



Jak zmierzyć pH?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Gra edukacyjna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Jak zmierzyć pH?

Fioletowy kalafior namoczony w sodzie oczyszczonej (wodorowęglanie sodu, NaHCO_3) (po prawej) i kwasie octowym (kwasie etanowym, CH_3COOH) (po lewej). Antocyjanina jako barwnik zawarty w fioletowym kalafiorze działa jako wskaźnik pH.

Źródło: ProboscideaRubber15, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 4.0.

We wszystkich otaczających nas organizmach żywych ustalana jest równowaga kwasowo-zasadowa. Nawet niewielka zmiana pH środowiska może mieć ogromne konsekwencje. Szacuje się, że zmiany pH oceanu, sięgające kilku procent, doprowadzają do roztworzenia się muszli małż. U człowieka pH również spełnia bardzo ważną rolę. Krew w naszym organizmie ma swój określony, lekko zasadowy odczyn. Szybkie rozpoznanie zmiany pH organizmu pozwala na postawienie odpowiedniej diagnozy. Dlatego tak ważne jest zastosowanie metod pH-metrycznych.

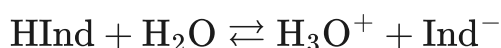
Twoje cele

- Nauczysz się dobierać odpowiednie metody wyznaczenia pH w określonym zakresie.
- Określisz sposoby wyznaczenia pH.
- Poprawnie dobierzesz wskaźniki pH.
- Wytłumaczysz zasadę działania pH-metru.

Przeczytaj

Czym są wskaźniki pH?

Do określenia pH najczęściej używane są [indykatory](#) (wskaźniki) pH. Głównie to słabe kwasy lub słabe zasady organiczne, które w wyniku zmiany stężeń jonów H_3O^+ i OH^- zmieniają swoją formę, co w konsekwencji skutkuje zmianą zabarwienia roztworu. Przykładowo, w przypadku wskaźnika pH, będącego słabym kwasem organicznym, może ustalać się następująca równowaga:



Gdzie:

- HInd – wskaźnik w postaci kwasu;
- Ind^- – sprzężona z nim zasada.

Forma HInd nadaje inną barwę roztworowi niż forma Ind^- . Stąd, w wyniku zajścia przedstawionej reakcji, zmienia się barwa roztworu.

Jakie są najpopularniejsze wskaźniki?

Wskaźnik uniwersalny jest to mieszanina różnych wskaźników, która zmienia barwę w skali pH od 0 do 14. Nasączone wskaźnikiem uniwersalnym papierki nazywane są uniwersalnymi papierkami wskaźnikowymi.



Ilustracja przedstawia barwy uniwersalnego papierka wskaźnikowego w zależności od pH badanego roztworu.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Fenoloftaleina jest to wskaźnik dla roztworów o odczynie zasadowym. Przyjmuje intensywne zabarwienie koloru malinowego w roztworach zasadowych w pH od 8,2 do 12,0. Powyżej tego pH jej malinowe zabarwienie stopniowo zanika. W środowisku kwasowym lub obojętnym jest bezbarwna. W przypadku bardzo niskiego pH (poniżej 0) przyjmuje pomarańczowe zabarwienie.



Zakres zmiany barwy fenoloftaleiny

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Oranż metylowy jest to wskaźnik dla roztworów o odczynie mocno kwasowym.



pH < 3,2



pH > 4,4

Zakres zmiany barwy oranżu metylowego

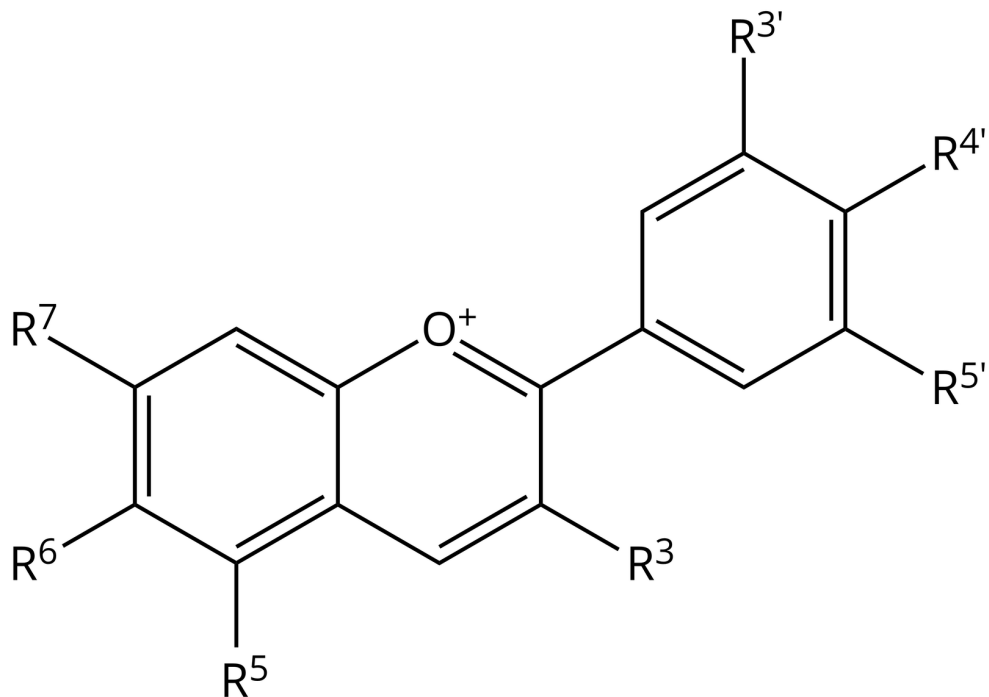
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Naturalne wskaźniki pH

