

8 Reakcje chemiczne

Reakcje chemiczne to nie tylko głośne eksplozje, po których w laboratorium naukowca pozostaje gęsta chmura dymu, jak to jest często przedstawiane w świetle kreskówki. Reakcje chemiczne to także codzienne procesy „tykające” cicho we wnętrzu komórek organizmów – także naszych. Nawet nie zauważamy, kiedy zachodzą. Ale najbardziej kochamy głośne eksplozje!

Mówiąc bardzo ogólnie, istnieją dwa typy reakcji chemicznych. Z jednej strony są to widowiskowe reakcje wiążące się z dużymi eksplozjami, podczas których należy nosić specjalne okulary i zachowywać bezpieczną odległość, a z drugiej – ciche i niemal niewidoczne reakcje. Choć naszą uwagę mogą w pierwszej kolejności przykuwać te głośniejsze, to także te spokojne mogą być równie spektakularne. W rzeczywistości liczba istniejących reakcji chemicznych wywołuje zawrót głowy i nie sposób je wszystkie tu wymienić.

Chemików bardziej pociągają te pierwsze reakcje. Ale czy to nie zrozumiałe? Czy ktoś, otrzymawszy darmowy bilet na pokaz fajerwerków, wolałby siedzieć cicho i obserwować, jak powstaje rdza? Kto nie obserwował w podekscytowaniu, jak nauczyciel chemii podpala balon z wodorem, by ten następnie pękł z wielkim hukiem? Jeśli zapytać dowolnego chemika lub chemiczkę o ich ulubioną reakcję chemiczną, z pewnością wymienią najbardziej spektakularną reakcję, jaką są w stanie bezpiecznie przeprowadzić. Aby wyjaśnić istotę reakcji chemicznych, przejdziemy do historii XIX-wiecznego nauczyciela chemii

LINIA CZASU

1615

Zapis pierwszego schematu reakcji w postaci przypominającej równanie

1789

Pojawienie się koncepcji reakcji chemicznych w pracy *Traktat podstawowy chemii* (przeł. Roman Mierzecki)
Antoine-Laurent Lavoisiera

1803

Teoria atomowa autorstwa Johna Daltona sugeruje, że reakcje chemiczne to przesunięcia atomów

i do jednej z najgłośniejszych i najbardziej widowiskowych reakcji chemicznych. Niestety takie rodzaje reakcji nie zawsze idą zgodnie z planem.

Trzymaj się z dala Justus von Liebig był nietuzinkową osobą. Żył w trudnych czasach panującego powszechnie głodu, został profesorem w wieku 21 lat, odkrył podstawę chemiczną wzrostu roślin i założył wiodące czasopismo naukowe. Należy też pamiętać o jego odkryciach, które doprowadziły do wynalezienia ekstraktu drożdżowego, znanego w Anglii jako smarowidło do chleba „Marmite”. Dokonał wielu rzeczy, z których mógł być dumny, choć zdarzyło mu się też kilka wpadek. Podobno kiedy demonstrował w 1853 roku reakcję znaną jako „szczekający pies” bawarskiej rodzinie królewskiej, substancja eksplodowała nieco zbyt gwałtownie, prosto w twarz małżonki króla, Teresy z Saksonii-Hildburghausen oraz jej syna, księcia Luitpolda.

(...) Rozejrzałem się po tej strasznej eksplozji po pomieszczeniu... i ujrzałem krew spływającą po twarzach królowej Teresy i księcia Luitpolda.

Justus von Liebig

„Szczekający pies” jest wciąż jednym z najbardziej spektakularnych eksperymentów naukowych. Prowadzi nie tylko do fantastycznej, głośniejszej eksplozji z charakterystycznym „szczeknięciem”, lecz towarzyszy mu także ciekawy efekt świetlny. Reakcja ta zachodzi, kiedy disiarczek węgla (CS_2) zmiesza się z tlenkiem azotu(I) (N_2O), znanym lepiej jako „gaz rozweselający”, i zostanie podpalony. Jest to reakcja egzotermiczna, podczas której dochodzi do utraty energii na rzecz otoczenia (zob. str. 36). W tym przypadku pewna część energii jest tracona pod postacią wielkiego, jasnoniebieskiego płomienia. Reakcja ta jest często wykonywana w dużym, przezroczystym naczyniu o rurkowatym kształcie, przez co cały eksperyment wygląda niczym włączenie i wyłączenie miecza świetlnego. Warto w wolnej chwili wyszukać sobie w Internecie i obejrzeć filmik przedstawiający tę reakcję.

1853

Królowa bawarska odnosi obrażenia w trakcie demonstracji słynnej reakcji „szczekającego psa”.

1898

Pojawienie się terminu „fotosynteza” na określenie syntezy związków organicznych w obecności światła i chlorofilu

1908

Fritz Haber uruchamia pierwszy zakład produkujący amoniak z azotu i wodoru

2013

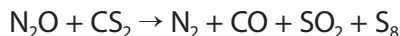
Mikroskopia sił atomowych zostaje wykorzystana do obserwowania reakcji zachodzących w czasie rzeczywistym

Gdyby publiczność obserwująca eksperyment Liebiga nie była tak nim zafascynowana, nie poprosiłaby o jego powtórzenie, a w konsekwencji nie ucierpiałaby królowa Teresa. Podobno eksperyment zakończył się lekką utratą krwi. Tak jak wszystkie inne reakcje, „szczekający pies” polega na przeszerogowaniu się atomów. W reakcji tej biorą udział jedynie cztery różne typy atomów – cztery pierwiastki: węgiel (C), siarka (S), azot (N) i tlen (O). Chemiccy korzystają z równania reakcji chemicznej, aby pokazać, jakie substancje powstały w wyniku danej reakcji:

Reakcja „szczekającego psa”.

