ten enzym rozkłada wodę utlenioną na wodę i na tlen.

W brązowym igliwiu nie ma katalazy, stąd nie obserwujemy tak intensywnego pienienia się w zlewce drugiej.

Dwutlenek siarki powoduje zniszczenie katalazy, jak również chlorofilu w roślinie.

Doświadczenie 7

Czy jemy zdrową żywność?

Wskutek przenawożenia gleby pod uprawę warzyw (szczególnie często zdarza się to wczesną wiosną, gdy pod foliami uprawia się nowalijki), w warzywach tych gromadzą się bardzo szkodliwe dla zdrowia związki zwane azotynami.

Wykrywamy w nowalijkach szkodliwe dla zdrowia azotyny, za pomocą:

- a) **pasków testowych na wykrywanie azotynów** – wykonywać zgodnie z załączoną do testów instrukcją.

Stosowanie pasków testowych nie tylko na wykrywanie szkodliwych azotynów, azotanów w wodzie, produktach żywnościowych, ale także określania twardości wody, czy wykrywania bardzo szkodliwych dla środowiska naturalnego fosforanów powinno się stać w Polsce nieodłączną częścią naszej świadomości i kultury ekologicznej, tak jak jest to rozpowszechnione w wielu krajach Wspólnoty Europejskiej.

- b) **roztworu rivanolu i rozcieńzonego kwasu solnego (lub octu)** – jeżeli nie dysponujemy paskami testowymi, możemy z powodzeniem wykorzystać w każdym domu i na lekcjach tę metodę.

Odczynniki: 1 tabletkę rivanolu (można kupić w aptece), woda destylowana, rozcieńczony kwas solny lub ocet, rozdrobnione i zalane wodą destylowaną warzywa (ale trzeba zalać je dzień wcześniej).

Sprzęt: 3 probówki, 4 zlewki, tryskawka z wodą destylowaną.

Wykonanie:

1 tabletkę rivanolu rozpuszczamy w 20 cm³ wody destylowanej. Rozdrobnione kilka godzin wcześniej warzywa np. **sałata, zielony ogórek, rzodkiewka** czy młody **ziemniak**, zalewamy wodą destylowaną (każde warzywo w osobnym naczyniu).

Do kolejnych próbek wlewamy otrzymane roztwory z wyciągami warzyw i dodajemy około 2 cm³ rivanolu.

Następnie roztwory zakwaszamy, dodając kilka kropel kwasu solnego lub octu. Jeżeli nastąpi zmiana zabarwienia z **żółtego na czerwono-różowe**, to oznacza, że badana roślina zawiera szkodliwe dla zdrowia azotyny.

Ciekawostka: Azotyny to związki, które mają właściwości rakotwórcze. Najwięcej nawozów azotowych (które w roślinie często przemieniają się w szkodliwe azotyny) pochłaniają takie warzywa jak: burak, rzodkiewka, marchew, sałata. Stąd zaleca się, aby wczesną wiosną unikać spożywania tych warzyw.

Stosunkowo mało nawozów azotowych pochłaniają - pomidor, ogórek, ziemniak czy cebula.

Doświadczenie 8**Wykrywamy olejki eteryczne w skórce cytryny**

Produkty: skórka z cytryny.

Sprzęt: palnik gazowy lub spirytusowy.

Wykonanie:

Obieramy nożem cytrynę ze skórki. Następnie wyciskamy zawartość skórki kierując ją na płomień palnika, lub bezpośrednio wkładamy skórkę do płomienia. Wydobywają się z sykiem małe, jasne płomyki, jakie można spotkać paląc chrust. Są to olejki eteryczne.

Ciekawostka: Po wyciśnięciu ręcznym 1000 cytryn otrzymamy od 320 do 640 g olejku.

