

Kryminalistyka, czyli chemia w życiu (nie)codziennym

Chemia należy do grona tych dziedzin, które dla przeciętnego człowieka wydaje się na co dzień mieć małe znaczenie praktyczne. Zdecydowana większość osób zapytanych o pierwsze skojarzenie związane z tą dyscypliną naukową wskazałaby na będące dla nich wprost udręką lekcje, gdzie surowy nauczyciel wymaga posiadania zupełnie niezrozumiałej wiedzy, która ostatecznie i tak zanika po skończeniu edukacji, jako niepotrzebna w życiu. Również wspomnienie o takich udogodnieniach jak plastikowe opakowania, czy też coraz skuteczniejsze leki u wielu nie powoduje natychmiastowych skojarzeń z chemią jako dziedziną wszechobecną i całkowicie zmieniającą wygląd naszego życia codziennego. Jednakże nie da się zaprzeczyć faktom: chemia jest czymś więcej niż tylko abstrakcyjną nauką. Pozwala ona coraz to lepiej zrozumieć nasz świat i wprowadzać w nim małe lub duże udoskonalenia. W tym tekście szczególną uwagę chciałbym poświęcić dziedzinie, która na pozór jest zupełnie niezwiązana z chemią, a w praktyce bez niej nie mogłaby się obyć. Jest nią kryminalistyka.

Zanim przejdziemy do dogłębniejszej analizy tematu, warto zarysować czym jest kryminalistyka. Według definicji encyklopedycznej jest to interdyscyplinarna nauka stosowana, opracowująca skuteczne sposoby i procedury postępowania w celu wykrycia przestępstw i ich sprawców. Zdecydowanie interdyscyplinarność tą widać w zaprzęgnięciu potęgi chemii do rozwikływania różnych zagadek. Do nich należą chociażby takie:

„Jak wykryć ślady krwi, których nie widać gołym okiem?”

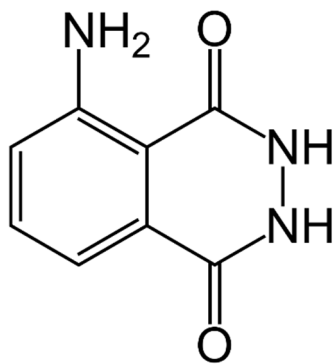
„W jaki sposób wykorzystać poszlaki, takie jak odciski palców, zostawione przez sprawcę?”

„Jak można stwierdzić, czy dana osoba była pod wpływem substancji odurzających w momencie popełnienia przestępstwa?”

Na te i wiele innych pytań udało się już chemii udzielić odpowiedzi. Postaram się jedynie przybliżyć nieco jej treść. W rzeczywistości zagadnienia, które tu poruszę, są znacznie bardziej rozbudowane, a całkowite zgłębienia ich tajników byłoby czasochłonne. Chemia jest dziedziną niezwykle rozległą, którą należy poznawać krok po kroku. Tutaj wykonam jedynie pierwszy krok, a zrobienie kolejnych zostawiam tym, którzy tak jak ja poczują chęć wyruszenia w długą podróż przez fascynujący świat atomów i cząsteczek.

Luminol – łatwy sposób na wykrywanie krwi

Na samym początku przyjrzymy się pierwszemu z postawionych pytań: jak z pomocą metod chemicznych w prosty sposób możemy znaleźć pozostałości krwi? Dostyć dobrym (choć niebędącym nieomyślnym) sposobem jest zastosowanie specjalnego roztworu, którego głównym składnikiem jest luminol, związek organiczny o dość prostej budowie (rys. 1). Powszechnie znane są efekty jego działania, gdyż są to obecne w niemal każdym serialu o tematyce kryminalnej świecące w ciemności niebieskie ślady, ułożone w kształt plam (rys.2). Dużą zaletą tej metody jest fakt, że odtwarza ona na tyle wiernie układ śladów krwi, że możliwe jest ustalenie typu rany, z której pochodzi. Ponadto charakterystyczna jest duża czułość, pozwalająca dostrzec nawet usunięte ślady krwi.

