

Anna Wręczycka

Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Częstochowa

ZAGROŻENIA PODCZAS EKSPERYMENTOWANIA W SZKOLNEJ PRACOWNI CHEMICZNEJ

Streszczenie: Eksperyment chemiczny jest jednym z najważniejszych elementów procesu nauczania i uczenia się chemii, ale jest też źródłem niebezpieczeństw ze względu na toksyczne właściwości stosowanych w doświadczeniach chemikaliów. W pracy podkreślono wagę przygotowania rzeczowego nauczycieli z zakresu toksykologii, w kontekście bezpieczeństwa pracy laboratoryjnej ucznia.

Znaczenie eksperymentu w nauczaniu chemii

Program nauczania – realizowany na bazie minimum programowego z chemii – wymaga od uczniów umiejętności wykonywania prostych doświadczeń chemicznych oraz prawidłowego i bezpiecznego posługiwania się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi. Nauczanie chemii, w zgodzie z zasadami dydaktycznymi, powinno być oparte na pracy laboratoryjnej ucznia. Z wykonanych doświadczeń uczniowie powinni samodzielnie wyciągać i formułować wnioski oraz opisywać je za pomocą terminologii i symboliki chemicznej. Doświadczenia chemiczne nie powinny stanowić tylko ilustracji słów nauczyciela, lecz służyć samodzielnemu problemowemu zdobywaniu wiedzy, są więc ściśle powiązane z metodami nauczania. Wykonywanie doświadczeń przez uczniów jest okazją do kształtowania nawyków umiejętnego, zgodnego z normami BHP posługiwania się chemikaliami i sprzętem laboratoryjnym. Poczucie zadowolenia z dobrze wykonanego doświadczenia sprzyja pozytywnej motywacji uczenia się i rozwija zainteresowania uczniów.

W przygotowaniu nauczyciela do lekcji ważną rolę odgrywają rozważania dotyczące działalności laboratoryjnej na tle założonych celów lekcji. Obejmują one ustalenie funkcji dydaktycznej każdego planowanego doświadczenia i miejsca doświadczenia w toku lekcji, wybór i adaptację doświadczeń do wyposażenia pracowni, decyzję o formie wykonywania doświadczenia (pokaz nauczycielski, doświadczenie uczniowskie wykonywane indywidualnie lub grupowo) oraz ocenę stopnia przygotowania uczniów do działalności laboratoryjno – doświadczalnej. Przygotowanie lekcji powinno kończyć się wykonaniem projektowanego doświadczenia. Tak więc eksperyment chemiczny jest jednym z najważniejszych elementów procesu nauczania i uczenia się chemii, ale też jest głównym źródłem niebezpieczeństw.

Programy ćwiczeń szkolnych zawierają wiele doświadczeń, które ilustrują chemiczne zagrożenia środowiska, obejmujące badanie składu chemicznego gleby, wody i żywności. Doświadczenia te są szczególnie ważne w dążeniu do ukształtowania wśród uczniów odpowiedniej świadomości ekologicznej. Jednakże z reguły opisy doświadczeń nie zawierają omówienia sposobu neutralizacji produktów po przeprowadzonych doświadczeniach, co kłóci się z funkcją wychowawczą eksperymentu chemicznego. Uczeń powinien w programie zajęć uzyskać z podręcznika nie tylko zasadnicze wiadomości merytoryczne o właściwościach opisywanych substancji i o podstawowych procesach chemicznych, ale także powinien przyswoić sobie wiadomości o właściwościach toksycznych i o sposobach ochrony zdrowia, a co więcej, o sposobach udzielania pierwszej pomocy w razie wypadku, np. zatrucia, oparzenia, itp. Nie można pominąć takich ważnych informacji, gdy przystępuje się do jakichkolwiek czynności z substancjami szkodliwymi dla zdrowia. Zajęcia szkolne, nawet z bardzo szkodliwymi substancjami (toksycznymi, parzącymi, alergizującymi, itp.) są pozbawione ryzyka jeśli są skrupulatnie nadzorowane i przeprowadzone z zachowaniem wszystkich odpowiednich zaleceń BHP. Uczeń powinien z podręcznika szkolnego dowiedzieć się jak powinno wyglądać prawidłowo i celowo urządzone pomieszczenie pracowni (laboratorium chemicznego) – jakie są niezbędne urządzenia i jakie prawidłowe zabezpieczenia ochronne (okulary, maski, pochłaniacze, rękawice itp.).