Doświadczenie 9

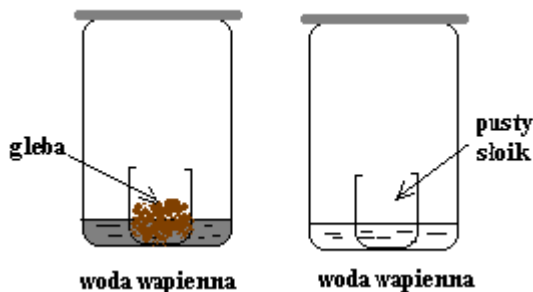
Oddychanie gleby – stwierdzamy obecność dwutlenku węgla w glebie

Odczynniki: dwutlenek węgla, woda wapienna, gleba.

Sprzęt: 2 duże słoiki o pojemności ok. 0,5 litra z nakrętkami, 2 małe słoiczki po musztardzie.

Wykonanie:

Do obu dużych słoików nalewamy wodę wapienną na wysokość około 2 cm. Do jednego z małych słoiczków wsypujemy świeżą glebę.



Słoiczek ten umieszczamy w jednym z dużych słoików i dokładnie go zakręcamy. Do drugiego słoika z wodą wapienną wkładamy pusty słoiczek i także duży słoik zakręcamy – będzie on stanowił zestaw porównawczy.

Obserwujemy zmętnienie wody wapiennej tylko w słoiku zawierającym glebę.

Wyjaśnienie:

Gleba jest żywym tworem zawierającym mnóstwo mikroorganizmów, które w różnych życiowych procesach wydzielają dwutlenek węgla. Procesy te zachodzą różnie w zależności od rodzaju gleb. W glebach suchych i piaszczystych żyje mało organizmów lub jest ich brak, stąd wydzielanie CO_2 jest dużo mniejsze lub w ogóle się go nie stwierdza.

Ciekawostka: Z 1 hektara ziemi uprawnej w ciągu 1 godziny wydzielają się do atmosfery 2-5 kg CO_2 .

Doświadczenie 10

Oddziaływanie mikroorganizmów glebowych na papier i plastik

Materiały: Świeża gleba, paski z plastiku (np. pocięte butelki po napojach), paski papieru o różnej grubości.

Sprzęt: Dwa pojemniki na glebę.

Wykonanie:

Do gleby w 1 pojemniku wciskamy paski plastikowe, a do gleby w drugim pojemniku - paski papierowe tak, aby końce pasków wystawały na zewnątrz. Odstawiamy pojemniki. Już po kilku dniach stwierdzamy, że paski papierowe w glebie uległy rozkładowi (po wyciągnięciu z gleby paski papierowe są zniszczone przez znajdujące się w glebie mikroorganizmy oraz wilgoć), paski plastikowe nie zostały zmienione nawet po bardzo długim czasie.

Ciekawostka: Opakowania z tworzyw sztucznych nie rozkładają się w glebie (a także na powietrzu czy w wodzie) nawet setki lat-mówimy, że nie ulegają biodegradacji. Dlatego też nie powinniśmy ich używać, a przynajmniej starać się ograniczyć ich używanie. Nie można też ich zniszczyć poprzez spalanie, albowiem podczas ich spalania wydzielają się do atmosfery szkodliwe dla zdrowia i środowiska dioksyny.

Doświadczenie 11

Otrzymujemy kryształki substancji:

a) ze składników proszku do pieczenia

Odczynniki: proszek do pieczenia, woda.

Sprzęt: szklany spodeczek, mała zlewka lub słoiczek.

Wykonanie:

W niewielkiej ilości ciepłej wody rozpuszczamy proszek do pieczenia, w takiej ilości, aby otrzymać nasycony (dość gęsty roztwór) roztwór. Wylewamy zawartość na spodeczek i odstawiamy w ciepłe miejsce (zimą na kaloryfer, latem w nasłonecznione miejsce). Za kilka godzin na spodku pojawiają się piękne kryształki o różnych kształtach.

Wyjaśnienie:

Proszek do pieczenia jest mieszaniną różnych substancji (sprawdź na opakowaniu jakich?) i dlatego też na spodku otrzymujemy mieszaninę kryształków tych substancji.

b) soli kuchennej:

- na krążku papierowym

Odczynniki: sól kuchenna, woda.

Sprzęt: talerzyk deserowy, gruby czarny papier, nożyczki, zlewka lub mały słoik.

