

IV.

**Eksperyment uczniowski
w liceum**

O eksperymencie fizycznym w szkole – refleksje po lekturze nowej Podstawy programowej...

Ryszard Nych

***Eksperyment** (łac. *experimentum* – doświadczenie, badanie) – w naukach przyrodniczych i społecznych zbiór działań wzbudzających w obiektach materialnych określone reakcje i zjawiska w warunkach pozwalających kontrolować wszelkie istotne czynniki, które poddaje się dokładnej obserwacji.*

Eksperymenty wykonuje się w celu potwierdzenia lub sfalsyfikowania określonej teorii. Teoria z jednej strony określa ściśle warunki eksperymentu a z drugiej nadaje sens poczynionej w wyniku eksperymentu obserwacji i w ogóle decyduje, co w danym eksperymencie jest właściwą obserwacją, a co tylko nieistotnym jego zakłóceniem. Jak twierdził Immanuel Kant eksperyment jest swojego rodzaju pytaniem, jakie teoria zadaje naturze.

Nauki przyrodnicze rozwijają się głównie poprzez świadome eksperymenty, spora część wiedzy tych nauk pochodzi też z bezpośrednich obserwacji zjawisk zachodzących naturalnie.

Klasyczny eksperyment świadomie ingeruje w naturę i polega na analizie skutków tej ingerencji. Ściśle zdefiniowanemu obiektowi dostarcza się bodźców [na przykład zwiększa się napięcie między końcami opornika lub oświetlenie rośliny], a następnie obserwuje się reakcję obiektu [na przykład zmianę natężenia prądu lub zmianę intensywności procesu fotosyntezy mierzoną wydzielaniem tlenu]. Dokładne obserwacje natury, bez ingerowania w nią nazywa się często eksperymentami naturalnymi.

Analiza obserwacji i eksperymentu jest w gruncie rzeczy bardzo zbliżona. W obu przypadkach chodzi o to aby ustalić związek między bodźcem (przyczyną) i zachowaniem obiektu (skutkiem). Różnica polega tylko na tym, że w eksperymencie naturalnym bodźców dostarcza sama natura. Przykładem eksperymentu klasycznego jest obserwacja efektów zderzenia cząstek w akceleratorze, a eksperymentu naturalnego obserwacja zaćmienia Słońca.

Z Wikipedii

Jak wygląda sprawa eksperymentów i obserwacji w edukacji przyrodniczej opisanej w nowej podstawie programowej?¹

II etap edukacyjny

PRZYRODA

Cele kształcenia – wymagania ogólne

V. Obserwacje, pomiary i doświadczenia.

Uczeń korzysta z różnych źródeł informacji (własnych obserwacji, badań, doświadczeń², tekstów, map, tabel, fotografii, filmów), wykonuje pomiary i korzysta z instrukcji (słownej, tekstowej i graficznej); dokumentuje i prezentuje wyniki obserwacji i doświadczeń; stosuje technologie informacyjno-komunikacyjne.

¹ Źródło: Podstawa programowa z komentarzami, Tom 5, Edukacja przyrodnicza w szkole podstawowej, gimnazjum i liceum przyroda, geografia, biologia, chemia, fizyka.

² Pogrubienie czcionki – od Autora, podobnie uwagi w nawiasach kwadratowych.

Dalej w *Podstawie programowej...* stwierdza się, że głównymi obszarami aktywności ucznia w ramach przedmiotu powinny być:

- 1) obserwowanie i mierzenie;
- 2) doświadczanie;
- 3) prowadzenie doświadczeń;
- 4) dokumentowanie i prezentowanie;
- 5) stawianie pytań i poszukiwanie odpowiedzi.