Mechanizm oddziaływania substancji toksycznych na organizm człowieka

Postęp wiedzy, a zwłaszcza biologii molekularnej, oraz rozwój technik badawczych i analitycznych umożliwiły rozwinięcie badań poznawczych, głównie poszukiwań mechanizmów oddziaływania toksycznego. Ujawniły one nowe kierunki szkodliwego wpływu trucizn na organizmy żywe, np. działanie genotoksyczne, rakotwórcze, immunotoksyczne i teratogenne [1].

W warunkach laboratorium chemicznego wnikanie substancji toksycznych do organizmu człowieka następuje drogami oddechowymi, przez skórę oraz przewód pokarmowy. Bardzo istotne znaczenie mają drogi oddechowe, gdyż wiele substancji toksycznych może występować w postaci gazów, par lub aerozoli.

Większość trucizn dostając się do organizmu ulega w nim przemianie. W zależności od rodzaju związku, jego przemiany dotyczą wszystkich lub niektórych wprowadzonych do organizmu substancji i mogą być bardziej lub mniej głębokie. Jest wiele substancji wydalanych z organizmu w całości w postaci niezmienionej, przykładem są niższe węglowodory alifatyczne [2].

Wiele związków ulega w organizmie całkowitej przemianie, dochodzącej w poszczególnych przypadkach do krańcowych produktów przemiany - tlenku węgla (IV) i wody. Przykładem całkowicie rozpadających się substancji są estry kwasów tłuszczowych i alkoholi alifatycznych [3]. W zależności od budowy chemicznej trucizn, przemiana ich może zachodzić w różnych narządach i tkankach, m.in. we krwi; największe znaczenie w tym procesie odgrywa wątroba.

W większości przypadków metabolizm trucizn w organizmie powoduje powstawanie produktów mniej toksycznych niż substancje wyjściowe, inaczej mówiąc przemiana trucizn prowadzi do ich unieszkodliwiania. Przemiana trucizn w organizmie następuje za pośrednictwem określonych reakcji biochemicznych, które można podzielić na cztery główne typy - utlenianie, redukcja, hydroliza i synteza. Reakcje utleniania, redukcji i hydrolizy są liczne i różnorodne, jednak związki o zbliżonej strukturze w zasadzie ulegają utlenieniu, redukcji lub hydrolizie w podobny sposób. Często w procesie metabolizmu substancji następuje zmiana jednych typów przemian w drugie, np. benzen utlenia się do fenolu, który reaguje później z kwasem glukonowym lub siarkowym(VI) i w ten sposób jest z organizmu wydalany [2]. Reakcje syntezy natomiast są najczęściej jedynym typem zmian związku, stanowiąc ich fazę końcową. Wszystkie stadia przemian przebiegają z zasady z udziałem różnorodnych enzymów [1].

Uwolnienie się organizmu od trucizn i metabolitów następuje różnymi drogami, głównie przez płuca, nerki i jelita. Substancje lotne są w znacznym stopniu wydalone podczas oddychania. Przemiana trucizn prowadzi do powstawania substancji bardziej rozpuszczalnych, co zwiększa możliwość wydalania ich z moczem. Sole metali ciężkich mogą być usuwane z organizmu z wymiotami. Niektóre substancje wydalone są z potem i śliną. Dość często organizm uwalnia się od trucizn i metabolitów od razu kilkoma drogami, przykładem może być alkohol etylowy. Większa część alkoholu ulega w organizmie przemianom. Ok. 10% ogólnej ilości wydalana jest w postaci nie

zmienionej, przeważnie z powietrzem wydychanym, a pozostałość wchłoniętego etanolu utlenia się poprzez aldehyd i kwas octowy do CO_2 i H_2O [3]. Każda trucizna wykazuje swoje, charakterystyczne powinowactwo do danego narządu, dlatego kumuluje się w określonym miejscu organizmu. Rozmieszczenie substancji w organizmie w większości przypadków jest ściśle związane z ich metabolizmem. Efekt toksyczny zależy także od biologicznych właściwości organizmu, czyli od jego wieku, wrażliwości genetycznej, stanu zdrowia, płci, wyczerpania fizycznego oraz psychicznego itp.

