

Magiczny płomień



Źródło obrazu: pexels

Przedział wiekowy od:	Przedmiot:	Podtematy	Poziom wymagań	Poziom wdrożenia	Przygotowanie
14 lat	Chemia	Barwienie płomienia	●●●	Demonstracja 1 min	10 min

Dr Evi Derouet-Hümbert

Definicja zadania

Rozpalamy kolorowy ogień używając samej wody.

Kontekst

Mieszanki pirotechniczne zazwyczaj działają na zasadzie reakcji redoks. W uproszczeniu, jedna substancja oddaje tlen, czyli ulega redukcji, a druga substancja przyjmuje tlen, czyli ulega utlenieniu. Jednakże mieszanki pirotechniczne rzadko składają się z zaledwie dwóch komponentów, przez co reakcje w nich zachodzące są dość skomplikowane.

Dla przykładu: zwykły proch strzelniczy to mieszanka 75% azotanu potasu, 15% siarki i 10% sproszkowanego węgla drzewnego. Azotan potasu (wzór chemiczny: KNO_3) to związek potasu (K), azotu (N) i tlenu (O). Jak wskazuje liczba „3” przy „O”, zawiera on trzy piąte tlenu, który łatwo oddaje substancjom podatnym na utlenianie, takim jak siarka czy węgiel, jeśli dostarczymy mieszance energii początkowej w postaci ciepła lub tarcia.

Większość mieszanek opiera się na tej zasadzie: substancja oddająca tlen plus łatwopalna substancja utleniająca. Ważne jest jednak, aby zachować odpowiednią równowagę chemiczną - mieszanka nie powinna zawierać więcej substancji oddającej tlen, niż potrzeba do spalania łatwopalnego składnika. Nadmiar mógłby utrudnić reakcję. Właściwy stosunek można obliczyć na podstawie równania reakcji, ale najpierw trzeba je poprawnie sformułować, a następnie obliczyć proporcje przy pomocy mas cząsteczkowych.

Piękno fajerwerków tkwi także w ich różnorodnych kolorach: niebieskim, czerwonym, zielonym, fioletowym, żółtym itd. Uzyskanie tych kolorów bywa jednak trudne. Można barwić płomień za pomocą soli metali, takich jak: Sód (żółty), bar (zielony), stront (czerwony), potas (fioletowy), miedź (niebieski). Wymienione metale nie są jedynymi, które mogą barwić płomień, ale należą do najczęściej używanych. Przy uzyskiwaniu kolorów zawsze trzeba wiedzieć, jaki efekt chce się osiągnąć.



Źródło obrazu: pexels

Jeśli przygotujemy mieszankę zawierającą siarkę, azotan potasu, azotan strontu i azotan sodu, płomień będzie zawsze żółty, ponieważ sód emituje bardzo intensywne żółte światło, które całkowicie dominuje nad czerwienią strontu i fioletem potasu.

Gdy do mieszanki zawierającej azotan strontu i siarkę dodamy magnez, płomień stanie się mniej czerwony, ponieważ magnez emituje jasne, białe światło, które częściowo przyćmiewa czerwień.

Wszystkie kolory, z wyjątkiem niebieskiego, można uzyskać stosunkowo łatwo, używając odpowiednich azotanów metali. Jednak azotan miedzi nie daje niebieskiego koloru w mieszaninach pirotechnicznych. Aby uzyskać niebieski płomień, konieczne jest zastosowanie różnych soli miedzi oraz precyzyjne dodanie organicznych związków chloru.

Niebieski kolor pojawia się tylko wtedy, gdy podczas spalania obecne są zarówno miedź, jak i chlor. Takie mieszanki wymagają precyzyjnego zrównoważenia, którego nie można obliczyć — osiąga się je wyłącznie poprzez liczne próby! [6]

Materiały i sprzęt

Dla każdego ucznia lub grupy:

- ◆ 2 porcelanowe miseczki (średnica = 7 cm),
- ◆ pipeta z gumową nakładką,
- ◆ 2 szerokootworowe butelki (250 ml) z zakrętką.
- ◆ szpatułka (szerokość 5 mm)
- ◆ waga
- ◆ papier wagowy
- ◆ okulary ochronne
- ◆ rękawice ochronne

Substancje chemiczne

- Azotan amonu (NH_4NO_3): R8-9, S15-16-41,
- Azotan strontu ($\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$): R8-36/37/38, S17-26-36/37/39,
- Chlorek amonu (NH_4Cl): R22-36, S(2)-22,
- Azotan baru ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$): R20/22, S28,
- Proszek cynkowy (Zn, wielkość ziarna < 60 μm): R15-17, S(2)-7/8-43,
- Woda destylowana.

Przygotowanie

W celu wytworzenia zielonego płomienia należy odważyć 1 g azotanu amonu, 0,25 g chlorku amonu, 0,125 g azotanu baru i 1 g sproszkowanego cynku do butelki z szeroką szyjką, a następnie wymieszać substancje poprzez ostrożne wstrząsanie. Aby wytworzyć płonący na czerwono ogień, odważyć 1 g azotanu amonu, 0,25 g chlorku amonu, 0,25 g azotanu strontu i 1 g sproszkowanego cynku do butelki z szeroką szyjką, a następnie wymieszać substancje, ostrożnie wstrząsając. [2]

Realizacja

Wlej zawartość każdej butelki z szeroką szyjką do porcelanowego naczynia i za pomocą pipety wyciśnij 3-5 kropli wody na odpowiednią mieszaninę. [2]

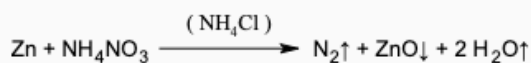
Obserwacja

Po kilku sekundach, przy jednoczesnym iskrzeniu i intensywnym wydzielaniu dymu, pojawia się gwałtowny płomień.

