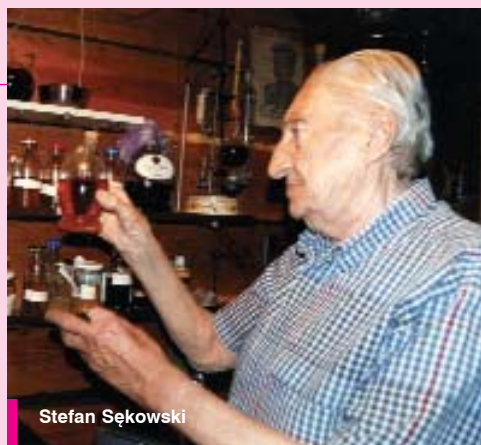


Ostatnim razem płomień spełniał rolę detektywa i pozwolił nam wykryć kilka pospolitych metali. Dziś do płomienia w roli detektywa dołączają perełki. Ale bez obaw, nikomu z rodziny nie uszkodzimy żadnej perełki z ulubionego sznura. My, chemicy, perełki odpowiednie do naszych celów analitycznych wykonamy sami. Ale właśnie te chemiczne perełki muszą żyć w bardzo ścisłym związku z płomie-

Z zawodu chemik. Z pasji – popularyzator nauki. Z charakteru nieugięty bojownik o prawdę. Żołnierz AK, powstaniec warszawski. W czasie czynnego życia zawodowego kierownik Pracowni Badań Jakości Powłok w Instytucie Mechaniki Precyzyjnej. Autor wielu prac naukowych i ponad 50 książek popularnonaukowych. Na tych publikacjach wychowały się już 2 pokolenia chemików. Już od 1952 roku pisze do „Młodego Technika”.

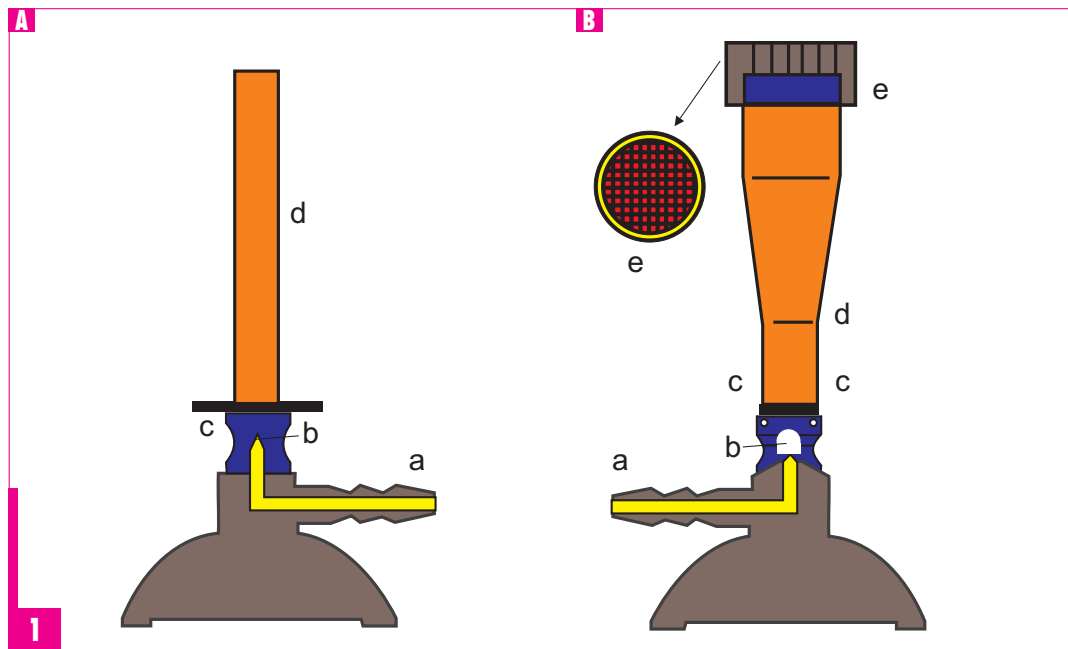


Stefan Sękowski

Płomień płomieniowi nierówny

Stefan Sękowski

TEKST ŚREDNIO TRUDNY ●●●



Najpopularniejsze w laboratoriach palniki gazowe

- A – Bunsena
- B – Mekera

W obu palnikach

- a – doprowadzenie gazu
- b – dysza
- c – dopływ powietrza
- d – kominek
- e – w palniku Mekera nasadka rozdzielająca płomień

