

Kolorowy cylinder

– błękit bromotymolowy i dwutlenek węgla

Marek Ples

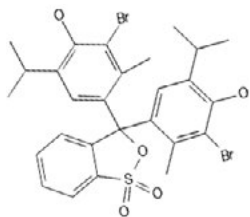
Nauka przez doświadczenie od wieków była podstawową metodą poznawczą, dzięki której ludzkość zdobywała wiedzę o świecie. Obserwacje, próby, błędy i odkrycia stanowiły kluczowe elementy tego fascynującego procesu. W dzisiejszych czasach, gdy nauka rozwija się w zastraszającym tempie, wciąż istnieje wyraźna potrzeba kładzenia nacisku na pozyskiwanie wiedzy w drodze doświadczeń. Pokazowe eksperymenty, zaprojektowane w celu demonstracji konkretnych zjawisk, mogą nie tylko zainteresować potencjalnych poszukiwaczy wiedzy, ale również ukazać głębsze prawidłowości tkwiące w badanych zjawiskach.

Wraz z postępem technologicznym i możliwościami zaawansowanych narzędzi naukowych, wiele badań przesunęło się w stronę skomplikowanych symulacji i eksperymentów, które są poza zasięgiem większości ludzi. Jednak pokazowe eksperymenty pozostają kluczowym narzędziem, pozwalającym na przekazanie wiedzy i wyjaśnienie złożonych zjawisk w zrozumiały sposób. Ich prostota, a zarazem efektywność, sprawia, że są one doskonałym narzędziem edukacyjnym, wzbudzającym zainteresowanie i ciekawość.

Nauka przez doświadczenie jest jednym z najbardziej wartościowych i naturalnych sposobów zdobywania wiedzy. Doświadczenia i eksperymenty (warto sobie uzmysłowić jakie różnice występują między tymi dwoma terminami) stanowią cenny element procesu edukacyjnego, umożliwiając zrozumienie skomplikowanych zjawisk w przystępny sposób. Kluczem do maksymalnego wykorzystania tego podejścia jest zdolność dostrzegania nie tylko samych efektów, ale także głębszych prawidłowości, które sprawiają, że nauka staje się fascynującą podróżą, w której możemy poznawać otaczający nas świat.

Prezentowane w tym artykule doświadczenie jest proste do przeprowadzenia, zapewnia niesamowity efekt wizualny, a jednocześnie w ciekawy sposób wprowadza w zagadnienia odczynu środowiska.

Czego potrzebujemy?



Rys. 1 – Wzór strukturalny błękitu bromotymolowego

Potrzebujemy dibromotymolosulfonofaleiny $C_{27}H_{28}Br_2O_5S$ (Rys. 1). Związek ten jest inaczej nazywany błękitem bromotymolowym [1].

W warunkach normalnych ma on zwykle postać czerwono-pomarańczowego proszku (Fot. 1), bardzo słabo rozpuszczalnego w wodzie, natomiast całkiem dobrze w alkoholu etylowym



Fot. 1 – Błękit bromotymolowy

C_2H_5OH . Alkoholowy roztwór tej substancji jest czerwony. W środowisku kwaśnym roztwór przybiera barwę żółtą, w zasadowym błękitną, a w środowisku obojętnym zieloną [2] [3].

Kolejną potrzebną substancją jest zestalony dwutlenek węgla CO_2 , czyli tzw. suchy lód. W zwykłych warunkach CO_2 zestala się w temperaturze $-78,5^\circ C$, a w temperaturze pokojowej nieustannie sublimuje.

Przydatny będzie także wodorotlenek sodu $NaOH$, w postaci stałej lub w rozcieńczonym roztworze.

Pamiętajmy, że błękit bromotymolowy jest toksyczny i rakotwórczy, a na skórze pozostawia trudne do usunięcia plamy. Zestalony dwutlenek węgla CO_2 zachowuje bardzo niską temperaturę – należy zachować bezwzględna ostrożność! Dłuższy kontakt ze skórą może spowodować dotkliwe odmrożenia. Wodorotlenek sodu $NaOH$ jest żrący.