Jakie umiejętności doświadczalne powinien opanować uczeń na zakończenie nauki w szkole podstawowej (spis na podstawie wymagań szczegółowych):

Uczeń:

- 1) wykonuje pomiary np. taśmą mierniczą, szacuje odległości i wysokości w terenie;
- 2) interpretuje prędkość jako drogę przebytą w jednostce czasu, wyznacza doświadczalnie prędkość swojego ruchu, np. marszu lub biegu;
- 3) obserwuje i rozróżnia stany skupienia wody, bada doświadczalnie zjawiska: parowania, skraplania, topnienia i zamarzania (krzepnięcia) wody;
- 4) obserwuje proste doświadczenia wykazujące rozszerzalność cieplną ciał stałych oraz przeprowadza, na podstawie instrukcji, doświadczenia wykazujące rozszerzalność cieplną gazów i cieczy;
- 5) obserwuje zjawiska zachodzące w cieku wodnym, określa kierunek i szacuje prędkość przepływu wody, rozróżnia prawy i lewy brzeg;
- 6) identyfikuje, na podstawie doświadczenia, ciała (substancje) dobrze i słabo przewodzące ciepło;
- 7) bada doświadczalnie czynniki wpływające na rozpuszczanie substancji: temperatura, mieszanie;
- 8) podaje i bada doświadczalnie czynniki wywołujące topnienie i krzepnięcie (temperatura) oraz parowanie i skraplanie (temperatura, ruch powietrza, rodzaj cieczy, wielkość powierzchni);
- 9) demonstrowuje elektryzowanie się ciał i ich oddziaływanie na przedmioty wykonane z różnych substancji;
- 10) bada i opisuje właściwości magnesów oraz ich wzajemne oddziaływanie, a także oddziaływanie na różne substancje;
- 11) buduje prosty obwód elektryczny i wykorzystuje go do sprawdzania przewodzenia prądu elektrycznego przez różne ciała (substancje);
- 12) wskazuje rodzaje źródeł dźwięku, bada doświadczalnie zależność powstającego dźwięku od np. napięcia i długości struny;
- 13) bada rozchodzenie się dźwięków w powietrzu i ciałach stałych;
- 14) porównuje prędkości rozchodzenia się dźwięku i światła na podstawie obserwacji zjawisk przyrodniczych, doświadczeń lub pokazów;
- 15) bada właściwości ogniskujące lupy, powstawanie obrazu widzianego przez lupę i podaje przykłady zastosowania lupy;
- 16) bada doświadczalnie prostoliniowe rozchodzenie się światła i jego konsekwencje, np. camera obscura, cień;

- 17) *bada zjawisko odbicia światła: od zwierciadeł, powierzchni rozpraszających, elementów odblaskowych;*
- 18) *porównuje masy ciał o tej samej objętości, lecz wykonanych z różnych substancji [może lepiej zapisać: poszukiwanie odpowiedzi na pytanie: dlaczego ciała o takiej samej objętości mają różne masy? Najpierw wyznaczamy masę ciał o tych samych wymiarach, a potem pytamy o przyczynę różnic?]*
- 19) *wykonuje i opisuje proste doświadczenia wykazujące istnienie powietrza i ciśnienia atmosferycznego;*
- 20) *podaje przykłady przedmiotów wykonanych z substancji kruchych, sprężystych i plastycznych;*
[Może warto zrobić doświadczenie, w którym uczeń będzie badał zachowanie się różnych ciał; niektóre będą pękać, inne będą plastyczne, jeszcze inne sprężyste].
- 21) *bada doświadczalnie siłę tarcia i oporu powietrza oraz wody, określa czynniki, od których te siły zależą, podaje przykłady zmniejszania i zwiększania siły tarcia i oporu w przyrodzie i przez człowieka oraz ich wykorzystanie w życiu codziennym.*

Jak widać powyżej są to doświadczenia typowo fizyczne. Jest to dość oczywiste – dotyczą zjawisk znanych, często już bliskich uczniowi w tym wieku, który często zadaje pytania i poprzez wykonywanie takich eksperymentów dostaje w ten sposób możliwość odpowiedzi na nie.