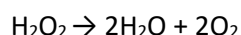


Rys. 1 Wzór strukturalny luminolu

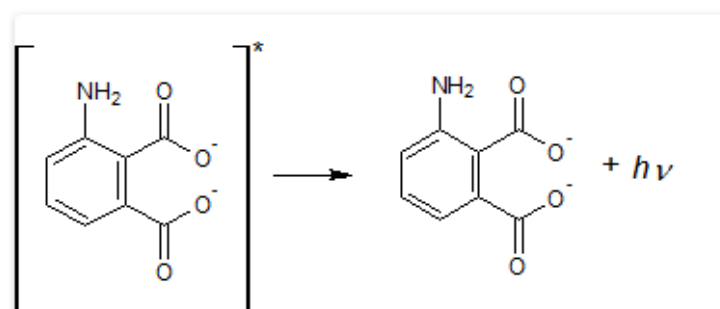
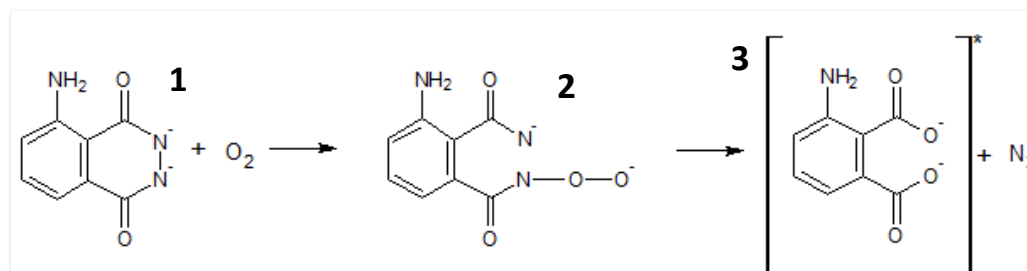


Rys. 2 Barwne plamy powstaje po spryskaniu śladów krwi roztworem luminolu

Mechanizm działania luminolu opiera się głównie na obecności utleniacza (nadtlenku wodoru, znanego pod postacią 3% roztworu – wody utlenionej) i jonów żelaza w krwi. Pod wpływem jonów Fe^{3+} nadtlenek wodoru ulega rozkładowi na tlen i wodę, zgodnie z równaniem:



Następnie luminol reaguje z powstałym in situ tlenem (1). Produktem reakcji jest nietrwały nadtlenek (2), który rozpada się na anion dikarboksylowy (3) z odszczepieniem cząsteczkowego azotu. W tym etapie rozerwanie wiązań powoduje wzbudzenie atomów tlenu, które wracając do stanu podstawowego, emitując promieniowanie elektromagnetyczne o długości odpowiadającej niebieskiej barwie w spektrum światła widzialnego.



Analiza sposobu działania tej metody umożliwia wskazanie pewnych jej wad. Ze względu na całkowitą zależność od tego, czy rozkładowi ulegnie nadtlenek wodoru, możliwe jest manipulowanie wynikami próby poprzez stosowanie innych substancji katalizujących (przyspieszających) rozkład nadtlenku wodoru lub ułatwiających utlenianie luminolu przy pomocy H_2O_2 . Należą do nich chociażby heksacyjanożelazian (II) potasu ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$), działający podobnie jak jony Fe^{3+} , czy też peroksydaza – enzym obecny m.in. w chrzanie, przyspieszający reakcje utleniania związków organicznych za pomocą nadtlenku wodoru.

Innym problemem luminolowej metody wykrywanie krwi jest niszczenie materiału DNA obecnego na badanych przedmiotach. Jest to znaczna wada, zważając na to jak cennych informacji może dostarczyć analiza materiału genetycznego sprawcy, równie często stosowana w kryminalistyce.

Mimo to luminol znajduje swoje zastosowanie w tym zakresie, szczególnie ze względów praktycznych (łatwo jest przygotować i nanosić na powierzchnie roztwór luminolu), jak i ekonomicznych (istnieją liczne metody syntezy tego związku, przy czym wszystkie opierają się o dość powszechne odczynniki, przez co otrzymanie luminolu jest stosunkowo tanie).

Chemiczna strona daktyloskopii

Zbieranie z miejsca zbrodni odcisków palców przestępcy jest równie znaną jak wykrywanie krwi techniką wykorzystywaną w kryminalistyce. Przez dekady stosowano dość zbliżone metody pobieranie odcisków w celu ustalenia czy umożliwi on powiązanie z konkretną osobą. Podstawową czynnością podczas procesu jest posypywanie proszkiem daktyloskopijnym (np. argenteratem, złożonym m.in. z drobno sproszkowanego stopu aluminium), odpowiednimi barwnikami lub okadzanie miejsca cyjanoakrylanami.