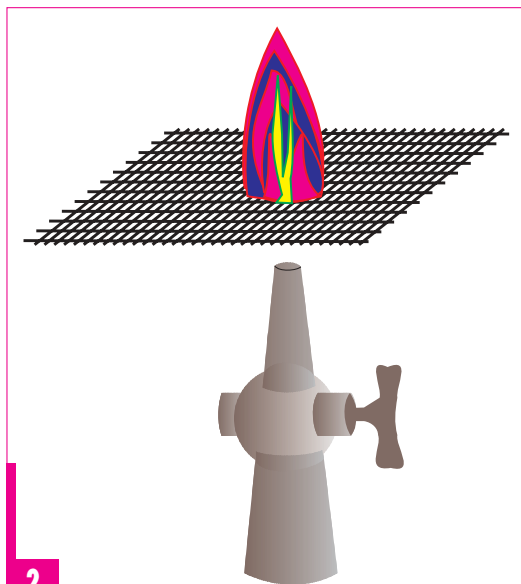
niem. Może to być płomień któregoś z popularnych gazowych palników albo lampki spirytusowej.

Jednak zanim przystąpimy do doświadczeń, musimy koniecznie poznać „geografię” płomieni, a więc strefy redukujące, strefy utleniające i rozkład temperatur w całym płomieniu.

BUNSEN I MEKER

Najpopularniejsze w laboratorium dwa palniki gazowe nazwy zawdzięczają swoim konstruktorom. Byli nimi bardzo znany fizykochemik niemiecki Robert Bunsen i szwedzki chemik Olaf Meker. Ich konstrukcji

palniki widzimy na rysunku 1. Po lewej stronie jest palnik Bunsena, a po prawej Mekera. Zasilający je gaz, ziemny albo propan-butan, doprowadzamy rurką **a**, a wylot tej rurki zakończony jest dyszą **b**, powietrze dopływa przez otwory **c**. W części **d** nazywanej kominikiem dochodzi do wymieszania się gazu z powietrzem. Przez otwory **c** powietrze jest zasysane silnym strumieniem gazu uchodzącego z dyszy **b**. W palniku pierwszym, Mekera, widzimy dziwne zakończenie – to kominik **d** zakończony nasadką **e**. Tworzy ją krótka rurka, której średnicę na górze wypełnia siatka. Jej zadaniem jest rozdzielenie płomienia na kilkadziesiąt małych płomyczek. W ten sposób wzrasta powierzchnia płomienia o najwyższej temperaturze, o czym będziemy zaraz mówili. Teraz tylko rzut oka na rysunek 2. Widać na nim, że metalowa siatka nie gasi, ale przecina płomień. Właśnie to zjawisko wykorzystane jest w tym palniku.



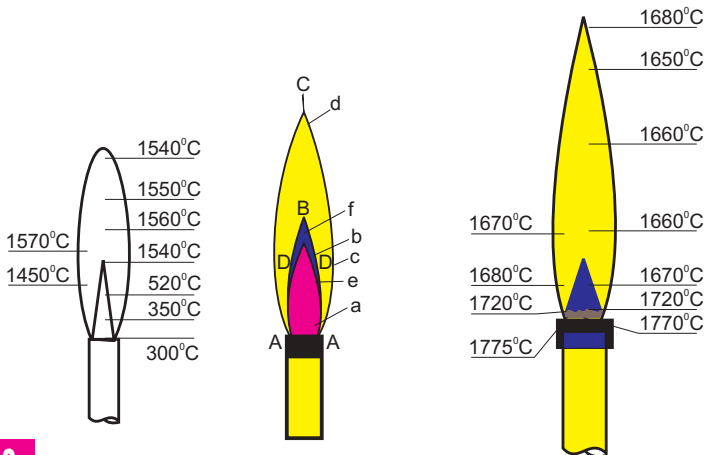
2

Metalowa siatka przecina płomień gazowy

Przejdźmy teraz do spraw najważniejszych, a więc do budowy i jakości samego płomienia. Przecież dopiero wtedy, gdy poznamy jego wszystkie strefy – najgorętsze, redukujące i utleniające, będziemy mogli zaprząć do pracy nasze perełki-detektywy.