Pozostałe to:

Uczeń:

- 22) *bada wpływ czynników takich jak: woda, powietrze, temperatura, gleba na przedmioty zbudowane z różnych substancji;*
- 23) *wyказuje doświadczalnie wpływ różnych substancji i ich mieszanin (np. soli kuchennej, octu, detergentów) na wzrost i rozwój roślin, dokumentuje i prezentuje wyniki doświadczenia;*
- 24) *wyказuje doświadczalnie, że czynnikiem niezbędnym do spalania jest tlen, identyfikuje produkty spalania i oddychania: dwutlenek węgla, para wodna oraz podaje ich nazwy;*
- 25) *wyznacza kierunki na widnokregu za pomocą kompasu, gnomonu;*
- 26) *obserwuje widomą wędrówkę Słońca w ciągu doby, miejsca wschodu, górowania i zachodu Słońca, w zależności od pory roku, wskazuje zależność między wysokością Słońca a długością cienia.*

Z powyższych 5 doświadczeń trzy obejmują sferę związaną ze zjawiskami chemicznymi (łącząc się częściowo z zagadnieniami biologii), a dwa są omawiane na geografii łącząc się z zagadnieniami astronomii. Trzeba jednak w tym miejscu zdecydowanie podkreślić, że brak jest w propozycjach eksperymentów, obserwacji prostych zjawisk astronomicznych, jak choćby obserwacje zmian wyglądu Księżyca na niebie, zmiany wyglądu samego nieba wieczorem i w nocy w różnych porach roku. Nawet badanie prostoliniowego biegu światła i powstawania cienia, mimo że umieszczone w dziale Ziemia we Wszechświecie, nie wspomina o konsekwencjach

tego prostoliniowego biegu na zjawisko faz Księżyca czy też zaćmień Księżyca lub Słońca. Zgodnie z *Podstawą programową...* uczeń powinien *wyjaśniać założenia teorii heliocentrycznej Kopernika*, ale jest to czyste teoretyzowanie. Obserwacja zmian wyglądu nieba w różnych porach roku pokazałaby rzeczywiście konsekwencje ruchu Ziemi dookoła Słońca i ułatwiła zrozumienie samych pór roku. A samych uczniów długo nie trzeba by było przekonywać do wykonania serii obserwacji i przeprowadzenia wnioskowania. Dzieci i młodzież interesują się astronomią, ale jeżeli sprowadza się ją do wymieniań nazw planet we właściwej kolejności to zainteresowanie szybko znika. Z tego powodu zmieniono program nauczania astronomii w liceum na początku lat osiemdziesiątych wprowadzając elementy astrofizyki zamiast astronomii sferycznej (współrzędne astronomiczne).

W dalszych etapach edukacyjnych następuje podział na poszczególne przedmioty przyrodnicze. Zobaczmy, jak wygląda to w nauczaniu takiego przedmiotu przyrodniczego jak fizyka.

III Etap edukacyjny (gimnazjum)

FIZYKA

Na liście celów ogólnych *Podstawy programowej...* znajdujemy: *II. Przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników*, a w wymaganiach szczegółowych mamy m.in. 9. *Wymagania doświadczałne*

W trakcie nauki w gimnazjum uczeń obserwuje i opisuje jak najwięcej doświadczeń. Nie mniej niż połowa doświadczeń opisanych poniżej powinna zostać wykonana samodzielnie przez uczniów w grupach [pogrubienie autora], *pozostałe doświadczenia – jako pokaz dla wszystkich, wykonany przez wybranych uczniów pod kontrolą nauczyciela.*

Uczeń:

