

Kilka uwag o uczniowskim eksperymencie na lekcjach fizyki w liceum – kontekst psychologiczny

Elżbieta Małkiewicz, Andrzej Krajna

Uniwersytet Wrocławski, Centrum Edukacji Nauczycielskiej

Celem tekstu jest wskazanie kilku – naszym zdaniem – istotnych z psychologicznego punktu widzenia problemów realizacyjnych związanych z wykonywaniem przez licealistów doświadczeń fizycznych, które wynikają z zapisu celów kształcenia i wymagań określonych w *Podstawie programowej...*

Dla większości uczniów fizyka jest trudnym (czytaj: nie jest „wartościowym”) przedmiotem nauczania, ponieważ sens jej uczenia się jest dosyć niejasno określony (tj. pozostaje na nieczytelnym, z punktu widzenia rozwoju poznawczego ucznia, poziomie). Podobne są przyczyny trudności w nauce czytania i pisanie. Dzieci nie wiedzą, po co mają się uczyć czytać i pisać. Na naszych oczach „fizykoleksja” staje się edukacyjnym faktem społecznym. Czy taka jest przyczyna tego, że tak niewielu uczniom dane jest odkryć piękno i głębię tej dziedziny wiedzy. Z czym to jest związane? Niewątpliwie ze stopniem złożoności treści (ich logicznej struktury) i trudnościami, które towarzyszą nauczycielom w prezentowaniu zastosowań fizycznej wiedzy naukowej w otaczającym świecie. Współautorka artykułu sama doświadczyła tego problemu, będąc uczennicą liceum. Uznając logikę i elegancję wnioskowań fizycznych, w tym zadań (z fizyki miała bowiem ocenę bardzo dobrą), nigdy nie potrafiła przełożyć wyników tych matematycznych rozumowań na praktykę.

Wydaje się, że ważnym łącznikiem między teorią (szkolną wiedzą naukową), a stosowaniem fizyki w praktyce (pogłębionym rozumieniem otaczającej rzeczywistości) jest eksperyment fizyczny. Pozwala on bowiem głębiej wniknąć w analizowane podczas lekcji problemy i zjawiska, unaocznia też, że matematyczne zapisy pozwalają opisać rzeczywistość.

Cele nauczania fizyki na III i IV etapie edukacyjnym

Nasze rozważania zaczniemy od analizy *Podstawy programowej...* W gimnazjum i w klasie I szkoły ponadgimnazjalnej (liceum) cele kształcenia są identyczne. Obejmują one:

1. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
2. Przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników.
3. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.
4. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych).

(za: *Podstawa programowa z komentarzami. Edukacja przyrodnicza*, t. 5, s. 195, 201).

W komentarzu (s. 209) zaznaczono, że *należy rozpocząć od wyrobienia intuicyjnego rozumienia zjawisk, kładąc nacisk na opis jakościowy oraz że wszędzie, gdzie tylko jest to możliwe, należy ilustrować omawiane zagadnienia realnymi przykładami...* . Wskazuje się też, że *należy wykonywać jak najwięcej doświadczeń i pomiarów...*

Wymagania przekrojowe (s. 198-199) wskazują, że uczeń opisuje przebieg i wynik przeprowadzonego doświadczenia, wyodrębnia zjawisko z kontekstu, wskazuje istotne i nieistotne czynniki wpływające na wynik doświadczenia, a także planuje doświadczenie. Z kolei wymagania doświadczalne (s. 199-200) mówią o doświadczeniach, jakie ma uczeń wykonać (dotyczą one 14 obszarów), wskazując, że ma ich wykonać i obserwować jak najwięcej (samodzielnie lub jako pokaz nauczyciela).

Cele kształcenia kładą więc nacisk na zastosowanie zdobytej wiedzy do lepszego zrozumienia rzeczywistości fizycznej poprzez akcentowanie jej funkcji wyjaśniającej codzienne zjawiska (odwołanie się do konkretnych przykładów z życia oraz eksperymentowanie).

W zakresie rozszerzonym (s. 203), realizowanym w II i III klasie liceum cele kształcenia ulegają zmianie. Obejmują one:

1. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
2. Analizę tekstów popularnonaukowych i ocenę ich treści.
3. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstów, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
4. Budowę prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
5. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analizę ich wyników.