Wykonanie:

Wlewamy do zlewki lub słoika około 100 cm³ wody, wsypujemy łyżeczkę soli i dokładnie ją rozpuszczamy np. poprzez kilkunastokrotne potrząśnięcie słoikiem. Z papieru wycinamy krążek o średnicy około 10 cm i kładziemy go na talerzyku. Nalewamy na papier cienką warstwę roztworu soli i umieszczamy talerzyk w ciepłym miejscu.

Po paru dniach na krążku pojawiają się kryształki soli o kształcie sześciątów, narastające w miarę parowania wody.

- na papierze w piekarniku

Wykonanie:

Rozpuszczamy 3 łyżeczki soli w ½ kubka wody, roztwór ten наносimy pędzeliem na czarny gruby papier (możemy wykonać nim jakiś napis na tym papierze). Wskazane jest, aby warstwa roztworu soli na papierze była dość gruba. Wkładamy papier na półkę nagrzanego (ok. 70-80°C) piekarnika i odczekujemy kilkanaście minut.

Na papierze obserwujemy białe, skrzące się kryształki soli.

Doświadczenie 12

Wykrywamy wodę w kaszy gryczanej i cukrze

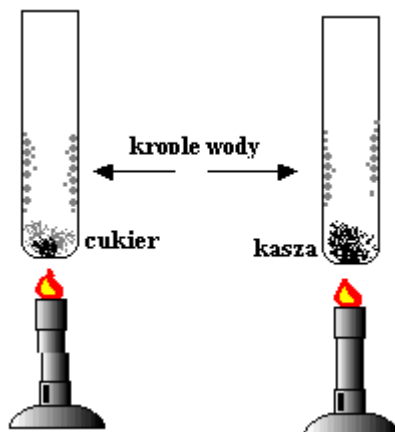
Produkty: kasza, cukier.

Sprzęt: 2 probówki, łapa do probówek, palnik gazowy lub spirytusowy.

Wykonanie:

W probówkach umieszczamy po około 1cm. ich wysokości - kaszę i cukier.

Umieszczone w łapie drewnianej probówki kolejno ogrzewamy w płomieniu palnika. Obserwujemy powolne zwęglenie się produktów, a na ściankach probówek pojawiają się krople wody.



Możemy użyć także inne produkty, np. mięso, ser, mąkę czy pieczywo.

Wyjaśnienie:

Większość produktów spożywczych zawiera tzw. substancje organiczne, składające się z następujących pierwiastków chemicznych: **węgla, wodoru i tlenu**. Prażenie tych produktów prowadzi do ich rozkładu chemicznego na **węgiel** (obserwowana w probówce czarna, szklista masa) i wodę (w skład której wchodzi **tlen i wodór**). Najczęściej w skład produktów spożywczych wchodzi substancje organiczne, którymi są węglowodany (cukry), tłuszcze i białka.

13. Doświadczenia z jodyną i jodem

a) wykrywamy skrobię w różnych produktach żywnościowych za pomocą jodiny

Odczynniki: jodyna, skrobia ziemniaczana(mączka ziemniaczana), połówka ziemniaka, ser, kromka chleba, kawałek jabłka, cukier puder, mąka pszenna, woda.

Sprzęt: zakraplacz, szkiełka wklęsłe, probówki.

Wykonanie:

Rozprowadzamy mączkę ziemniaczaną (skrobię) wodą, dodajemy 2-3 krople jodiny. Pojawia się granatowe zabarwienie zawiesiny. Świadczy to o obecności skrobi.

Aby wykryć skrobię w badanych produktach żywnościowych wkraplamy jodynę na próbki produktów umieszczone na szkiełkach wklęsłych. Obserwujemy, że nie w każdym przypadku pojawia się granatowe zabarwienie, co oznacza, że nie każdy produkt zawiera skrobię.