Na rys. 3 widzimy budowę i rozkład temperatur w płomieniach znanych już nam palnikach Bunsena i Mekera. Zaczynijmy od płomienia palnika Bunsena.

Po lewej stronie mamy podany rozkład jego temperatur, w różnych partiach płomienia. Trzeba przyznać, że jest ona bardzo duża, bo sięga od 300°C do 1580°C. Ale temperatura to jeszcze nie wszystko, co interesuje chemika w chwili, gdy chce przeprowadzić reakcję redukcji czy utleniania.



3

Strefy utleniające i redukujące oraz rozkład temperatury w płomieniach palnika Bunsena i Mekera. Objasnienia w tekście.

Przenieśmy więc wzrok na barwny rysunek tego samego płomienia. Dużymi literami A, B, A oznaczony jest wewnętrzny stożek płomienia. Jak widzimy z rysunku lewego, ten stożek odznacza niską temperaturę. Dlaczego? Bo w tej części płomienia jest nadmiar gazu przy znacznym deficycie powietrza. Dlatego następuje w nim rozkład cząsteczek węglowodorów, a wydzielające się cząstki węgla silnie ogrzane świecą.

Powracamy teraz do zjawisk fizykochemicznych omawianych w zeszłym miesiącu. Dalej mamy przed oczami kolorowy rysunek płomienia palnika Bunsena. Stożki oznaczone dużymi literami A, C, A i A, D, A to dwa nieświecące stożki. Tu zachodzi całkowite spalanie gazu. Efektem tego jest odpowiednio wysoka temperatura. Natomiast mały stożek D, B, D tworzy się tylko przy niedostatecznym dopływie powietrza.

Podobny rozkład temperatur występuje i w płomieniu palnika Mekera z tym, że dzięki nasadce strefy najwyższej temperatury ma znacznie większą średnicę niż w palniku Bunsena.

Podział na strefy

Teraz poznamy różne strefy płomienia palnika Bunsena. Powracamy do rysunku 3. Prześledzimy jakość stref w płomieniu palnika Bunsena oznaczonych małymi literami.

- strefa a** – tu panuje niska temperatura odpowiednia do badania lotnych w tych warunkach substancji barwiących płomień na różne kolory,
- strefa b** – odznacza się najwyższą temperaturą,
- strefa c** – to dolna część płomienia utleniającego. Właśnie w tej strefie będziemy utleniali różne substancje rozpuszczone w perełkach,
- strefa d** – to górna część płomienia utleniającego. Tutaj prowadzić będziemy wymagające wysokiej temperatury reakcje utleniania między innymi substancji rozpuszczanych w perełkach,
- strefa e** – to dolna część płomienia redukującego. Służy ona do redukcji substancji rozpuszczonych w perełkach,
- strefa f** – to górna część płomienia redukującego. To ona tworzy świecący szczyt ponad ciemnym stożkiem i zawiera dużo nieopalonych cząstek węgla i dlatego odznacza się właściwościami silnie redukującymi. Te strefy będziemy wykorzystywali do redukcji metali zatopionych w perełkach.

Podobne strefy występują i w palniku Mekera.