Wymagania doświadczalne (s. 208) zawierają 9 obszarów doświadczeń, w których uczeń ma dokonać pomiarów, opisać i przeanalizować wyniki, oraz wykonać i zinterpretować wykresy.

Komentarz (s. 209) mówi m.in. o rozszerzonym zastosowaniu matematyki pod kątem zdolności i zainteresowań uczniów.

Na tym poziomie kształcenia wymaga się więc pogłębionego rozumienia otaczającej rzeczywistości (zastosowanie poznanych praw i zjawisk fizycznych do wyjaśniania procesów zachodzących w przyrodzie), umiejętności pomiarowych oraz umiejętności przetwarzania informacji w formie matematycznej, a także eksperymentowania.

Rozwój operacji formalnych

Zmiana ogólnych celów kształcenia powinna być odniesiona do możliwości intelektualnych uczniów na obu poziomach kształcenia. Prześledzimy ten problem, odwołując się do koncepcji rozwoju intelektualnego Jeana Piageta (Wadworth, 1998; Piaget, Inhelder, 1970). Według tej koncepcji w wieku 11-12 lat rozpoczyna się okres rozwoju operacji formalnych. Charakteryzuje go uwolnienie myślenia od bezpośredniego doświadczenia, co nie było możliwe we wcześniejszej fazie operacji konkretnych. W tej ostatniej – myślenie jest ściśle związane z rzeczywistością, dziecko ma kłopoty z rozwiązywaniem problemów abstrakcyjnych. Z każdym problemem musi sobie radzić osobno, nie potrafi tworzyć ogólnych teorii.

Rozumowanie formalne charakteryzują następujące cechy (Strelau, Doliński, 2008, s. 240; za: Bee, 2004, s.344-346):

- Niezależność od przeszłych i bieżących doświadczeń.
- Zainteresowanie problemami nie związanymi z przeżywanymi z dnia na dzień sytuacjami.

- Myślenie refleksyjne – wyjaśnianie i wyprzedzanie doświadczenia – przewidywanie konsekwencji działań.
- Myślenie formalne – dedukowanie wniosków z czystych hipotez.
- Poszukiwanie rozwiązań problemu w sposób systematyczny i metodyczny.
- Początkowo egocentryzm myślenia (przewaga i wysokie wartościowanie własnego poglądu ucznia), potem stopniowo zdolność do decentracji (w późniejszej fazie adolescencji).
- Pryncypializm, autorytaryzm.
- Intelktualny egocentryzm – to świat ma podporządkować się systemom, nie zaś systemy rzeczywistości.
- Idealizowanie.

Wyżej wymienionym cechom myślenia towarzyszy zaniżone lub zawyżone poczucie własnej wartości ucznia.

Myślenie formalne daje więc możliwość:

- **rozumowania pozakonkretnego** (abstrakcyjnego), hipotetyczno-dedukcyjnego (opartego na hipotezach i symbolach);
- **introspekcyjnego** – zdystansowania się do siebie, analizy własnych zachowań.

Uczeń potrafi wykorzystać **teorie, hipotezy** do rozwiązania zadania (w operacjach konkretnych każdy problem musi być rozwiązany osobno).

W myśleniu formalnym **obowiązuje tzw. logika dwuwartościowa** (rozumowanie w kategoriach prawda/fałsz, czarne/białe, dobre/złe).

Wnioski dydaktyczne

Zgodnie z naszą interpretacją strefy najbliższego rozwoju (por. Małkiewicz, 2005) jest ona wspólnym obszarem działań ucznia i nauczyciela. Uczeń wnosi w nią pojęcia potoczne – wiedzę o zjawiskach fizycznych wyniesioną z własnych doświadczeń oraz z lekcji przyrody i fizyki z niższych szczebli kształcenia, a także własne możliwości intelektualne dane rozwojowo i zróżnicowane indywidualnie. Nauczyciel natomiast wnosi pojęcia naukowe odpowiadające treściom programowym danego etapu edukacji oraz własny „dorosły” sposób myślenia, różny od sposobu myślenia nastolatka. Eksperyment fizyczny szczególnie sprzyja zderzeniu tych dwóch sposobów widzenia rzeczywistości. Jest on formą eksploracji rzeczywistości fizycznej, będącą w pewnym sensie przedłużeniem naturalnych metod eksploracji charakterystycznych dla dziecka, ale równocześnie, zwłaszcza na poziomie edukacji ponadgimnazjalnej, daje narzędzia wykraczania poza naturalne rozumienie rzeczywistości (por. Krajna, Sujak-Lesz, 2005). Narzędzia te to: rozbudowany język opisu rzeczywistości, matematyka, rozbudowujące się na tym etapie rozwoju wyższe funkcje psychiczne (spostrzegawczość, krytyczne myślenie).

