

## 1.2.2 ZAJĘCIA LABORATORYJNE JAKO SPECYFICZNA FORMA KSZTAŁCENIA

*Anna Florek*

Doświadczenie jest w procesie nauczania chemii wyjątkowym źródłem wiedzy o substancjach, ich właściwościach i procesach, którym ulegają oraz narzędziem weryfikacji hipotez badawczych formułowanych w przypadku uczenia się drogą naukowego poznania. Niezależnie od pełnionej funkcji dydaktycznej, eksperymenty są zawsze związane ze wzmożoną aktywnością intelektualną, werbalną, sensomotoryczną i emocjonalną uczących się.

Zajęcia laboratoryjne są obowiązującym elementem kształcenia chemicznego na poziomie szkoły wyższej, ponieważ wspomagają formowanie i rozumienie koncepcji naukowych, są narzędziem rozwiązywania problemów badawczych oraz oczywiście kształcą umiejętności praktyczne niezbędne w pracy zawodowej [1-3].

Za najważniejsze cele edukacyjne praktycznych zajęć laboratoryjnych przyjmuje się [4,5] kształcenie i doskonalenie u studentów następujących kompetencji:

- wykonywanie wszelkich czynności manualnych,
- prowadzenie obserwacji,
- analiza i interpretacja danych eksperymentalnych,
- planowanie eksperymentu.

### **Organizacja zajęć laboratoryjnych**

Zazwyczaj każdy cykl zajęć laboratoryjnych rozpoczyna się zajęciami organizacyjnymi, podczas których prowadzący zapoznaje studentów z zasadami bezpieczeństwa oraz z ich specyfiką. Na tych zajęciach student powinien uzyskać informacje o organizacji pracowni, wymaganiach, kryteriach zaliczenia, sposobie i formach oceniania (ogólnie ustalonych, a także indywidualnych, o których decyduje prowadzący ćwiczenia) a przede wszystkim o celach danych zajęć. W przypadku jednolitego tematycznie cyklu zajęć przydatne jest także wprowadzenie w szerszy kontekst ćwiczeń, np. przemysłowy, środowiskowy, sądowy itd., zaciekawienie studentów i zmotywowanie do pracy.\*

#### Plan zajęć organizacyjnych:

1. Informacje wprowadzające.
2. Organizacja pracowni.
3. Plan nauki w semestrze.

#### 4. Zasady zaliczenia pracowni. Zakres wymagań.

#### 5. Regulamin i przepisy BHP.

Zgodnie z zasadami dydaktyki nie poleca się prezentowania studentom I roku gotowych zasad bezpieczeństwa jedynie jako obowiązujących przepisów narzuconych przez czynniki wyższe. Wydaje się być istotnym nie tylko wyjaśnianie studentom „co” jest ważne z punktu widzenia BHP, ale „dlatego” konkretne przepisy obowiązują jako niezbędne środki bezpieczeństwa. Można np. zaproponować studentom w grupach opracowanie własnej wersji regulaminu pracowni wraz z uzasadnieniem poszczególnych punktów, a następnie omówić ich prezentacje. Można też zastosować inscenizację\*. Na wielu uczelniach student nie ma prawa wstępu do laboratorium przed zaliczeniem testu dotyczącego zasad BHP w 100%. Oczywiście w trakcie dalszej nauki studenci powinni zapoznawać się z obowiązującymi w Polsce przepisami, ustawami dot. m.in. bezpieczeństwa chemicznego, bezpieczeństwa miejsca pracy, jako tymi, które będą ich obowiązywać w życiu zawodowym.