Tabela 1. Barwienie płomienia

Barwa	Odcień	Pierwiastek	Uwagi
	Purpurowy, karminowy	Stront	Sr Wszystkie minerały strontu, powodujące zabarwienie płomienia, dają pozostałość, która po zadaniu kroplą wody daje reakcję zasadową (czerwony papierek lakmusowy robi się niebieski)
Czerwona	Purpurowy	Lit	Li W odróżnieniu od minerałów strontu wyprażona pozostałość nie daje reakcji zasadowej
Czerwona	Ceglasty, pomarańczowy	Wapń	Ca Większość minerałów wapnia powoduje zabarwienie płomienia dopiero po zadaniu kwasem solnym. Część minerałów, powodujących zabarwienie płomienia, daje pozostałość, która po zadaniu kroplą wody daje reakcję zasadową (czerwony papierek lakmusowy robi się niebieski)
Żółta	Intenstywny	Sód	Na Reakcja bardzo czuła; wykonanie jej wymaga wielkiej uwagi. Wystarczy bowiem bardzo drobna domieszka, aby zabarwić płomień
	Żółtawy	Bar	Ba Zabarwienie płomienia powodują tylko węglany i siarczany, które dają pozostałość z reakcją zasadową. Krzemiany i fosforany, zawierające bar, nie barwią płomienia. Zabarwienie płomienia wyraźniej występuje na materiale uprzednio wyżarzonym w płomieniu redukującym
	Żółtawy	Molibden	Mo Zabarwienie płomienia powodują tylko związki siarkowe i tlenowe
Zielona	Żółtawy	Bor	B Przeważna część minerałów boru barwi płomień po uprzednim potraktowaniu stężonym kwasem siarkowym i metanolem CH_2OH lub mieszaniną z równą ilością topnika Turnera*
	Szmaragdowy	Miedź	Cu Płomień jest barwiony na szmaragdowo tylko przez tlenki miedzi, związki chloru powodują zabarwienie lazurowe
	Błakoniebieskawy	Fosfor	P Uzyskuje się tylko po uprzednim potraktowaniu próbki kwasem siarkowym. Reakcja nietypowa
	Niebieskawy	Cynk	Zn Zabarwienie ukazuje się zazwyczaj jako barwne smugi na tle płomienia
	Lazurowy	Miedź	Cu Lazurowe zabarwienie płomienia powodują tylko chlorki miedzi. Chcąc otrzymać takie zabarwienie, należy minerał miedzi potraktować kwasem solnym
Niebieska	Lazurowy	Chlor	Cl Zabarwienie typowe dla chlorków miedzi. Minerale chloru bada się w mieszaninie z tlenkiem miedzi CuO

* Topnik Turnera to: 1 g fluorytu CaF_2 , 4 g kwaśnego siarczanu potasu KHSO_4
Składniki trzeba zmieszać i stopić

TERAZ BARWIMY PŁOMIEŃ

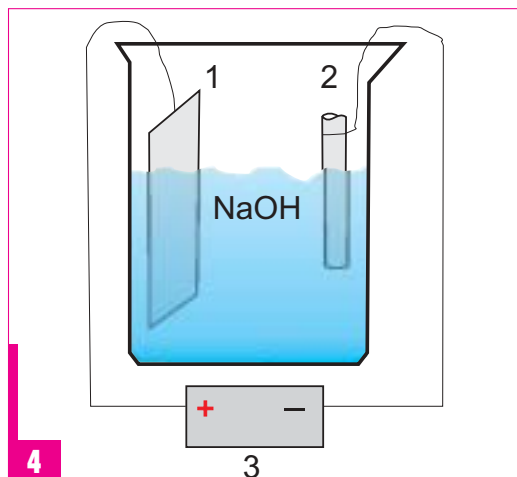
Zanim dojdziemy do samych perełek, przyjrzyjmy się tabeli 1. Podaje nam ona, w jakich warunkach, na jaki kolor i odcień barwią płomień pospolite metale.

Żeby teraz nasze doświadczenia z barwieniem płomienia mogły być zrealizowane, musimy dokładnie poznać w praktyce strefy płomienia palnika Bunsena, rysunek 3. Pamiętajmy, efekt uzyskamy tylko wtedy, gdy badany przedmiot, konkretnie metal, wprowadzimy w strefę a.

Patrząc na tablicę 1, już możemy wytypować łatwopalne „króliki doświadczalne”. Będą nimi na pewno miedź, cynk, molibden. Jak wynika z naszej tabeli, miedź może barwić płomień na szmaragdowo, ale też i na lazurowo.