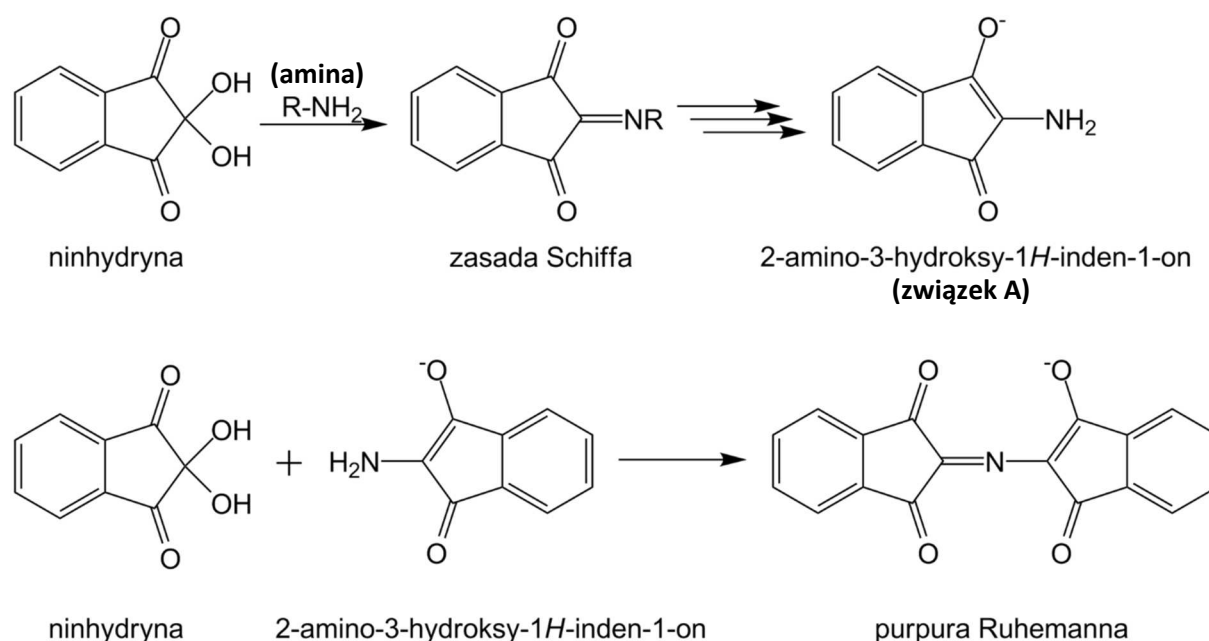
Rys.3 Odciski pokryte argenteratem

Najmniej chemiczną jest zdecydowanie pierwsza z tych metod. Działanie argenteratu opiera się jedynie na selektywnym przyleganiu do śladów tłuszczowo – potowych pozostawionych w miejscu odcisku (rys.3), przy czym modyfikacje składu argenteratu mogą umożliwić np. świecenie odcisków w świetle UV.

Ciekawszą (choć również bardziej fizyczna niż chemiczna) jest metoda cyjanoakrylowa. Nie tylko jest bardziej spektakularna, ale również możliwe jest jej powtórzenie w domowych warunkach (z użyciem kleju cyjanoakrylowego).

Jej działanie opiera się, podobnie jak w przypadku argenteratu, na przyleganiu do śladów, gdzie z fazy gazowej cyjanoakryl przechodzi do fazy stałej, tworząc przy tym charakterystyczne białe ślady w miejscu odcisków palców (rys.4).

Z perspektywy chemika interesujący jest natomiast sposób działania ninhydryny. Oprócz zastosowania w daktyloskopii, jest powszechnie używana do wykrywania aminokwasów (związków budujących białka) i amin pierwszorzędowych (w uproszczeniu: związków zawierających w swojej cząsteczce ugrupowanie $-NH_2$). Jako że w odciskach palców możemy znaleźć różne aminokwasy, kryminalistyka wykorzystwała tę właściwość ninhydryny do wybarwiania śladów na kolor fioletowoniebieski z pomocą jej alkoholowego roztworu. Sam mechanizm jest dość skomplikowany, a jego najważniejsze etapy to przekształcenie ninhydryny w iminę (zasadę Schiffa), a następnie dalsza przemiana w związek A, który reaguje z inną cząsteczką ninhydryny, tworząc purpurę Ruhemanna, odpowiadającą za ostateczny kolor.





Rys. 4 Odciski palców – metoda cyjanoakrylowa

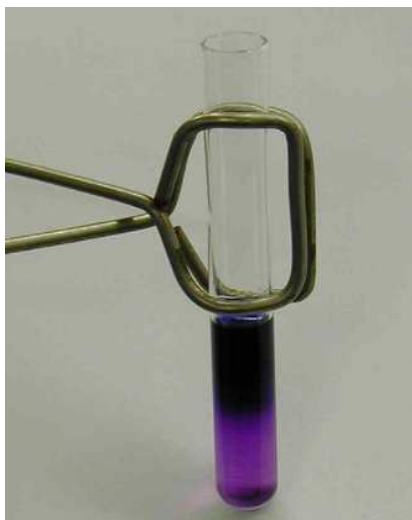


Rys. 5 Odcisk palca – metoda ninhydrynowa

Warto wspomnieć również, że oprócz stosowania odcisków palców do badań czystko daktyloskopowych, możliwe jest wykorzystanie zebranych przy okazji substancji (m.in. DNA) do innych badań. Wysarczyć jedynie 5nL materiału.