- 1) *wyznacza prędkość przemieszczania się (np. w czasie marszu, biegu, pływania, jazdy rowerem) za pośrednictwem pomiaru odległości i czasu;*
- 2) *wyznacza okres i częstotliwość drgań ciężarka zawieszzonego na sprężynie oraz okres i częstotliwość drgań wahadła matematycznego;*
- 3) *wyznacza ciepło właściwe wody za pomocą czajnika elektrycznego lub grzałki o znanej mocy (przy założeniu braku strat);*
- 4) *demonstruje działanie prądu w przewodzie na igłę magnetyczną (zmiany kierunku wychylenia przy zmianie kierunku przepływu prądu, zależność wychylenia igły od pierwotnego jej ułożenia względem przewodu);*
- 5) *demonstruje zjawisko elektryzowania przez tarcie oraz wzajemnego oddziaływania ciał naładowanych;*
- 6) *buduje prosty obwód elektryczny według zadanego schematu (wymagana jest znajomość symboli elementów: ogniwo, opornik, żarówka, wyłącznik, woltomierz, amperomierz);*
- 7) *wyznacza opór elektryczny opornika lub żarówki za pomocą woltomierza i amperomierza;*
- 8) *wyznacza moc żarówki zasilanej z baterii za pomocą woltomierza i amperomierza;*
- 9) *wytwarza dźwięk o większej i mniejszej częstotliwości od danego dźwięku za pomocą dowolnego drgającego przedmiotu lub instrumentu muzycznego;*

- 10) *demonstruje zjawisko załamania światła (zmiany kąta załamania przy zmianie kąta padania – jakościowo);*
- 11) *wytwarza za pomocą soczewki skupiającej ostry obraz przedmiotu na ekranie, odpowiednio dobierając doświadczalnie położenie soczewki i przedmiotu;*
- 12) *wyznacza gęstość substancji, z jakiej wykonano przedmiot w kształcie prostopadłościanu, walca lub kuli za pomocą wagi i linijki;*
- 13) *dokonuje pomiaru siły wyporu za pomocą siłomierza (dla ciała wykonanego z jednorodnej substancji o gęstości większej od gęstości wody);*
- 14) *wyznacza masę ciała za pomocą dźwigni dwustronnej, innego ciała o znanej masie i linijki.*

Jak widać doświadczeń tych jest bardzo niewiele, trzy z nich to demonstracje, usunięcie trygonometrii w nauczania matematyki w gimnazjum powoduje, że prawo załamania nie może być w ogóle sformułowane; pozostaje wyłącznie informacja, że kąt załamania rośnie, gdy rośnie kąt padania, a to uczniom jaki się jako zależność proporcjonalna czyli całkowicie błędnie.

IV Etap edukacyjny

FIZYKA

W IV etapie edukacyjnym, podobnie jak w innych przedmiotach, mamy podział na część podstawową i rozszerzoną. W części podstawowej *Podstawa programowa...* nie przewiduje w ogóle doświadczeń, mimo że w wymaganiach ogólnych kształcenia zauważamy, że jednym z nich jest: *przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników.*

Zakres treści nauczania na tym etapie daje jednak możliwości wykonania szeregu obserwacji astronomicznych oraz przynajmniej jednej obserwacji linii widmowych w widmach różnych pierwiastków. Bez doświadczenia uczeń będzie się uczył o czerwonej linii wodoru, którą zobaczy na obrazku namalowanym w podręczniku; o tym, że widma różnych pierwiastków są różne także przekona się na podstawie obrazka.

W obszarze rozszerzonym *Podstawa programowa...* daje pewne możliwości wykonywania doświadczeń (pkt. 13. *Wymagania doświadczalne*), od razu zastrzegając się jednak, że: *uczeń przeprowadza przynajmniej połowę z przedstawionych poniżej badań polegających na wykonaniu pomiarów, opisie i analizie wyników oraz, jeżeli to możliwe, wykonaniu i interpretacji wykresów dotyczących:*

- 1) *ruchu prostoliniowego jednostajnego i jednostajnie zmiennego (np. wyznaczenie przyspieszenia w ruchu jednostajnie zmiennym);*
- 2) *ruchu wahadła (np. wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego);*
- 3) *ciepła właściwego (np. wyznaczenie ciepła właściwego danej cieczy);*
- 4) *kształtu linii pól magnetycznego i elektrycznego (np. wyznaczenie pola wokół przewodu w kształcie pętli, w którym płynie prąd);*
- 5) *charakterystyki prądowo-napięciowej opornika, żarówki, ewentualnie diody (np. pomiar i wykonanie wykresu zależności $I(U)$);*
- 6) *drgań struny (np. pomiar częstotliwości podstawowej drgań struny dla różnej długości drgającej części struny);*