Zaczynamy od lazuru. Potrzebny nam będzie kawałek grubego drutu miedzianego albo taka blaszka. Pamiętajmy o świetnym przewodnictwie cieplnym tego metalu. Dlatego musimy koniecznie drut czy blaszkę trzymać szczypcami. Końcówkę drutu albo blaszki miedzianej czyszcimy do połysku drobnziarnistym papierem ściernym. Zanurzamy do 10% kwasu solnego i od razu wprowadzamy do strefy a płomienia palnika. Na kilka sekund płomień zabarwi się na lazurowo. Z uzyskaniem barwy szmaragdowej będzie trochę trudniej, bo przed wprowadzeniem do płomienia palnika na miedzi musimy wytworzyć powłokę tlenkową. Jedyna do tego prowadząca droga to utlenianie elektrolityczne, rysunek 4.

Zlewkę napełniamy 15–20% wodnym roztworem wodorotlenku sodu NaOH i ogrzewamy do 90°C . Teraz zawieszamy oczyszczony przedmiot miedziany i łączmy go z biegunem „+” prostownika. Na przeciwległej stronie zlewki mocujemy pałeczkę węglową połączoną



Najprostszy układ do elektrolitycznego utleniania miedzi

1 – blaszka miedziana

2 – pałeczka węglowa

3 – prostownik 6 V

Zlewka napełniona jest wodnym roztworem NaOH ogrzany do 90°C

z biegunem „-” prostownika. I już rozpoczyna się elektroliza, którą prowadzimy przez 5 minut. Po tym czasie przedmiot miedziany pokryty jest już dosyć grubą warstewką czarnego tlenku CuO.

Po dokładnym umyciu i wysuszeniu miedź pokrytą warstewką tlenku wprowadzamy do **strefy a** płomienia palnika. Trudy utleniania wynagrodzi nam uzyskany piękny szmaragdowy kolor.

Teraz przyszła kolej na cynk. Nie spodziewajmy się fajerwerkowych efektów, bo ten metal zabarwia na niebiesko nie cały płomień, a pojawiają się tylko niebieskie smugi. Oczyszczoną do połysku blaszkę albo drut cynkowy wprowadzamy do **strefy a** płomienia palnika.

Uzyskany efekt będzie dosyć skromny.

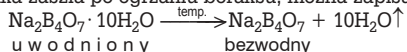
Pozostał nam jeszcze molibden. Wbrew pozorom zdobycie kawałeczka drutu molibdenowego nie jest wielkim problemem. Przecież to właśnie z molibdenu wykonywane są w żarówkach elektrycznych pionowe wsporniki, na końcu których poziomo zawieszona jest skrętka (żarnik) wolframowy.

Taki molibdenowy drucik zanurzamy do gorącego stężonego kwasu siarkowego H_2SO_4 i wprowadzamy do **strefy a** płomienia palnika. Wytworzone w płomieniu siarkowe związki molibdenu zabarwią płomień na kolor żółtawozielony.

NA HORYZONCIE BORAKS

Do następnych doświadczeń prowadzących już do otrzymania perełek – chemicznych detektywów, potrzebny nam będzie boraks. Jego chemiczna nazwa to czteroboran sodu, wzór $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, a jego postać to biały, łuskowaty proszek.

Żeby poznać bliżej właściwości boraksu, odrobinę tego białego proszku nasypujemy na kawałek blachy i powoli ją ogrzewamy palnikiem. Już po kilku sekundach biały proszek topi się, puchnie i jak gdyby zaczynał wrzeć. W końcu wszystkie to objawy ustają, a na blaszce zostanie szklista, połyskliwa plama. Reakcję, jaka zaszła po ogrzaniu boraksu, można zapisać tak:



Tak więc nastąpiło odwodnienie. Od każdej z cząsteczek boraksu wyparowało 10 cząsteczek wody. Właśnie taki bezwodny boraks jest surowcem do wykonywania perełek detektywów.

Jeżeli mamy palnik gazowy albo dysponujemy piecem węglowym, możemy wykonać następujące doświadczenie: w płomieniach palnika albo pieca ogrzewamy do czerwoności pasek stalowej blachy, umieszczamy na niej przygotowany skrawek mosiądzu, a potem całość dalej silnie ogrzewamy. Najprawdopodobniej mosiądz stopi się, ale po nachyleniu paska blachy spłynie z niej, nie pozostawiając śladu.