Wskaźnikami pochodzenia naturalnego są np.: sok z czerwonej kapusty, wywar z buraka, borówki, napar z czarnej herbaty czy kwiat kalafioru fioletowego. Nie są one jednak powszechnie używane, ze względu na swoją krótką trwałość.

Ciekawostka

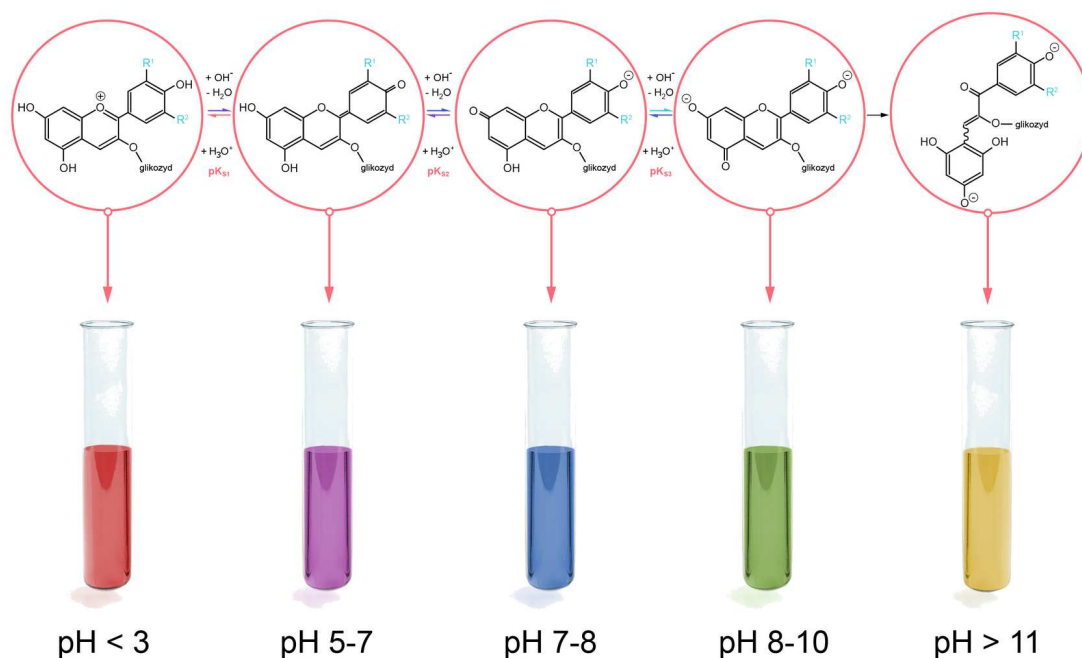
Za zmianę barwy wywaru z czerwonej kapusty odpowiadają antocyjany. Są to związki organiczne o złożonej budowie.



Kation flawyliowy – struktura antocyjanidyn. Na wzorze zaznaczono położenia podstawników, które znajdują się w barwnikach (antocyjanidynach) naturalnych. ($R^x = H, OH, OCH_3$)

Źródło: dostępny w internecie: pl.wikipedia.org, domena publiczna.

W trakcie zmiany pH, w antocyjanach zachodzą złożone reakcje chemiczne. Ze względu na złożoną budowę cząsteczek antocyjanów, wywar z czerwonej kapusty jest wskaźnikiem działającym w szerokim zakresie pH. Jednakże powyżej pewnej wartości zachodzi reakcja, która dezaktywuje wskaźnik i nie pozwala na jego dalsze działanie.