W podobnej reakcji zachodzącej równolegle

może również powstawać CO₂



Prawie niezauważalne A co ze spokojniejszymi, mniej spektakularnymi reakcjami? Stopniowe rdzewienie żelaznego gwoźdźca jest reakcją między żelazem, wodą i tlenem z powietrza, której produktem jest tlenek żelaza pod postacią pomarańczowo-brązowego nalotu rdzy (zob. str. 62). Jest to powolna reakcja utleniania, którą można obserwo-

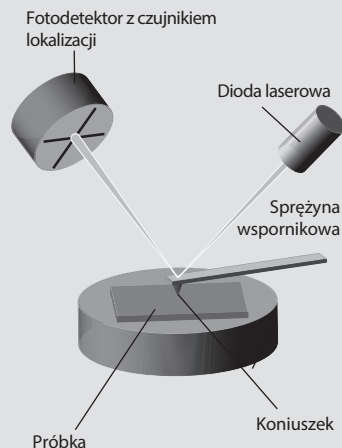
wać na przestrzeni kilku minut. Aby poznać kolejną powolną i cichą reakcję, wystarczy tylko spojrzeć na rosnące w doniczkach rośliny. „Zbierają” one bezgłośnie promienie słoneczne i wykorzystują tę energię do przekształcenia dwutlenku węgla i wody na cukier i tlen w ramach reakcji fotosyntezy (zob. str. 179). Jest to podsumowanie znacznie bardziej skomplikowanego łańcucha reakcji, które rośliny wykształciły w toku ewolucji. Cukier służy roślinie jako życiodajne paliwo, podczas gdy tlen jest uwalniany przez nie jako produkt uboczny tego procesu. Choć reakcja ta nie jest

RÓWNANIA CHEMICZNE

W 1615 roku Jean Beguin opublikował zestaw notatek z wykładów chemicznych, ilustrujący diagram reakcji sublimatu (chlorku rtęci(II), HgCl₂) z siarczkiem antymonu(III) (Sb₂S₃). Mimo że ów diagram bardziej przypomina pajęczą sieć, jest uznawany za wczesną wersję równania chemicznego. W XVIII wieku William Cullen i Joseph Black, wykładowcy z uniwersytetów w Glasgow i Edynburgu, naszkicowali schematy reakcji ze strzałkami, aby wyjaśnić reakcje chemiczne swoim studentom.

OBSERWOWANIE POSTĘPU REAKCJI

Zazwyczaj kiedy mówimy o obserwacji reakcji, odnosimy się do eksplozji, zmiany barwy lub innych widzialnych skutków reakcji. Nie widzimy poszczególnych cząsteczek, więc nie możemy dokładnie obserwować zachodzących procesów. Jednak w 2013 roku amerykańskim i hiszpańskim naukowcom naprawdę udało się zaobserwować reakcję w czasie rzeczywistym. Wykorzystując zalety mikroskopii sił atomowych, wykonali z ogromnym zbliżeniem zdjęcia pojedynczych cząsteczek oligo-(fenyloetylenu) reagujących na srebrnej powierzchni i tworzących nowe, pierścieniowe struktury. W mikroskopii sił elektronowych obrazy powstają w zupełnie inny sposób niż w zwykłych aparatach. Mikroskop posiada małą sondę (koniuszek), która przekazuje sygnał, kiedy dotknie czegoś na powierzchni. Może ona wykrywać obecność pojedynczych atomów. Na zdjęciach z 2013 roku dokładnie widać wiązania oraz atomy reagentów i produktów reakcji.



tak spektakularna jak „szczekający pies”, jest ona jednym z głównych procesów umożliwiających życie na naszej planecie.

Przykłady reakcji znajdziemy również w naszych ciałach. Nasze komórki są zasadniczo torebkami wypełnionymi substancjami chemicznymi – miniaturowymi centrami reakcji. Każda z nich przeprowadza proces odwrotny do tego, który zachodzi w roślinach podczas fotosyntezy. Aby uwolnić energię, komórki wykorzystują wdychany przez nas tlen oraz pobrany z pożywienia cukier i przekształcają je, wytwarzając dwutlenek węgla i wodę. Ta będąca odbiciem lustrzanym fotosyntezy reakcja jest kolejnym istotnym mechanizmem utrzymującym życie na Ziemi.

Rozzady Niezależnie od tego, czy są małe, czy wielkie; powolne czy zachodzące w mgnieniu oka – wszystkie reakcje są wynikiem zmian w ułożeniu atomów poszczególnych reagentów. Atomy różnych

pierwiastków mogą zostać rozerwane i ponownie złożone na wiele różnych sposobów. Zazwyczaj oznacza to powstawanie nowych związków, trzymanych wiązaniami między wspólnymi elektronami poszczególnych par atomów. Dwoma nowymi związkami powstającymi podczas reakcji „szczekającego psa” są tlenek węgla i tlenek siarki(IV). Jej produktami są również cząsteczki azotu i siarki. Podczas fotosyntezy powstają większe i bardziej złożone związki – długie cząsteczki cukrów zawierające liczne atomy węgla, wodoru i tlenu.

ROZDZIAŁ W PIGUŁCE

Przestawianie atomów