**Zajęcia wprowadzające** do poszczególnych zajęć z cyklu (ang. *pre-lab activities*) często w naszej rzeczywistości ograniczają się do sprawdzenia przygotowania się studentów do ćwiczeń. Oczywiście jest to niezbędne z wielu powodów: po pierwsze – aby uzyskać zakładane efekty kształcenia (trudno rozwiązywać problemy, nie mając niezbędnej wiedzy, a w najbardziej powszechnie stosowanej formie laboratorium brak czasu specjalnie przeznaczonego na jej zdobycie), po drugie – tylko student, który wie co, w jaki sposób i dlaczego ma zmierzyć/wykonać, ma szansę zrobić to w sposób bezpieczny dla siebie, kolegów pracujących w pobliżu i często cennej aparatury. Bywa to realizowane jako tzw. kolokwium wstępne, przeprowadzane w różnej formie: pisemnej (jednak, jeśli brak jest możliwości sprawdzenia prac pisemnych przed rozpoczęciem zajęć laboratoryjnych, to celem kolokwium jest jedynie dyscyplinowanie studentów i motywowanie do systematycznej pracy) lub ustnej (pozwalającej wszystkim przysłuchującym się wypowiedziom na uzupełnienie ew. braków). Często stosuje się formułowanie wymagań w postaci zagadnień do przygotowania, bądź też zestawu pytań obejmujących całość wymaganej wiedzy. Zamiast kolokwium wprowadza się na zajęciach wstępnych dyskusję studentów nad przedstawionym przez prowadzącego i związanym z tematem ćwiczenia problemem (umożliwiająca nauczycielowi wychwycenie wątpliwości, niejasności i luk w wiedzy studentów, a jednocześnie wyjaśnienie i uzupełnienie jej) lub zbiór trzech-czterech 5-minutowych prezentacji studenckich połączonych z krótką dyskusją itd.\*\* Na początku zajęć/na zajęciach wprowadzających student przede wszystkim powinien się dowiedzieć (lub na podstawie posiadanej wiedzy sam wymyślić) po co wykonuje dane ćwiczenie laboratoryjne.

---

\*Przykładowy scenariusz inscenizacji został opisany w rozdz. 3.2.

\*\*Przykłady różnych form zajęć wstępnych czytelnik znajdzie w aneksie w rozdz. 1.2.

Na niektórych uczelniach zachodnich organizowane są **podsumowujące spotkania całością grupy** także po wykonaniu serii ćwiczeń lub odbyciu pojedynczych zajęć laboratoryjnych (ang. *post-lab activities*), na których pod okiem asystenta studenci omawiają i interpretują osiągnięte wyniki, poszukują ew. źródeł błędów, określają, czego nowego nauczyli się w toku ćwiczeń, gdzie zdobyta wiedza może znaleźć zastosowanie itd. Tego typu zajęcia umożliwiają prowadzącemu ustrukturyzowanie zdobywanej przez studentów we fragmentach wiedzy oraz sprawdzenie, czy założone cele zostały zrealizowane (studenci zdobyli określone umiejętności).

### **Sposoby prowadzenia zajęć laboratoryjnych**

Strategie wykorzystania eksperymentu\* w nauczaniu chemii, dobór metod nauczania w laboratorium jest ściśle związany z postawionymi celami. Aby scharakteryzować najważniejsze cechy tej formy kształcenia, należy poszukiwać odpowiedzi na następujące pytania:

- Jakie strategie, metody są dostępne w nauczaniu w laboratorium?
- Jakie są wzajemne relacje między stosowanymi metodami (strategiami) nauczania w laboratorium a celami edukacyjnymi?
- Jak jest znaczenie materiałów pomocniczych dla studentów (instrukcji do doświadczeń)?
- Jakie kryteria i jakie metody oceniania znajdują zastosowanie do ćwiczeń laboratoryjnych?

Rodzaj instrukcji dla studentów determinuje strategię pracy podczas ćwiczeń laboratoryjnych. Domin [1] dokonał ich klasyfikacji i wyróżnił cztery główne style instrukcji dla studentów:

1. tradycyjny (weryfikujący) (ang. *expository instruction*),
2. zadanie badawcze (ang. *inquiry instruction*),
3. projekt badawczy (ang. *discovery instruction*),
4. doświadczenie problemowe (ang. *problem-based instruction*).