Zmiany zabarwienia antocyjanidyn w zależności od pH roztworu (grupy R = H, H; OH, H lub OH, OH).

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Inne metody oznaczania pH

Powyższe wskaźniki nie są dostatecznie precyzyjne, aby określić pH z dużą dokładnością. W celu określenia pH z dużą dokładnością, używa się pH-metru lub metod analitycznych. Urządzenie, jakim jest [pH-metr](#), pozwala na precyzyjne określenie pH roztworu. Składa się on z elektrody oraz miernika. W rzeczywistości jest to pomiar [siły elektromotorycznej \(SEM\)](#), na podstawie której określany jest potencjał elektrochemiczny. Metody elektrochemiczne należą do jednych z najbardziej precyzyjnych metod pomiarowych. W trakcie pomiaru układ musi być [termostatowany](#). Oznacza to, że temperatura podczas pomiaru jest stała. Miernik sam przelicza SEM na pH na podstawie wzoru:

$$E = E^0 - \frac{2,303RT}{F} \text{pH}$$

Gdzie:

- E – zmierzona SEM ogniwa;
- E^0 – potencjał elektrody wzorcowej;
- R – stała gazowa;
- T – temperatura [K];
- F – stała Faradaya.

Polecenie 1

W laboratorium chemicznym wykonywano [analizę ilościową](#) pewnej substancji. W tym celu przygotowano zestaw do analizy, składający się z: biurety, pipety jednomiarowej, naciągarki oraz kilku kolb Erlenmeyera. Po zakończeniu oznaczania na stole laboratoryjnym pozostały trzy nieopisane kolby z bezbarwnymi roztworami, a po wskaźniku uniwersalnym pusta butelka. Do dyspozycji uczniowie mieli: pH-metr, alkoholowy roztwór fenoloftaleiny oraz wodny roztwór oranżu metylowego, statyw oraz próbówki.

Z każdej kolby pobrano po 2 cm^3 znajdującego się w nich roztworu, a każdy z pobranych roztworów umieszczono w osobnych próbówkach. Do każdej z nich dodano po kilka kropel alkoholowego roztworu fenoloftaleiny oraz zapisano obserwacje. Powtórzono procedurę dla wodnego roztworu oranżu metylowego. Następnie zawartość każdej kolby została zbadana przy pomocy pH-metru. Wyniki eksperymentu zanotowano.

Wiedząc, że w czasie analizy wykonywane było [miareczkowanie alkacymetryczne](#), postaraj się określić zawartość poszczególnych kolb.

Kolba	Fenoloftaleina	Oranż metylowy	pH-metr
1	brak zmian	brak zmian	7
2	kolor zmienia się na malinowy	brak zmian	9,7
3	brak zmian	kolor zmienia się na czerwony	3,1

Słownik

indykator

chem. substancja, która w określonych warunkach wykazuje wyraźną zmianę właściwości, najczęściej zmianę lub pojawienie się zabarwienia, fluorescencji, chemoluminescencji i in., co pozwala na stwierdzenie odczynu badanego roztworu albo obecności określonego jonu lub cząsteczki

pH-metr

przyrząd służący do wyznaczenia wartości pH

termostatowanie

utrzymywanie układu w stałej temperaturze

siła elektromotoryczna (SEM)

pojawia się w procesie zamiany innego rodzaju energii w energię elektryczną (np. energii chemicznej w ogniwach galwanicznych)

miareczkowanie

sposób postępowania w analizie miareczkowej, polegający na dodawaniu (małymi porcjami) mianowanego roztworu do roztworu substancji oznaczanej

miareczkowanie alkacymetryczne

podczas tego typu miareczkowania mianowane roztwory kwasu lub zasady wprowadza się do analizowanej próbki w takiej ilości, aby osiągnąć moment, w którym liczba moli dodanego odczynnika jest stechiometrycznie równoważna liczbie moli oznaczanego składnika w roztworze miareczkowanym

analiza ilościowa

dział analizy chemicznej, obejmujący metody określania składu ilościowego substancji

Bibliografia

Encyklopedia PWN

Bayer E., *Komplexbildung und Blütenfarben*, Angew. Chem. 1966, t. 78, s. 18-19, 834-841.

Minczewski J., Marczenko Z., *Chemia analityczna. T.2. Chemiczne metody analizy ilościowej*, Warszawa 2011, wyd. 10.

Ćwiczenie 2

Odpowiedz na pytania.