Cele eksperymentu fizycznego w kształceniu na IV etapie to:

- ilustracja, zobrazowanie zjawiska fizycznego,
- wstęp do wnioskowania o ukrytych prawach rządzących rzeczywistością,
- odkrycie prawa (por. Piaget, Inhelder, 1970),
- potwierdzenie wnioskowania o ukrytych prawach,

- wartość odroczone – odwołanie się do wyniku w podobnych i odmiennych sytuacjach,
- rozwój krytycznego myślenia (szukanie praw i cech ukrytych).

W trakcie eksperymentu uczeń powinien wykonać następujące czynności:

- stawianie hipotez (przewidywanie, co się zdarzy),
- zmontowanie eksperymentalnego zestawu do ćwiczeń,
- obserwowanie, co się dzieje, jak przebiega proces,
- przeprowadzenie pomiaru,
- zapisywanie wyników zgodnie z procedurą badawczą podaną przez nauczyciela,
- opracowanie wyników,
- skonfrontowanie wyników z hipotezą, weryfikacja hipotezy, wyjaśnienie przyczyn ewentualnych rozbieżności.

Wymagane umiejętności uczniów warunkujące prawidłowe przeprowadzenie eksperymentu to:

- dobra koordynacja wzrokowo-ruchowa (przygotowanie zestawu do eksperymentu),
- umiejętność obserwacji (w tym dobry wzrok), ważne jest też ukierunkowanie obserwacji oraz organizacja pola spostrzeżeniowego ucznia (porządek na stole), kształtowanie uwagi poprzez wytyczne do obserwacji podane przez nauczyciela,
- umiejętność wykonania pomiaru (dobra koordynacja ręka – oko), dokonania czynności pomiarowych z uwzględnieniem faktu, że pomiar może być niedokładny,
- umiejętności matematyczne – opanowanie przekształceń matematycznych, umiejętności arytmetyczne,
- umiejętność wyciągania wniosków, interpretacji uzyskanych wyników.

Pojawia się pytanie o możliwości ucznia rozumienia eksperymentu i przekraczanie ewentualnych barier w myśleniu ucznia. Jak widać z powyższego zestawienia dobre wykonanie eksperymentu wymaga odpowiedniego poziomu myślenia (poziom operacji formalnych) oraz rozwoju wyższych funkcji psychicznych (Wygotski, 1978) takich jak: dowolnie kierowana uwaga, ukierunkowane spostrzeganie, świadome planowanie działań, krytyczne myślenie.

Uczeń zawsze rozumie przebieg eksperymentu adekwatnie do poziomu rozwoju swoich funkcji poznawczych. Jeśli znajduje się na poziomie rozwoju operacji konkretnych, ściśle związanych z rzeczywistością, może odbierać wyniki eksperymentu jako jednostkowe. Jedynie w momencie omawiania wyników doświadczenia, wierzy nauczycielowi, że ilustrują one prawo ogólne, ale nie przyjmuje tych konstatacji za własne. To, że uczeń liceum znajduje się na poziomie rozwoju operacji konkretnych jest bardzo prawdopodobne. Niestety, twórcy dokumentów programowych odwołują się do rozstrzygnięć teorii psychologicznych dotyczących prawidłowości rozwojowych, a nie do wyników badań możliwości poznawczych uczniów. Tymczasem rzeczywistość szkolna jest inna; według badań amerykańskich (Wadsworth, 1998, s. 131) nie więcej niż połowa populacji osiąga poziom operacji formalnych, a

polskie badania piagetowskie (Palczak, 2001) przeprowadzone przez nauczyciela Zespołu Szkół w Nowej Rudzie mówią, że 80% jego uczniów osiągnęło zaledwie poziom operacji konkretnych. W takim wypadku inne jest też zastosowanie matematyki. Realizacja wzorów wyrażających ogólne prawa zamienia się w operacje arytmetyczne, proste podstawianie danych liczbowych.