- Mieszanka z solą strontu daje czerwony płomień.
- Mieszanka z azotanem baru daje zielony płomień. [2]

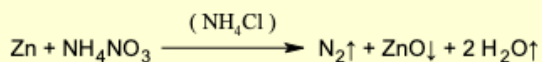
Wyjaśnienie

Dodanie wody uruchamia silnie egzotermiczną reakcję pomiędzy cynkiem a azotanem amonu: [4]



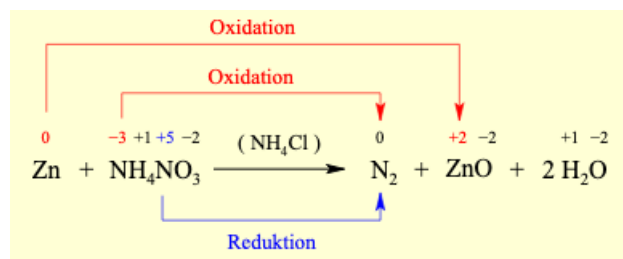
Źródło: www.chem-page.de

Azotan amonu szybko tworzy skoncentrowany roztwór z wodą. Reaktywny cynk reaguje bardzo gwałtownie z roztworem azotanu amonu, co prowadzi do jego rozkładu i uwolnienia dużej ilości ciepła. W trakcie reakcji cynk odbiera tlen z azotanu amonu. Produktem reakcji są tlenek cynku, woda i azot. Uwalniający się azot wzburza mieszaninę reakcyjną.



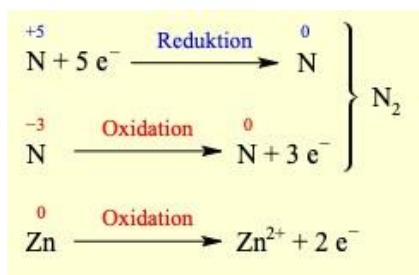
Źródło: www.chem-page.de

Chlorek amonu wydłuża czas trwania reakcji, zapobiegając tworzeniu się warstwy tlenku na cynku przez jony chlorkowe. Warstwa tlenku uniemożliwiłaby dalszą reakcję z roztworem azotanu amonu. W tym eksperymencie zachodzi reakcja redoks, ponieważ ma miejsce utlenianie i redukcja.



Źródło: www.chem-page.de

Cynk jest utleniany i sam jest środkiem redukującym. Cząsteczka azotu (N₂) o średnim, jednolitym stopniu utlenienia powstaje z dwóch atomów azotu, z których jeden ma niski stopień utlenienia, a drugi wysoki. Atom azotu o niskim stopniu utlenienia jest utleniany, a atom azotu o wysokim stopniu utlenienia jest redukowany.



Źródło: www.chem-page.de

Taka reakcja jest znana jako komproporcjonowanie (synproporcjonowanie). Jest to szczególna forma reakcji redoks. [7]

Za czerwony kolor płomienia odpowiada sól strontu, a za zielony kolor płomienia - sól baru[3].

Utylizacja odpadów

RedOx Substancje są utylizowane w nieorganicznych odpadach stałych.

Notatka dydaktyczna / Tematy

- Reakcje RedOx
- Elementy Leclanché
- Wyjaśnienie pożarów baterii w urządzeniach
- Reakcje barwne
- Chemia fajerwerków

Źródła

- [1] <http://www.experimentalchemie.de/versuch-009.htm>
- [2] http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/effekt/effekt_farbigesfeuer.htm
- [3] <https://www.lernhelfer.de/>
- [4] <https://www.chemie.de/>
- [5] Schwedt, G.: Chemische Experimente in Schlössern, Klöstern und Museen, wyd. 1, Wiley-VCH, Weinheim, 2002, str. 226
- [6] <http://www.pyro-partner.de/Feuerwerk/Grossfeuerwerk.html>
- [7] <https://www.chem-page.de/experimente/magische-flamme.html>
- [8] B. Z. Shakhashiri. Reaction of Zinc and a Mixture of Ammonium Nitrate and Ammonium Chloride. W: Chemical Demonstrations Vol. 1, Univ. of Wisconsin Press, 1983, 51-52.
- [9] F. Bukatsch, O. Krätz, G. Probeck i R. Schwankner. Woda nie ma efektu "gaszenia", ale "rozpala ogień". W: So interessant ist Chemie, wydanie 2, Aulis-Verlag Deubner: Cologne, 1997, 92.
- [10] F. R. Kreißl i O. Krätz. Magic Flame. W: Feuer und Flamme, Schall und Rauch, WILEY-VCH: Weinheim, 1999, 97.
- [11] H. W. Roesky i K. Möckel. Fajerwerki z Iodem. W: Chemische Kabinettstücke, VCH Verlagsgesellschaft mbH: Weinheim, 1994, 29-30.
- [12] "Feuer und Flamme, Schall und Rauch" F.R.Kreißl, O. Krätz, WILEY-VCH Verlag Weinheim, 1999.