Pod wpływem czy nie?

Jeszcze innym problemem, z którym śledczy mierzą się częstokroć podczas dochodzeń, jest obecność substancji psychoaktywnych w ciele przestępcy. Obecnie stosuje się liczne metody testowania. Najczęściej analizie poddawane są krew, mocz lub ślina, ale możliwe jest też badanie włosów. Ostatnia z tych metod ma jedną dużą przewagę: substancje odurzające utrzymują się we włosach znacznie dłużej, bo aż do 90 dni. W dalszej części przyjrzymy się sposobom wykrywania THC (tetrahydrokannabinolu) i metamfetaminy.

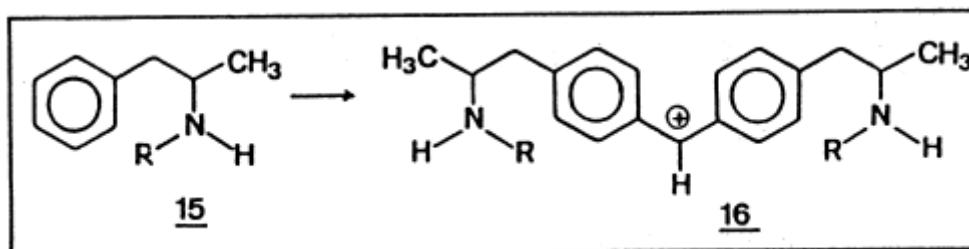


Rys. 6 Pozytywny wynik próby Duquenoisa–Levine'a

Pierwszą z substancji, wraz z jej metabolitami, można wykryć za pomocą testu Duquenoisa–Levine'a. Podstawowymi odczynnikami potrzebnymi do przeprowadzenia go są wanilina (ta sama, która jest używana w kuchni w cukrze wanilinowym), aldehyd octowy oraz alkohol etylowy (jako rozpuszczalnik). Opisany roztwór wlewa się do badanej próbki i dodaje stężony kwas solny. Jeśli w próbce obecne są kannabinoidy (do których należy THC), zabarwi się ona na fioletowo, a po dodaniu chloroformu i wytrząśnięciu, barwa ta przejdzie do chloroformu (rys. 6).

Do badania zawartości metamfetaminy (oraz szeregu innych substancji, takich jak kodeina, heroina czy ecstasy) służy odczynnik Marquisa. Jego jedyne dwa składniki to formaldehyd (stosowany

również do utrwalania preparatów anatomicznych) i stężony kwas siarkowy. Dla metamfetaminy i amfetaminy o pozytywnym wyniku świadczy pomarańczowe lub brązowe zabarwienie. Wynika ono z tworzenia się związków, które strukturalnie wyglądają jak dwie cząsteczki danej substancji psychoaktywnej, połączone ze sobą pośrodku za pomocą jednego węgla. Dla metamfetaminy i amfetaminy reakcja wygląda w następujący sposób:





Rys. 7 Próba Marquisa dla metamfetaminy (po lewej) i amfetaminy (po prawej)

Podsumowanie

Chemia jako dziedzina nauki z pewnością nie może być uznana za ograniczoną jedynie do teoretycznych rozważań o reakcjach, które mają małe znaczenia praktyczne. Posiada ona walory narzędzia do tworzenia nowych wynalazków, ułatwiających wiele czynności, takich jak chociażby przedstawione badania obecności narkotyków, śladów krwi czy odcisków palców. Jeśli dobrze przyjrzymy się otaczającemu światu, oprócz zastosowań w niecodziennych sytuacjach spraw kryminalnych, dostrzeżemy również znaczny wpływ chemii na procesy zachodzące w życiu codziennym. Chemia, jak i inne nauki przyrodnicze, jest kluczem do zrozumienia tego, co nas otacza. Widza chemiczna pozwala świadomiej korzystać z osiągnięć technologicznych naszej cywilizacji i unikać pułapek zastawianych na osoby nieposiadające kompetencji w zakresie tej dziedziny (wszelkich teorii pseudonaukowych, takich jak miracle mineral solution czy strukturyzacja wody). Z tych i wielu innych względów warto, w mojej opinii, choć w nieznacznym stopniu zainteresować się chemią, zaczynając od prostego kroku zauważenia i docenienia ogromu jej wpływu na życie, zarówno to codziennej, jak i niecodzienne.