Ciekawostka: Jodyna to roztwór jodu w spirytusie (alkoholu etylowym), jod (symbol I) to pierwiastek chemiczny – niemetal o ciemnostalowej barwie i krystalicznej budowie.

b) Wykrywamy skrobię w papierze

Wykonanie:

Nanosimy 2–3 krople jodyny na papier i rozprowadzamy ją pędzelkiem. Obserwujemy pojawienie się ciemnoniebieskiego zabarwienia cieczy na powierzchni papieru, świadczy to o obecności skrobi, która jest w papierze.

c) Niewidzialne pismo

Odczynniki: jodyna, cytryna, woda.

Wykonanie:

Wlewamy $\frac{1}{2}$ kubka wody do krystalizatora lub miseczki i dodajemy 10 kropli jodyny.

Do zlewki lub kubka wlewamy sok z wyciśniętej cytryny. Sokiemy tym wykonujemy na kawałku białej kartki papieru „niewidzialny” napis. Zanurzamy kartkę w naczyniu z roztworem jodyny.

Kartka zabarwia się na kolor ciemnoniebieski z wyjątkiem miejsc pokrytych sokiem z cytryny – Biały napis jest teraz widoczny na ciemnoniebieskim tle.

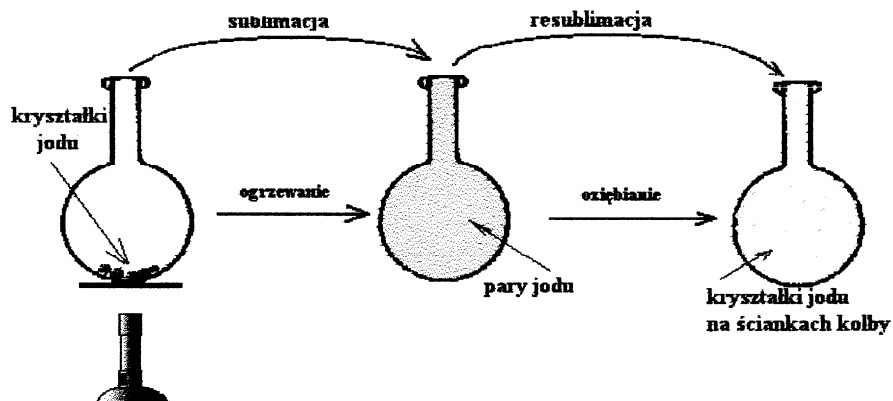
d) sublimacja i resublimacja jodu

Odczynniki: jod.

Sprzęt: Duża kolba kulista, palnik gazowy lub spirytusowy, mała płytką szklaną, trójnóg, siatka metalowa.

Wykonanie:

Do kolby umieszczonej w statywie wrzucamy kilka kryształków jodu, przykrywamy wylot kolby płytką szklaną.



Poprzez siatkę umieszczoną na trójnogu kolbę lekko ogrzewamy. Obserwujemy, że kolba wypełnia się fioletowymi oparami jodu – zachodzi tu proces **sublimacji** jodu. Następnie oziębiamy kolbę z oparami jodu polewając ją strumieniem zimnej wody. Fioletowe opary znikają, a na ściankach kolby pojawiają się drobne świecące kryształki stałego jodu – zachodzi teraz proces **resublimacji** jodu.

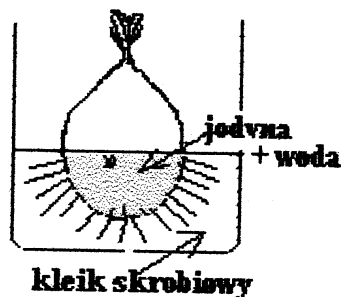
e) **czy jod może przenikać przez cienką folię?**

Odczynniki: jodyna (czyli roztwór jodu w alkoholu), mąka ziemniaczana, woda.

Sprzęt: zlewka, woreczek foliowy, palnik.

Wykonanie:

Przygotowujemy rzadki krochmal – płaską łyżeczkę mąki ziemniaczanej rozpuszczamy w niewielkiej ilości zimnej wody, a następnie dolewamy około 100cm^3 gorącej wody. Tę czynność możemy wykonać w domu, przed lekcją. Do zlewki napełnionej do połowy krochmalą wkładamy woreczek foliowy (z cienkiej folii) wypełniony wodą, do której dodajemy kilka kropeł **jodyny**. Obserwujemy po paru min-



tach (niekiedy bezpośrednio po dodaniu), że w krochmalu, pojawiły się niebieskie smugi, mimo, że był on oddzielony od roztworu jodyny folią.