Każdy z tych stylów, mimo wielu podobieństw, różni się od innych. Główne różnice dotyczą podejścia do uzyskiwanego wyniku, sposobu wnioskowania oraz stosowanej procedury. Różnice te zestawiono poniżej, w tabeli 1.

---

\*Eksperyment, to coś więcej niż doświadczenie, które wyraża tylko aspekt praktyczny, motoryczny. Poza doświadczeniem konieczne jest odpowiednie przygotowanie intelektualne i właściwe spożytkowanie jego wyników. W przypadku eksperymentu uczący się czynnie uczestniczą w poznawaniu procesów. Zwykło się mówić, że obserwator podpatruje przyrodę, eksperymentator zaś analizuje ją i bada. Por. J. Soczewka, *Metody kształcenia chemicznego*, WSiP, Warszawa 1998, rozdz. 2, str. 31.

Tab. 1. Charakterystyka rodzajów instrukcji laboratoryjnych (wg Domin [1])

| Rodzaj (styl) instrukcji                                  | Cechy charakterystyczne   |                          |                         |
|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
|   | Wynik                     | Podejście (wnioskowanie) | Procedura               |
| tradycyjny (eksponujący)<br><i>expository instruction</i> | wiadomy (ustalony) z góry | dedukcyjne               | podana                  |
| zadanie badawcze<br><i>inquiry instruction</i>            | niewiadomy                | indukcyjne               | tworzona przez studenta |
| projekt badawczy<br><i>discovery instruction</i>          | ustalony z góry           | dedukcyjne               | podana                  |
| problemowa<br><i>problem-based instruction</i>            | ustalony z góry           | dedukcyjne               | tworzona przez studenta |

W nauczaniu na poziomie uniwersyteckim ciągle jeszcze dominuje tradycyjne podejście do ćwiczeń laboratoryjnych i najczęściej wykorzystuje się tradycyjne instrukcje do doświadczeń. Ten rodzaj instrukcji jest doskonale znany i można się z nim spotkać w każdym skrypcie.

Interesujące może być zastosowanie przy nauczaniu w laboratorium metodą tradycyjną **kształcenia kontekstowego**.<sup>\*</sup> Nauczaniu w kontekście sprzyjają zmiany organizacji nauczania w ramach systemu bolońskiego i wyodrębnianiu się specjalności we wczesnych etapach studiów oraz kursy chemii dla kierunków niechemicznych. Na przykład na kursie chemii ogólnej i nieorganicznej dla kierunku oceanografia na Uniwersytecie Gdańskim wykorzystano zagadnienia geochemii:<sup>\*\*</sup>

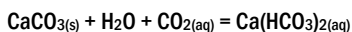
## 5. Wietrzenie chemiczne

### a) Która skała jest najbardziej narażona na wietrzenie chemiczne?

Położ na szkiełkach zegarkowych niewielkie kawałki następujących skał: granitu, wapienia, kredy, dolomitu, marmuru, gliny, piaskowca. Określ pH roztworu „kwaśnego deszczu” przy pomocy uniwersalnego papierka wskaźnikowego. Na każdą badaną próbkę nanieś pipetką Pasteura kilka kropli „kwaśnego deszczu” (roztwór 0,5 M względem kwasu azotowego i 0,5 M względem kwasu siarkowego). Obserwuj zachodzące zmiany.

### b) Reakcje krasowienia

W probówce umieścić niewielką ilość węglanu wapnia i dodać 5 cm<sup>3</sup> wody, całość zamieszać bagietką. Przez otrzymaną mieszaninę przepuszczać strumień CO<sub>2</sub> z butli gazowej. Obserwować zachodzące zmiany.



Tę samą czynność powtórzyć, biorąc węglan magnezu.