Wobec tego nasze następne doświadczenie wykonajmy w inny sposób. Ogrzany do czerwoności pasek blachy stalowej posypmy obficie boraksem i gdy boraks przestanie się już pienić (zeszklę się), połóżmy na to miejsce skrawek mosiądzu. Całość przysypujemy jeszcze boraksem i ponownie ogrzewamy. Tym razem już po chwili mosiądz stopi się, rozleje i zwiąże ze stalą.

Ostudźmy naszą próbkę i dokładnie ją obejrzymy. Teraz mosiądz rozlał się na stali i świetnie się z nią związał. To właśnie temu związaniu się pomógł boraks. To on rozpuścił w sobie zarówno tlenki żelaza, jak i mo-

siądzu, a przez to umożliwił spojenie się tych metali. Warto tu zapamiętać, że utlenione powierzchnie metali nie mogą się trwale łączyć.

Bez boraksu nie ma mowy o lutowaniu stali mosiądzem, miedzią czy srebrem.

Dzięki zdolnościom rozpuszczania w sobie tlenków metali i wiązania się z nimi, boraks jest podstawowym składnikiem emalii, czyli szklivi, nakładanych na wszelkie wyroby metalowe.

Spróbujmy teraz silnie ogrzać kawałeczek miedzi. Gdy będzie już czerwony, posypmy go boraksem. Po znanym już burzliwym pienieniu się, kawałeczek miedzi zostanie pokryty gładką szklistą warstewką. A gdy ten już ostygnie, przyjrzyjmy się uważnie barwie szklivią pokrywającego miedzianą blaszkę.

Jaka jest jej barwa? – czerwona.

Ale skąd wzięła się ta barwa?

Albo inaczej: co dzieje się podczas ogrzewania miedzi w normalnej atmosferze?

Oczywiście jej powierzchnia się utlenia.

I to właśnie te tlenki rozpuszcza w sobie gorąco stopiony bezwodny boraks. I tak okazuje się, że boraks ma dla nas podwójne znaczenie – analityczne i techniczne.

Jednym z praktycznych zastosowań technicznych boraksu jest rozpuszczanie tlenków metali podczas ich łączenia na gorąco, czyli podczas łączenia metali tzw. lutami twardymi (stopy miedzi i srebra).

Alte to rozpuszczanie tlenków w stopionym boraksie ma i inne znaczenie techniczne. Na przykład wykorzystując stosunkowo niską temperaturę topnienia boranów różnych metali, można metodą stapiania boraksu z odpowiednimi solami metali otrzymywać barwne, niskotopliwe szklivi, nadające się do wielu prac zdobniczych (emalierskich).

A teraz czas już sprawdzić, czy dany metal jest np. chromem, niklem albo kobaltem?

Innymi słowy, co zrobić, żeby dowiedzieć się, czy dany kawałek stopu zawiera dajmy na to, miedź, mangan albo żelazo?

Odpowiedzi na tego typu pytania może nam dostarczyć właśnie nasz detektyw, czyli tak zwana perła boraksowa, a ściślej biorąc, jej barwa.

W zależności od obecności badanego metalu i trzymania jej w płomieniu utleniającym czy też redukującym, perła boraksowa może przybierać barwę szarą, brunatną, zieloną, niebieską, fioletową i czerwoną.

Wyjaśnijmy najpierw dokładnie, co to takiego właściwie jest ta perła boraksowa.

Weźmy kawałek druczka stalowego i zagnijmy na jego końcu maleńkie oczko. Koniec druczka ogrzewajmy w płomieniu palnika do czerwoności i szybkim ruchem zanurzmy go w przygotowanym obok sproszkowanym boraksie.

Po uniesieniu w górę, na oczku drutu pozostanie przyklepiona grudka boraksu. Wprowadźmy ją do płomienia i ogrzewamy. Grudka początkowo rośnie, puchnie, następnie znów kurczy się, topiąc na szklistą masę. Za pierwszym stopieniem w oczku druczka utworzy się tylko maleńka kuleczka. Żeby ją zwiększyć, zanurzamy ją na gorąco w boraksie i ponownie ogrzewamy. Po 2–3 takich manipulacjach, w oczku druczka uformuje się spora szklista, przezroczysta i bezbarwna kropelka. Właśnie taką kropelkę nazywamy perlą boraksową. Za miesiąc perełki błysną całą gamą barw i odcieni. ●