Wyjaśnienie:

To jod będący składnikiem jodyny przenika przez cienką folię i w zetknięciu ze skrobią (składnikiem krochmalu) daje niebieskie zabarwienie. Mimo, że tego nie widzimy folia nie jest jednolitym materiałem, drobiny jodu przechodzą przez bardzo małe szpary w strukturze folii. Wszystkie materiały, w tym także jod i folia składają się z bardzo małych drobin danej materii (*te drobiny to atomy bądź cząsteczki lub jony, ale może tak być, że jakiś materiał może składać się ze wszystkich rodzajów tych drobin bądź tylko dwóch*), a pomiędzy tymi drobinami są wolne miejsca. **Drobiny jodu przeszły pomiędzy drobinami folii i znalazły się między drobinami skrobi.**

14. Doświadczenia z witaminą C

a) **otrzymujemy prawdziwe srebro – pierwiastek o symbolu Ag.**

Odczynniki: witamina C, azotan (V) srebra lub zakupiony w aptece **lapis**, kwas cytrynowy, woda destylowana.

Sprzęt: próbówki lub zlewki

Wykonanie:

Rozpuszczamy w 2cm^3 wody destylowanej (nie może to być woda z kranu!) szczyptę azotan (V) srebra lub laseczkę lapisu, i zakwaszamy ten roztwór kwaskiem cytrynowym (wsypujemy szczyptę kwasu i potrząsamy próbów-

ką, aby się rozpuścił). W drugiej probówce rozpuszczamy 1 tabletkę witaminy C utartą wcześniej w moździerzu na proszek. Kilka kropel roztworu witaminy C dodajemy do próbówki z zakwaszonym azotanem(V) srebra i lekko potrząsamy zawartość próbówki – próbówkę lekko podgrzewamy.

Obserwujemy na ściankach próbówki wytrącanie się metalicznego srebra w postaci lustra.

Uwaga! Azotan (V) srebra jest substancją żrącą, należy więc doświadczenia z nim wykonywać w ochronnych rękawicach (przy zetknięciu zostawia na rękach. brązowe plamy).

Wyjaśnienie:

Witamina C ma zdolność „odbierania” srebra z azotanu (V)srebra (o takich substancjach mówimy, że mają właściwości redukcyjne). Sama witamina C przemienia się w tym procesie w inną substancję. Zachodzi tu po prostu przemiana chemiczna jednych substancji w drugie.

Wydzielone w ten sposób srebro rozkłada się równomiernie na ściankach próbówki, odbija światło, a my odbieramy to jako lustro.

Jeżeli zdarzy się, że zamiast lustra srebrowego wydzieli się srebro w postaci „szarego” proszku, to oznaczać to będzie, że srebro nie rozłożyło się równomiernie na ściankach próbówki i wówczas padające na próbówkę światło będzie bardziej rozpraszane niż odbijane. Tak właśnie nasze oko odbiera te zjawiska fizyczne (tj. odbicia i rozpraszania światła).

Witaminę C, która jest niezbędna dla prawidłowego funkcjonowania organizmu, zawiera wiele warzyw i owoców np. kiszona kapusta, owoce cytrusowe, pietruszka czy ziemniaki.

Podobną próbę otrzymania srebra (nie koniecznie w postaci lustra) możemy powtórzyć przy pomocy soku z w. wym. produktów.

Ciekawostka: 1 godzina gotowania warzyw to strata około 40% zawartej w nich witaminy C.

b) zapobiegamy ciemnieniu obranych ze skórki jabłek.

Wykonanie:

Kawałki jabłek układamy w salaterce i zalewamy wodnym roztworem witaminy C. Dla porównania w drugiej salaterce kawałki jabłek zalewamy czystą wodą, a w trzeciej zostawiamy same jabłka (mają wtedy kontakt z powietrzem).