Na tej reakcji polega wietrzenie skał wapiennych pod działaniem dwutlenku węgla z powietrza i wody. Węglan wapnia, z którego składają się te skały, przechodzi w Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, który zostaje wymyty wodą i dostaje się do strumieni i następnie do rzek. Stąd wszystkie wody gruntowe zawierają wodorowęglan wapnia nadając wodzie (obok wodorowęglanów magnezu i żelaza) twardość przemijającą.

<sup>\*</sup>Nauczanie kontekstowe zostało szerzej omówione w rozdziale 1.2.3.

<sup>\*\*</sup>Fragment instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych z chemii dla studentów oceanografii.

Por. M. Czaja, D. Wyrzykowski, *Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański*.

W tym podejściu wskazane jest badanie nie tylko czystych substancji (odczynników) chemicznych, ale także produktów naturalnych,\* półproduktów i produktów chemii przemysłowej, analiza nie tylko specjalnie przygotowanych przez personel techniczny mieszanin, ale także próbek wód, ścieków, produktów komercyjnych (np. kosmetyków) itd.

Przykładem ćwiczenia mającego cechy zadania badawczego jest występująca standardowo na pracowni z chemii organicznej analiza jakościowa. Wykonujący ten eksperyment studenci nie otrzymują informacji o substancji, ich zadaniem jest jej identyfikacja. Początkowo student prowadzi badania stosując się do ściśle określonej procedury badawczej, jednakże na dalszych etapach pracy, na podstawie wyników swoich badań, sam podejmuje decyzję, co do kierunku i metod dalszego postępowania. Innym przykładem może być: *identyfikacja dwóch nieznanymi pojedynczych substancji czynnych o zróżnicowanych wzajemnie strukturach (tzw. farmaceutycznych składników recepturowych) na podstawie przeprowadzenia szeregu odpowiednich testów (poznanych wcześniej)* proponowana w trakcie zajęć laboratoryjnych dotyczących chemicznych metod identyfikacji leków prowadzonym dla studentów kierunku chemia medyczna.\*\* W przypadku zadania badawczego bardzo ważne jest sprecyzowanie roli prowadzącego zajęcia, która wpływa na stopień samodzielności pracy studenta.

## Podjęcie problemowe

W ostatnich latach, w wielu ośrodkach, podejmowane są coraz częściej kroki zmierzające do modyfikacji i unowocześnienia ćwiczeń studenckich, zgodnie ze zmianami metod i strategii nauczania mającymi miejsce na innych poziomach kształcenia tj. głównie w szkole średniej [5,6]. Na przykład w Stanach Zjednoczonych, w 1998 roku *National Research Council* zarekomendowała wprowadzanie zmian w procesie nauczania, które prowadziłyby do upodobnienia procesu uczenia się do procesu badawczego [7]. Pozytywne efekty uzyskiwane w nauczaniu w szkole średniej stały się inspiracją do wprowadzania zmian strategii nauczania stosowanych podczas laboratoriów studenckich, prowadzonych w sposób tradycyjny i opartych głównie na tradycyjnych przepisach. Przykładem może być opisane przez McGarvey'a (Uniwersytet w Keele, Anglia) [8] przekształcenie tradycyjnych instrukcji (*expository instruction*) stosowanych w laboratorium chemii fizycznej w ćwiczenia problemowe. Studenci biorący udział w ćwiczeniach mogą samodzielnie „zbierać, doświadczać, rozwijać i doskonalić, uczyć się na błędach...”. Powstały instrukcje dla studentów wykorzystujące podejście problemowe, które jasno formułowały i wskazywały zadania (cele), lecz nie narzucały go-

---

\*Studenci SGGW analizują owoce, warzywa, kwiaty, zioła (zobacz rozdział 1.2.4).

\*\*Zajęcia prowadzone na Wydziale Chemii Uniwersytetu Gdańskiego  
<http://www.chem.univ.gda.pl/kchorg/zalaczniki/leki.pdf>

towych rozwiązań i w których szczegółowe opisy zostały zastąpione jasno przedstawionymi faktami i niezbędnymi informacjami. Natomiast decyzji studenta pozostawiono wybór metody i przygotowanie planu pracy.