- 7) *dyfrakcji światła na siatce dyfrakcyjnej lub płycie CD (np. wyznaczenie gęstości ścieżek na płycie CD);*
- 8) *załamania światła (np. wyznaczenie współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego);*
- 9) *obrazów optycznych otrzymywanych za pomocą soczewek (np. wyznaczenie powiększenia obrazu i porównanie go z powiększeniem obliczonym teoretycznie).*

Jak widać fizyka (już bez astronomii) jest obszarem nauczania, gdzie eksperyment jest mało ważnym elementem nauczania. Warto to wziąć pod uwagę, kiedy słyszy się narzekania na to, że fizyka jest nudna i trudna. Mogłoby się z pozoru wydawać, że nowa *Podstawa programowa...* zmusza do powrotu do szkolnego eksperymentowania (w obecnie obowiązującej dla szkół ponadgimnazjalnych wymagań doświadczalnych nie ma), ale porównanie liczby 9 doświadczeń z liczbą około 100 doświadczeń w *Programie nauczania fizyki* z lat 70-tych mówi samo za siebie.

Przedstawiłem w tym tekście projektowane (częściowo już realizowane w gimnazjum) sposoby podejścia do edukacji przyrodniczej w zakresie eksperymentu. Ten przegląd wskazuje, jak ważną rolę odgrywać będzie nauczanie przyrody w II etapie edukacyjnym. To tam jest sporo doświadczeń, które uczniowie mogą wykonać samodzielnie lub przy pomocy nauczyciela (przy pomocy, a nie tylko obserwując doświadczenie wykonywane przez nauczyciela). Jeżeli tam dzieci poznają, czym jest smak badania tego, co się stanie, gdy do żarówki podłączymy dwie baterie, a nie jedną (i jeszcze zależy, w jaki sposób), czy herbata wystygnie szybciej, gdy dmuchamy, dlaczego mieszanie gorącego napoju metalową łyżeczką może być niebezpieczne (i kiedy). A przy okazji poznają (i zaczną używać we właściwy sposób) pojęcia: długość, temperatura, natężenie prądu, napięcie, masa, gęstość, ciało plastyczne, kruche, sprężyste, przewodnik elektryczności, przewodnik ciepła. Poznają w sumie to, że przyrodę można badać, zadawać jej pytania i uzyskiwać odpowiedzi.

Jak to będzie realizowane? Czy szkoły i nauczyciele są do tego przygotowani? I tu analiza sytuacji prowadzi do pesymistycznych wniosków. Większość nauczycieli przyrody to biologowie i geografowie. Doświadczenia fizyczne mogą sprawić im trudności.

Podczas obrad XIX Jesiennej Szkoły „Problemy dydaktyki fizyki” w Krośnicach (14-17. października 2010 r.) okazało się – niestety – że również nauczyciele fizyki (a zatem fizycy z wykształcenia) mają kłopoty z wykonaniem doświadczeń – dotyczy to głównie tych nauczycieli, którzy rozpoczęli pracę w czasie obowiązywania *Podstawy programowej...*, która nie wymuszała poprzez odpowiednie zapisy wykonywania doświadczeń.

Co można i należałoby zrobić? Przygotować i przeprowadzić kursy dla nauczycieli przyrody – trwające kilkanaście godzin i pozwalające nauczycielom na samodzielne wykonanie przewidzianych eksperymentów. To samo dotyczy nauczycieli fizyki. Kiedy w latach 80-tych wchodził nowy program nauczania fizyki przeprowadzono wielką akcję, w której brały udział uczelnie, doradcy metodyczni i przede wszystkim zobowiązani do tego nauczyciele. Zatem przykład jest, ale trzeba te działania rozpocząć jak najszybciej. Wrzesień 2012 roku jest tuż, tuż.