Najszybciej zbrunatniały (utleniły się) jabłka w trzeciej salaterce, nieco później w drugiej, a najdłużej (nawet do kilku dni) obrane jabłka nie zmieniają się w salaterce pierwszej.

Zamiast roztworu witaminy C (która jest kwasem askorbinowym), możemy użyć roztworu kwasku cytrynowego, soku z cytryny lub rozcieńczonego octu.

Wyjaśnienie:

Podczas obierania lub obtłuczenia jabłka uwalniają się pewne substancje zwane enzymami, które reagują z tlenem z powietrza i szybko „trawią” komórki owocu, zmieniając jego barwę i smak. W tym procesie powstają ciem-

no zabarwione substancje zwane melaninami. Witamina C hamuje ten proces. Przeciwwutleniające właściwości mają także ocet, kwas cytrynowy czy sok z cytryny.

Ciekawostka: melanina to także składnik ciemnych włosów. Rozjaśnianie włosów polega więc na utlenieniu melaniny (jednocześnie jej zniszczeniu) za pomocą różnych chemicznych środków. Włosy pozbawione tego barwnika stają się jasne, ale i też są słabsze.

c) mieszamy roztwory wodne witaminy C i sody oczyszczonej.

Odczynniki: Witamina C, woda, soda oczyszczona.

Sprzęt: zlewki, probówki.

Wykonanie:

Do wodnego roztworu sody oczyszczonej wlewamy wodny roztwór witaminy C. Obserwujemy intensywne pienienie się.

Wyjaśnienie:

Zachodzi tu podobna reakcja, jak reakcja sody z octem. Jak pamiętamy pienienie się było spowodowane wydzielaniem się dwutlenku węgla. Witamina C to także kwas (tzw. askorbinowy).

W reakcji tych dwóch substancji również wydziela się dwutlenek węgla. Porównaj intensywność wydzielania się dwutlenku węgla w reakcji sody z octem oraz sody z roztworem witaminy C.

Doświadczenie 15

Woda wodzie nierówna

Odczynniki: Azotan (V) srebra, woda destylowana, woda z kranu, woda mineralna, woda wapienna.

Sprzęt: 4 probówki.

Wykonanie:

Do kolejnych probówek wlewamy poszczególne rodzaje wód. Następnie do każdej z nich dodajemy maleńką szczyptę azotanu (V) srebra. Tylko w jednej probówce nie zaobserwowaliśmy żadnych zmian, a co stało się z pozostałymi wodami?

Doświadczenie 16

Czym można zniszczyć białko?

Produkty: białko jaja kurzego, alkohol etylowy (spirytus rektyfikowany), siarczan (VI) miedzi (II) lub inna sól metalu ciężkiego (np. azotan (V) ołowiu (II)), stężony kwas azotowy (V).

Sprzęt: probówki, łapy drewniane, palnik gazowy lub spirytusowy.

Wykonanie:

Do kolejnych 4 probówek wprowadzamy niewielkie ilości białka. Pierwszą probówkę ogrzewamy w płomieniu palnika – obserwujemy, że białko ścięło się. Do pozostałych probówek z białkiem dodajemy kolejno alkohol, siarczan (VI) miedzi (II), kwas. Obserwujemy, że białko także ścina się (w przypadku alkoholu dopiero po pewnym czasie).

Wyjaśnienie:

Takie substancje jak alkohol, sole metali ciężkich, wysoka temperatura, stężone kwasy powodują nieodwracalny proces zniszczenia struktury białka (koagulację), który obserwujemy jako jego ścinanie się