W metodzie problemowej studenci sami planują sposób wykonania zadania i rozwiązania problemu, mając do dyspozycji określone wyposażenie, z uwzględnieniem zasad bezpiecznej pracy oraz w określonym limicie czasowym. Studenci decydują o ilości prób, pomiarów, które wykonują. Mają też możliwość wykonania eksperymentów próbnych. W razie napotkanych problemów studenci są zmuszeni weryfikować pierwotny plan działania, samodzielnie pokonywać napotymane trudności techniczne i praktyczne. W konsekwencji różne grupy studentów mogą stosować różne metody i w różny sposób dążyć do osiągnięcia postawionego celu.

Inny niż tradycyjny rodzaj ćwiczeń laboratoryjnych stawia nowe wyzwania zarówno przed studentami, jak i przed nauczycielami. Laboratoria prowadzone metodą problemową wymagają od studentów więcej zaangażowania intelektualnego, są bardziej czasochłonne i częściej rodzą frustracje. Bardzo ważna w dążeniu nauczyciela do stworzenia na laboratorium jak najlepszych warunków uczenia się metodą problemową jest jego wiedza o tym, czego może oczekiwać od studentów na danym etapie kształcenia, jakie mają oni doświadczenie oraz zasób wiedzy, który mogą wykorzystywać do rozwiązywania problemów. Ważne jest, aby zarówno studenci, jak i nauczyciele dostrzegali korzyści, jakie mogą czerpać ze swobody wynikającej z tej metody pozwalającej zdobywać wiedzę i doświadczenie na drodze poszukiwania własnych rozwiązań prowadzących do końcowych rezultatów, w przeciwieństwie do tradycyjnych ćwiczeń, w których student podąża wytyczoną drogą w celu osiągnięcia z góry określonego, jedynie słusznego rozwiązania. Często, w przypadku tradycyjnego nauczania, studenci dopiero wykonując pracę dyplomową, mają szansę samodzielnie rozwiązywać problemy badawcze typowe dla ich późniejszej pracy zawodowej. Metody problemowe pozwalają na kształcenie umiejętności krytycznego podejścia do prowadzenia prac eksperymentalnych, jak również kształcenie jednego z głównych celów stawianych nauczaniu w laboratorium, jakim jest umiejętność planowania eksperymentów [8].

## Ocenianie

Przykładowe kryteria oceniania pracy studentów w laboratorium uwzględniają zarówno pracę studenta podczas zajęć, jak również przygotowany podczas ćwiczeń raport z wykonania eksperymentu, a w przypadku, gdy praca odbywa się w małej grupie, dodatkowo w ocenie występują elementy odnoszące się do pracy studenta w zespole [2]. Model kwestionariusza do oceny pracy studenta przedstawia tabela 2.

Tab. 2. Model kwestionariusza do oceny pracy studenta (wg Hofstein [2]).

| Kryteria            | Ocena w oparciu o sprawozdanie (80%) |                            |                   |            |                         |         |              | Ocena na podstawie obserwacji nauczyciela (20%) |                    |                     |             |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------|------------|-------------------------|---------|--------------|---|--------------------|---------------------|-------------|
|                     | Obserwacja                           | Teoretyczne podstawy badań |                   |            | Wiedza po eksperymencie |         |              | Raport grupowy                                  | Sprawność manualna | Współpraca w grupie | Komunikacja |
| Procent punktów     | 10                                   | 35                         |                   |            | 30                      |         |              | 5   | 5                  | 5                   | 10          |
| Numer doświadczenia | Zapisywanie danych                   | Pytania                    | Stawianie hipotez | Planowanie | Prezentacja wyników     | Wnioski | Podsumowanie | Pisemna prezentacja                             |                    |                     |             |
|                     |                                      |                            |                   |            |                         |         |              |   |                    |                     |             |
|                     |                                      |                            |                   |            |                         |         |              |   |                    |                     |             |
|                     |                                      |                            |                   |            |                         |         |              |   |                    |                     |             |
| Wynik               |                                      |                            |                   |            |                         |         |              |   |                    |                     |             |