1. Jak barwi się fenoloftaleina w roztworze o odczynie kwasowym, którego pH wynosi 6? Jaką barwę przyjmuje ona w roztworach o pH mniejszym lub równym 0?
?
2. Jaką barwę przyjmuje tymoloftaleina w środowisku zasadowym?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Do zaparzonej czarnej herbaty dodano soku z cytryny. Zauważono, że roztwór zrobił się jaśniejszy. Wyjaśnij to zjawisko.

Ćwiczenie 5



W pracowni chemicznej uczniowie otrzymali 3 wodne roztwory do analizy. Wykonali po 3 próby dla każdego roztworu, każda z użyciem innego wskaźnika. Wszystkie zmiany zabarwienia skrupulatnie notowali w tabeli. Niestety użyli pióra ze znikającym atramentem, w związku z czym utracili część wyników. Uzupełnij tabelę.

W celu ustalenia barwy wskaźnika uniwersalnego skorzystaj z poniższej skali, przedstawiającej zmiany zabarwienia uniwersalnego papierka wskaźnikowego nasączonego roztworem analizowanego wskaźnika uniwersalnego, w zależności od pH.



Ilustracja przedstawia barwy uniwersalnego papierka wskaźnikowego w zależności od pH badanego roztworu.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 6



W dwóch nieopisanych kolbach znajdują się wodne roztwory chlorowodoru (HCl) o różnych stężeniach:

- probówka A: $10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$;
- probówka B: $10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$.

Czy wykorzystując wodny roztwór oranżu metylowego jesteś w stanie rozróżnić, w której kolbie znajduje się kwas o większym stężeniu? Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 7



„(...) Skroplony CO₂ jest cieczą bezbarwną, ruchliwą. Pod ciśnieniem 0,5 MPa krzepnie w temperaturze 216,5 K. Zestalony CO₂, biała krystaliczna masa, sublimuje pod ciśnieniem atmosferycznym w temperaturze 194,7 K. Skroplony CO₂ jest rozprowadzany w handlu w stalowych butlach. Podczas swobodnego wypływu z butli ciecz paruje bardzo gwałtownie i oziębia się tak znacznie, że częściowo ulega zestaleniu. Otrzymany w ten sposób tzw. **suchy lód** wykorzystuje się, zwłaszcza z alkoholem metylowym, acetonem lub eterem, jako bardzo dogodny środek oziębiający (...).”

źródło: Bielański A., *Podstawy Chemii nieorganicznej*, t. 2, Warszawa 2010, s. 734.

Do kolby z bezbarwnym roztworem wprowadzono kilka kryształków pewnej substancji. Po chwili zauważono, że roztwór zmienił zabarwienie na intensywnie malinowy kolor. Otwartą kolbę pozostawiono na pewien czas w wysokim naczyniu z suchym lodem. Zauważono, że intensywność barwy zaczęła się zmniejszać.

Odpowiedz na pytania:

- Jaki wskaźnik znajdował się w kolbie?
- Jaki związek dodano?
- Dlaczego po czasie nastąpiła zmiana zabarwienia?

Ćwiczenie 8



Uczniowie otrzymali do analizy pewne substancje w oznaczonych numerami probówkach, w których znajdowały się wodne roztwory następujących substancji: NaCl, Na₂CO₃, NH₄Cl, HCl $\left(1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)$ oraz NaOH $\left(1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)$. Do dyspozycji otrzymali wskaźnik uniwersalny, wodny roztwór oranżu metylowego oraz alkoholowy roztwór fenoloftaleiny. W tabeli zapisali obserwacje.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak zmierzyć pH?

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa: Zakres podstawowy

VI. Reakcje w roztworach wodnych. Uczeń:

3) interpretuje wartości pH w ujęciu jakościowym i ilościowym (np. związek między wartością pH a stężeniem jonów wodorowych).

Zakres rozszerzony

VI. Reakcje w roztworach wodnych. Uczeń:

3) interpretuje wartości pK_w , pH , K_a , K_b , K_s .

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- dobiera odpowiednie metody wyznaczania pH w określonym zakresie;
- określa sposoby wyznaczania pH;
- dobiera wskaźniki pH;
- analizuje zasadę działania pH-metru.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;

- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- ćwiczenia uczniowskie;
- analiza materiału źródłowego;
- gra edukacyjna;
- eksperyment chemiczny;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca zbiorowa;
- praca w grupach;
- praca w parach;
- praca indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami z dostępem do internetu/smartfony, tablety;
- słuchawki;
- rzutnik multimedialny;
- zasoby multimedialne zawarte w e-podręczniku;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- aplikacja Mentimeter.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla okładkę e-materiału, na której przedstawiony jest fioletowy kalafior, po czym zadaje uczniom przykładowe pytania: Czy przy zmianie pH można zmienić kolor kalafiora? Dlaczego kalafior zmienił swój kolor? Czy wiesz na jakiej zasadzie działają wskaźniki? Wymień czynniki wpływające na zmianę zabarwienia? Jakie znasz metody wyznaczenia pH?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z wykorzystaniem tabletów/smartfonów do terminu - pomiar pH.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, jakie zostaną użyte w czasie lekcji.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie w parach wykonują polecenie 1 z części „Przeczytaj” e-materiału i analizują problem zawarty w poleceniu, po czym chętna para przedstawia wnioski na forum klasy. Nauczyciel weryfikuje poprawność rozwiązania zadania.
2. Chętny uczeń przypomina definicję pH, a nauczyciel weryfikuje jej poprawność.
3. Nauczyciel odsyła uczniów do gry edukacyjnej w e-materiale – zadaniem gracza jest ustalenie pH próbek nieznanymi wodnymi roztworów (kolorymetryczny pomiar pH próbek nieznanymi roztworów) – praca w parach.
4. Doświadczenie 1 – „Pomiar pH badanych roztworów”. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy, rozdaje karty pracy, odpowiednie szkło i sprzęt laboratoryjny oraz odczynniki chemiczne (patrz materiał pomocniczy). Uczniowie stawiają pytanie badawcze i hipotezę, przeprowadzają doświadczenie wg instrukcji (podanej w karcie pracy), obserwują zmiany, wyciągają wnioski, zapisują wszystko w kartach pracy. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów, wspiera uczniów podczas przeprowadzenia doświadczenia. Liderzy prezentują efekty pracy grupowej na forum klasy. Nauczyciel weryfikuje pod względem merytorycznym wypowiedzi uczniów.
5. Doświadczenie 2 – „Badanie pH roztworów”. Uczniowie pracują w tych samych grupach. Nauczyciel rozdaje nowe karty pracy (karta pracy z tabelką włożona do koszulki foliowej), odpowiednie szkło i sprzęt laboratoryjny oraz odczynniki chemiczne (patrz materiał pomocniczy). Uczniowie przeprowadzają doświadczenie wg instrukcji (podanej w karcie pracy), obserwują zmiany, wyciągają wnioski, zapisują wszystko w kartach pracy. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów, wspiera uczniów podczas przeprowadzenia doświadczenia. Liderzy prezentują efekty pracy grupowej na forum klasy. Nauczyciel weryfikuje pod względem merytorycznym wypowiedzi uczniów.
6. W dalszej części nauczyciel odsyła uczniów do zadań 1-5 z części „Sprawdź się”. Uczniowie samodzielnie rozwiązują zadania, a w razie wątpliwości nauczyciel wprowadza dodatkowe wyjaśnienia.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając przykładowe pytania: Jak możemy interpretować wartość pH? Jakie znasz metody ustalania pH roztworu? Co to są wskaźniki?
Jeśli do 5 cm^3 roztworu HCl o stężeniu $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ dodamy 2 cm^3 roztworu NaOH o stężeniu $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$, to jak zmieni się pH roztworu?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie gromadzą w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Czego się nauczyłam/łem...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Nauczyciel prosi uczniów o dokończenie ćwiczeń zawartych w e-materiale w części „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Gra edukacyjna może pomóc uczniowi w utrwaleniu wiedzy oraz zapamiętaniu kolorów wskaźników w różnym pH.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Jak możemy interpretować wartość pH roztworu?
- Jakie znasz metody ustalania pH roztworu?
- Co to są wskaźniki?
- Jeśli do 5 cm³ roztworu HCl o stężeniu 0,1 $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ dodamy 2 cm³ roztworu NaOH o stężeniu 0,1 $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$, to jak zmieni się pH roztworu?

2. Doświadczenie nr 1:

- Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, statyw do probówek, pipety.
- Odczynniki chemiczne: wodne roztwory: KCl, Na₂CO₃, AlCl₃, uniwersalne papierki wskaźnikowe.
- Karta pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 141.65 KB w języku polskim

3. Doświadczenie nr 2:

- Szkło i sprzęt laboratoryjny: statyw z probówkami, pipety Pasteura, koszulki foliowe na karty pracy
- Odczynniki chemiczne: wodny roztwór oranżu metylowego, wodny roztwór lakmusu, uniwersalne papierki wskaźnikowe, sok z jagód, wywar z czerwonej kapusty, alkoholowy roztwór fenoloftaleiny, wodny roztwór chlorku sodu, zasada sodowa, woda amoniakalna, kwas solny, ocet.
- Karta pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 97.14 KB w języku polskim