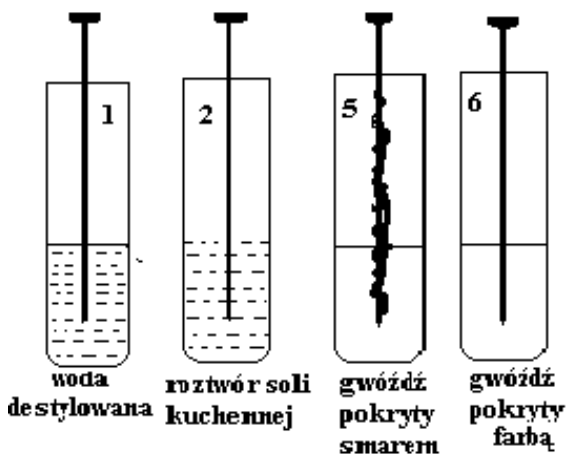
Doświadczenie 17**Co powoduje korozję (niepożądane rdzewienie) przedmiotów żelaznych i jak temu zapobiegać?**

Odczynniki i materiały: żelazne gwoździe, chlorek sodu (sól kuchenna), woda destylowana, woda z kranu, smar lub tłuszcz spożywczy, farba olejna.

Sprzęt: stojak, probówki, zlewka.

Wykonanie:

Do kolejnych probówek wkładamy po jednym żelaznym gwoździu. W zlewce przygotowujemy roztwór soli kuchennej (łyżeczka soli na 1/2 szklanki wody - 100cm³).



Dalej postępujemy tak, jak przedstawiono na rysunku obok.

Pozostawiamy gwoździe na 2-3 dni. Po tym czasie obserwujemy, że najbardziej skorodował (zardzewiał) gwoździe umieszczony w roztworze soli. Żelazo pokryte smarem, tłuszczem czy farbą nie uległo korozji – w ten sposób zabezpieczyliśmy metal przed rdzewieniem.

Posypywanie zimą jezdni solą jest często konieczne (śnieg

zmieszany z solą topi się w niższej temperaturze niż 0⁰ C), ale czy zabieg ten obojętny dla karoserii samochodów?

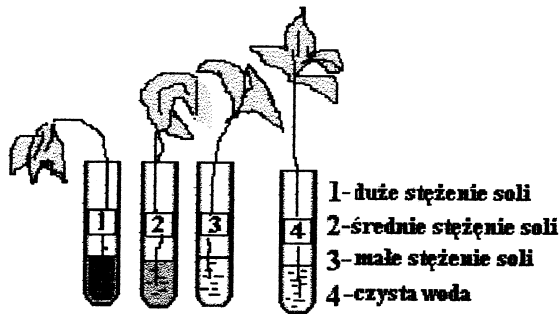
Doświadczenie 18**Czy sól kuchenna może szkodzić roślinom?**

Odczynniki: sól kuchenna, woda.

Sprzęt: probówki, zlewki, stojak na probówki.

Wykonanie:

W 3 zlewkach przygotowujemy roztwory soli o różnych stężeniach tj. do 1 zlewki wsypujemy 1/2 łyżeczki soli, do drugiej o połowę mniej, a do trzeciej jeszcze o połowę mniej. Do każdej probówki wkładamy liść pelargonii (jest to roślina bardzo czuła na sól i wszelkie inne szkodliwe czynniki chemiczne) i zalewamy otrzymanymi roztworami soli. Do ostatniej 4 probówki wlewamy czystą wodę i również wkładamy liść pelargonii - będzie to próba porównawcza.



Obserwacje prowadzimy kilka dni. Jak działa sól na badaną roślinkę nietrudno zauważyć.

Pamiętać należy, aby probówki były odpowiednio oznaczone.

Sól negatywnie działa na rośliny!

Doświadczenie 19

Płonący cukier

Odczynniki: kostka cukru, popiół z papierosa.

Sprzęt: kawałek cienkiego drutu, palnik.

Wykonanie:

Kostkę cukru okręcamy cienkim drutem tak, aby część drutu utworzyła długi uchwyt. Tak przygotowany cukier wprowadzamy na krótko do płomienia. Obserwujemy, że cukier nawet po dłuższym ogrzewaniu nie zapala się. Jeżeli jednak ogrzaną, lekko przysmażoną kostkę posypiemy popiołem, to po ponownym włożeniu jej do płomienia palnika nastąpi zapalenie cukru.

Wyjaśnienie:

Popiół pełni w tym procesie rolę substancji przyśpieszającej zapalenie cukru - substancje takie nazywamy katalizatorami.