Rozumienie eksperymentu przez ucznia może więc być odmienne od tego, które założył nauczyciel. Jednak każdy z nich, niezależnie od wyniku, mówi coś o uczniu, pozwala wyznaczyć strefę najbliższego rozwoju. Nie ma więc eksperymentów nieudanych dydaktycznie, są tylko ich niepełne interpretacje ze strony nauczyciela. Nie sposób tutaj nie wspomnieć o decentracji w pracy nauczyciela. Pamiętajmy, że interpretuje on rzeczywistość fizyczną posługując się myśleniem bardziej złożonym niż operacje formalne – myśleniem dialektycznym (Strelau, Doliński, 2008, s.273-274), które pozwala na jeszcze bogatsze widzenie rzeczywistości. Nie można o tym zapominać, pracując z uczniami.

Zamierzenia badawcze

W Pracowni Dydaktyki Fizyki Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego¹ jest realizowany projekt badawczy dotyczący procesu uczenia się fizyki w szkole, w ramach którego są prowadzone – pod kierunkiem doc. dr Krystyny Sujak-Lesz – rejestrowane zajęcia studyjne z grupami uczniów w różnym wieku.

W ramach tego projektu zamierzamy dokonać porównawczej analizy myślenia i działań poznawczych uczniów ujawniających się w trakcie wykonywania eksperymentów fizycznych. Zaczniemy od obserwacji aktywności nauczyciela i ucznia w czasie wykonywania doświadczeń. Analiza nagrań video, dokumentacji metodycznej i materiałów opracowanych przez uczniów podczas zajęć będzie uwzględniać trzy punkty odniesienia: cele nauczania, czynności umysłowe wykonywane przez ucznia w trakcie eksperymentowania oraz poziom możliwości poznawczych ucznia, wyznaczający strefę jego najbliższego rozwoju. Wyniki tych analiz pozwolą – jak się wydaje – dookreślić i lepiej zrozumieć naturę trudności ucznia i nauczyciela, występujących wtedy, kiedy uczeń eksperymentuje na lekcji, a w konsekwencji ułatwią nauczycielom realizację zapisów *Podstawy programowej*...

Literatura

- Krajna A., Sujak-Lesz K. (2005). *Wypowiedź uczniowska jako źródło informacji o obrazie świata ucznia*, [w:] *Nauczanie przyrody*, praca zbiorowa pod red. E. Arciszewskiej i S. Dylaka. Warszawa: Wydawnictwo CODN.
- Małkiewicz E. (2005). *Pojęcia potoczne i naukowe a proces nauczania i uczenia się*, [w:] *Nauczanie przyrody*, praca zbiorowa pod red. E. Arciszewskiej i S. Dylaka. Warszawa: Wydawnictwo CODN.
- Palczak A. (2001). *Zdarzenia krytyczne w kształceniu matematycznym*, [w:] *Dawne i nowe formy egzaminowania*, pod red. B. Niemierki i W. Małeckiego. Wrocław: Wydawnictwo DSWE.
- Piaget J., Inhelder B. (1970). *Od logiki dziecka do logiki młodzieży*. Warszawa: PWN.

¹ Por. opis projektu na s. 259.

Podstawa programowa z komentarzami. Tom 5. Edukacja przyrodnicza w szkole podstawowej, gimnazjum i liceum – opublikowana na stronie domowej Ministerstwa Edukacji Narodowej <http://www.reformaprogramowa.men.gov.pl/>.

Strelau J., Doliński D. (red.) (2008). *Psychologia. Podręcznik akademicki. Tom 2.* Gdańsk: GWP.

Wadsworth B. J. (1998). *Teoria Piageta.* Warszawa: WSiP.

Wygotski L.S. (1978). *Narzędzie i znak w rozwoju dziecka.* Warszawa: PWN.