**Sprawozdanie z ćwiczenia** w postaci raportu może być przedstawione na gotowym formularzu opracowanym przez zespół prowadzących, zgodnie ze ściśle określonym wystandaryzowanym wzorcem (np. raportu sanepidu, odpowiedzi biegłego na pytanie prokuratora\*), bądź w mniej sformalizowany sposób. Jego celem jest m.in. przygotowanie studenta do krytycznej oceny osiągniętych wyników i prezentacji ich wraz z analizą błędów, co będzie istotne, jeśli podejmą pracę w wyuczonym zawodzie. Ważne jest, aby wymagania, co do zawartości i formy raportu z ćwiczeń laboratoryjnych oraz ich oceniania były dokładnie sprecyzowane i podane studentom przed rozpoczęciem kursu.\*\* Istotnym jest, by przez 3-5 lat studiów sprawozdania studenckie coraz bardziej(!) przypominały raporty sporządzane w firmach przemysłu chemicznego i pokrewnych, akredytowanych laboratoriach i/lub publikacje naukowe.

Prowadzenie ćwiczeń metodą problemową wymaga opracowania odpowiednich metod oceniania, innych niż tradycyjne [2,3,8]. Podczas ćwiczeń studenci muszą zademonstrować swoje zrozumienie do podejścia eksperymentalnego, zbierania danych oraz podstaw teoretycznych eksperymentu, co

\*Tego typu sprawozdanie jest wymagane w ramach specjalizacji z chemii sądowej (patrz aneks rozdz. 1.2.1 i 1.2.2.

\*\*Przykłady oraz szczegółowy regulamin ćwiczeń laboratoryjnych precyzujący bardzo dokładnie sposób oceny studentów znajduje się w aneksie rozdz. 3.

poddawane jest ocenie. Zaproponowano różne formy sprawozdania z pracy laboratoryjnej wykonywanej metodą problemową, np. grupowa prezentacja posteru z elementami oceniania koleżeńskiego, indywidualne raporty laboratoryjne, indywidualne prezentacje multimedialne. W efekcie raporty przygotowywane w oparciu o pracę prowadzoną metodą problemową cechuje większa różnorodność treści i sposobów opisu, co zmniejsza możliwości plagiatu [8]. Ocenianie ćwiczeń prowadzonych metodą problemową powinno być szczegółowo zdefiniowane w odniesieniu do postawionych celów.

Na zakończenie warto podkreślić, że laboratorium jako forma kształcenia kryje w sobie olbrzymi potencjał warty jak najlepszego wykorzystania w nauczaniu chemii.

#### LITERATURA CYTOWANA

1. S.D. Domin, *A review of laboratory instruction styles*, „Journal of Chemical Education”, 76(4) (1998) 543.
2. A. Hofstein, *The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research*, „Chemistry Education: Research and practice”, 3(5) (2004) 247.
3. M. Faraday, *Chemical Manipulation*, W Philips, London 1827.
4. J.G. Buckley, R.F. Kempa, „School Science Review”, 53 (182) (1971) 24.
5. A.H. Johnstone, A. Al-Shuaili, *Learning in the laboratory; some thoughts from the literature*, „University Chemistry Education”, 5 (2001) 42.
6. M.A.M. Meester, R. Maskill, *First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: aims and the scientific level of the experiments*, „International Journal of Science Education”, 17 (1995) 575.
7. National Science Education Standards, Report of the National Research Council, 1996, National Academy Press: Washington DC 1996.
8. D.J. McGarvey, *Experimenting with undergraduate practice*, „University Chemistry Education”, 8 (2004) 58.