Doświadczenie 20

Otrzymujemy różnokolorowe ciecze

Materiały: ususzone liście z czerwonej kapusty, woda destylowana, woda z kranu, woda mineralna, soda oczyszczona, ocet, mydło, popiół drzewny, kwasek cytrynowy, woda z kiszanej kapusty lub ogórków, woda deszczowa.

Sprzęt: probówki, zlewki, trójnóg, palnik, siatka metalowa, bagietki (laseczki) szklane (do mieszania roztworów).

Wykonanie:

1. Przygotowujemy wywar z czerwonej kapusty - do zlewki z wodą destylowaną wkładamy 2-3 ususzone listki czerwonej kapusty. Zalewamy liście wodą destylowaną (około 3/4 wysokości zlewki), po czym kładziemy zlewkę na siatkę metalową umieszczoną na trójnogu, pod którym znajduje się palnik. Gotujemy zawartość zlewki kilka minut. Do dalszych badań używamy tylko ciecz (wywar) otrzymaną po wygotowaniu kapusty.

Do otrzymania wywaru możemy oczywiście użyć liści ze świeżej czerwonej kapusty, jednak pamiętać należy, że, przygotowany wywar nie może być długo przechowywany (łatwo się psuje), więc warto mieć zawsze w laboratorium ususzone liście, które nie psują się.

2. Przygotowujemy w zlewkach roztwory: sody oczyszczonej, kwasu cytrynowego, popiołu (tylko część składników popiołu rozpuści się w wodzie), mydła (bądź innych) używając do tego celu wody destylowanej.
3. Do kolejnych opisanych probówek wlewamy po około 1/3 objętości probówki:
1) wody z kranu, 2) octu, 3) roztworu mydła, 4) wody z popiołu, 5) roztworu kwasu cytrynowego, 6) roztworu sody, 7) wody z kiszanej kapusty, 8) wody deszczowej i jako próba wzorcowa – 9) woda destylowana.
4. Do każdej probówki wlewamy wywaru z czerwonej kapusty. Obserwujemy zmiany barwy tego wywaru w większości probówek. Jednak barwa fioletowego wywaru może zmienić się tylko na 2 sposoby: w jednych roztworach na czerwono, w drugich na zielono.

Wyjaśnienie:

W czerwonej kapuście znajduje się substancja, **której barwa zmienia się w roztworze innej substancji, w zależności od tego, czy ma ona tzw. właściwości kwasowe czy zasadowe.** W roztworach kwaśnych barwa wywaru zmienia się na czerwono, w zasadowych na zielono.

Takie substancje (także materiały czy produkty zawierające te substancje) nazywamy **wskaźnikami**. Wywar z czerwonej kapusty jest więc wskaźnikiem. Jest wiele roślin, których wodne roztwory mogą być wskaźnikami, np. czarny bez, czarna porzeczka, czerwony burak, esencja z herbaty, czy wiele innych (sprawdź!).

Czy woda deszczowa, którą zbadaliście, jest kwaśnym opadem?

Literatura

Podstawa programowa kształcenia ogólnego – załącznik do rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej.

Van Cleave J., *Chemia dla każdego dziecka – 101 ciekawych doświadczeń*, WSiP, Warszawa 1993.

Łopata K., *Chemia a środowisko – zbiór ciekawych doświadczeń*, WSiP, Warszawa 1994.

Łopata K., Rudnik E., *Tajemnice gleby*, WSiP, Warszawa 1997.

Häfner M., *Ochrona środowiska*, Polski Klub Ekologiczny, Kraków 1993.

Römpp H., Raaf H., *Chemia organiczna w probówce*, WN-T, Warszawa 1990.

Raaf H., *Chemia całkiem prosta*, WN-T, Warszawa 1986.

Stankiewicz M., Wawrzyniak-Kulczyk M., *Poznaj, zbadaj*, WSiP, Warszawa 1997.

Kluz Z, Łopata K., *Chemia w gimnazjum - podręcznik*, WSiP, Warszawa 1999.