Klasyfikacja substancji toksycznych

Czynniki wpływające na toksyczność można ująć w dwie grupy – pierwsza to właściwości fizykochemiczne substancji toksycznej, do drugiej zaś zalicza się czynniki biologiczne zależne od uwarunkowań ustrojowych. Czynniki grupy pierwszej są nazywane często zewnątrzustrojowymi i są związane z rozpuszczalnością związku [4]. Wiele groźnych trucizn charakteryzuje się dobrą lub bardzo dobrą rozpuszczalnością. Największe zagrożenie dla organizmu ludzkiego i zwierzęcego stanowią te związki toksyczne, które są dobrze rozpuszczalne w wodzie i lipidach. O toksyczności substancji decydują m. in. nie tylko rozpuszczalność, lecz także współczynnik podziału (R), czyli iloraz stężeń tej substancji, najczęściej w temp. 37°C , w dwu nie miesających się ze sobą fazach ciekłych w stanie równowagi.

Współczynnik podziału może określać siłę działania toksycznego związku. W przypadku wielu środków odurzających działanie farmakodynamiczne i toksyczne zwiększa się wraz ze wzrostem współczynnika podziału, gdyż więcej substancji toksycznej przechodzi przez barierę lipidową neuronów i kumuluje się w mózgu i tkance tłuszczowej [2]. Rolę współczynnika podziału w odniesieniu do układów gaz-ciecz (np. powietrze-olej), w których rozpuszcza się gazowa substancja toksyczna spełnia stała Henry'ego, na podstawie której można wnioskować o drodze wchłaniania substancji z powietrza do organizmu (przez skórę lub przez płuca).

Niezależnie od budowy chemicznej związku, określającej jego toksyczność, działanie toksyczne w wielu przypadkach wynika z jego dużej lotności. Niska temperatura wrzenia, a zatem duża prężność par, jest istotnym czynnikiem fizykochemicznym przyspieszającym zatrucia substancją. Jest to bardzo dobrze uwidocznione na przykładzie homologów benzenu. Benzen jest jedną z najbardziej szkodliwych trucizn przemysłowych, wiąże się to z jego niską temperaturą wrzenia (80°C) i dużą prężnością pary, w temp. 20°C , wynoszącą 13,3 kPa (100 mm Hg), a zatem dużą lotnością (dwukrotnie większą niż toluenu i blisko pięciokrotnie większą od ksylenu i etylobenzenu) [4].

Istnieje zależność między średnicą cząstki trucizny a jej działaniem toksycznym. Cząstki o średnicy poniżej $1\ \mu\text{m}$ są wchłaniane przez dużą powierzchnię pęcherzyków płucnych drogą dyfuzji, a następnie bezpośrednio przenikają do krwiobiegu z pominięciem wątroby. Cząstki o średnicy powyżej $5\ \mu\text{m}$ są zatrzymywane w górnych odcinkach dróg oddechowych [5].

Obecność w cząsteczce związku alifatycznego wiązania wielokrotnego nie tylko wpływa na zwiększenie reaktywności chemicznej i na zwiększenie hydrofilowości związku, lecz przede wszystkim na nasilenie jego toksyczności w organizmie ludzi i zwierząt. Podobnie jak w związkach cyklicznych, wiązanie wielokrotne charakteryzuje duży potencjał oksydacyjny, który w organizmie żywym wywiera niekorzystne działanie polegające na utlenianiu ważnych funkcyjnie grup sulfhydrylowych, występujących w zredukowanym glutationie, cysteinie, metioninie i innych związkach [2].

Toksycznością różnią się zazwyczaj izomery danego związku. Ogólnie można przyjąć, że związki o ugrupowaniu *para* są przeważnie toksyczne, *meta* – mniej, a *orto* rzadko wykazują toksyczność. Jest to często związane z dobrą rozpuszczalnością związków *para* lub niską temperaturą wrzenia, jak w przypadku *p*-ksylenu [6]. Enancjomeria odgrywa dużą rolę w określeniu działania toksycznego. Istnieje wiele przykładów opisujących występowanie enancjomerii wśród leków i trucizn oraz zależność ich aktywności lub zmiany działania od poszczególnych form izomerycznych [7]. Ogólnie można sformułować zasadę, że lewoskrętne izomery trucizn są dla organizmów żywych bardziej toksyczne wskutek dużej aktywności biologicznej związanej z rozpuszczalnością, dużej prężności par, a także ich biotransformacji. Organizm ludzki jest zbudowany z lewoskrętnych aminokwasów białek i dlatego lewoskrętne odmiany leków i trucizn zwiększają ich udział w przemianie.