Pokaz

Przygotowanie doświadczenia nie jest skomplikowane. Do cylindra miarowego, na przykład o pojemności 100 cm^3 , należy wlać wodę destylowaną do około 3/4 objętości i bardzo delikatnie zalkalizować ją niewielkim dodatkiem wodorotlenku sodu - wystarczy kilka miligramów lub kilka kropli roztworu. Po dodaniu kilku kropli alkoholowego roztworu błękitu bromotymolowego ciecz przyjmuje barwę ciemnoniebieską (Fot. 2).

Następnie do roztworu należy wrzucić niewielki fragment suchego lodu. Woda ma temperaturę równą około $20^\circ C$, jest więc o prawie sto stopni cieplejsza niż suchy lód! Nic więc dziwnego, że w kontakcie z nią ten ostatni intensywnie sublimuje. Niska temperatura powoduje skroplenie pary wodnej z powietrza, co objawia się powstaniem mgły.

Po chwili roztwór przyjmuje kolor zielony (Fot. 3), a następnie żółty (Fot. 4), co w połączeniu z odgłosem bulgo-



Fot. 2 – Zasadowy roztwór błękitu bromotymolowego



Fot. 3 – Zielony roztwór



Fot. 4 – Żółty roztwór

tania, widocznymi pęcherzykami gazu i powstającą mgłą daje niesamowity efekt.

Niektórzy eksperymetatorzy mogą mieć problem z zdobyciem suchego lodu. Mimo jego braku nie musimy jednak rezygnować z doświadczenia! Przez roztwór można przepuszczać strumień gazowego dwutlenku węgla CO_2 , co da ten sam efekt barwny (oczywiście oprócz powstania mgły). Skąd wziąć ten gaz? Możliwości jest wiele, ale doświadczenie możemy wykorzystać choćby do udowodnienia, że w wydychanym przez nas powietrzu jest obecna stosunkowo duża ilość tej substancji, ponieważ niebieski roztwór (bardzo delikatnie zalkalizowany, zbyt duża ilość zasady uniemożliwi obserwację efektu) widoczny na Fot. 5, zmienia barwę podczas wdmuchiwanie do niego powietrza z naszych płuc przy pomocy słomki (Fot. 6).



Fot. 5 – Niebieski roztwór barwnika

Wyjaśnienie

Błękit bromotymolowy $\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}$ jest barwnikiem chemicznym, wskaźnikiem pH. Jego barwa zależy od odczynu środowiska, w którym się znajduje.

Roztwór użyty w doświadczeniu ma początkowo odczyn lekko zasadowy, co objawia się niebieskim zabarwieniem wskaźnika.

Podczas sublimacji CO_2 jego część rozpuszcza się w wodzie. Powstają wtedy jony węglanowe CO_3^{2-} , wodorowęglanowe HCO_3^- i oczywiście wodorowe H^+ . Z tego powodu pH roztworu obniża się, dzięki czemu wskaźnik przybiera najpierw barwę zieloną w środowisku obojętnym, a następnie żółtą w kwasowym.

W doświadczeniu można wykorzystać także inne wskaźniki kwasowo-zasadowe, uzyskując inne przejścia barwne.

Wszystkie fotografie i rysunki zostały wykonane przez autora

Mgr Marek Ples
Katedra Biomechatroniki,
Wydział Inżynierii Biomedycznej
Politechnika Śląska
marek.ples@o2.pl
www.weirdscience.eu



Fot. 6 – Zmiana barwy w wyniku kontaktu z wydychanym powietrzem

Literatura:

- [1] Hassa R., Mrzigod J., Nowakowski J., *Podręczny słownik chemiczny*, Wyd. I, Videograf II, Katowice, 2004, str. 384
- [2] Lide D. R. (red.), *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, wyd. 88, CRC Press, 2007, str. 8-16
- [3] De Meyer T., *Substituent effects on absorption spectra of pH indicators: An experimental and computational study of sulfonphthaleine dyes*, *Dyes and Pigments*, 2014, 102, str. 241-250