Na toksyczność związków mają wpływ podstawniki, niektóre spośród nich, np. $-\text{NH}_2$, $-\text{NO}_2$, $-\text{CH}=\text{CH}_2$ zwiększają toksyczność związku, inne natomiast, np. $-\text{COOH}$, $-\text{N}=\text{N}-$, $-\text{SO}_3\text{H}$ zmniejszają toksyczność; w podziale tym nie ma jednak pełnej jednoznaczności [8].

Podsumowanie

Oparcie nauczania na pracy eksperymentalnej uczniów stanowi specyfikę przedmiotów przyrodniczych – chemii, biologii i fizyki. Praca laboratoryjna uczniów powinna stanowić podstawę nauczania chemii. Podejście takie prezentowali polscy dydaktycy przyrodoznawstwa już w końcu XIX stulecia [9,10].

W XX wieku gorącym propagatorem metody problemowo-laboratoryjnej w nauczaniu chemii był najwybitniejszy polski dydaktyk chemii Jan Harabaszewski [11]. W badaniach osiągnięć szkolnych z chemii stwierdzono występowanie korelacji między umiejętnościami laboratoryjnymi uczniów i ich wynikami nauczania [12]. Wiedza na temat przemian substancji toksycznych w organizmie człowieka jest przydatna nauczycielom chemii. W trakcie wykonywania doświadczeń należy zdawać sobie sprawę z właściwości stosowanych związków chemicznych, dróg ich przenikania do organizmu człowieka, przemian biochemicznych oraz toksyczności. Jest to zagadnienie ważne również w aspekcie ewentualnej konieczności udzielenia pierwszej pomocy osobom poszkodowanym.

Ostatnie lata zmieniły istotnie zakres znaczeniowy pojęcia trucizny, przenosząc go na większość związków chemicznych i czynników szkodliwych. Występuje obieg biochemiczny ksenobiotyków w środowisku przyrodniczym [13]. Zwiększyła się również płaszczyzna zamierzonego oraz nie zamierzonego kontaktu człowieka i otaczającego go środowiska z truciznami. Słynne jest i do dzisiaj aktualne stwierdzenie szwajcarskiego lekarza, przyrodnika i filozofa Theophrastusa Bombastusa von Hohenheima (1493-1541), zwanego Paracelsusem, że „wszystko jest trucizną i nic nie jest trucizną, a tylko dawka decyduje, że jakaś substancja jest trucizną”.

LITERATURA

1. S. Smoczyński, W. Damicz, R. Amarowicz, *Chemiczne aspekty higieny żywności*, PWN, Warszawa 1986
2. W. Seńczuk, *Toksykologia, Podręcznik dla studentów farmacji*, PZWL, Warszawa 1990
3. J. Dobrowolski, *Analiza chemiczna*, PZWL, Warszawa 1976; *Poradnik Fizykochemiczny*, Praca zbiorowa, WNT 1974
4. N. W. Skinder, *Chemia a ochrona środowiska*, WSiP, Warszawa 1991
5. T. Dutkiewicz, *Chemia toksykologiczna*, PZWL, Warszawa 1974
6. W. Rusiecki, P. Kubikowski, *Toksykologia współczesna*, PZWL, Warszawa 1977
7. A. Danysz, R. Gryglewski, *Farmakologia*, PZWL, Warszawa 1977
8. M. Heilpern, *Zarys metodyki ogólnej nauk przyrodniczych*, wyd. im. Staszica, Warszawa 1895
9. W. Nalkowski, *Zarys metodyki geografii*, Wydawnictwo Pedagogiczne Polskiego Związku Nauczycielskiego, Warszawa 1908
10. J. Harabaszewski, *Metodyka chemii*, Książnica Atlas, Lwów – Warszawa 1932
11. N. W. Skinder, *Osiągnięcia szkolne z chemii*, t. VII, IKN, Warszawa 1988
12. S. F. Zakrzewski, *Podstawy toksykologii środowiska*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995

Anna Wręczycka

Dangers in chemical experiments made in the school laboratory

Abstract: Experiment, an important factor so in teaching as well as in learning chemistry, is also a source of dangers due to toxicity of reagents used. It is pointed out that in view of the safety of pupils making chemical experiments, teachers should have a good knowledge of toxicology.