

St. LANDAU.

Ćwiczenia z Fizyki w szkole średniej.¹⁾

Nauka wcześniej zerwała z scholastycznymi metodami, niż nauczanie. Gdy bowiem już w wieku 17-tym niepodzielnie zapanowało swobodne i bezpośrednie badanie natury, w nauczaniu przez długi czas jeszcze główną rolę gra wiedza czysto książkowa, a dotyczy to zarówno szkół wyższych, jako też średnich. Dość powiedzieć, że pierwsza pracownia chemiczna dla studentów założona została przez Liebiga w Giessen w r. 1824. Postęp jednak w tym kierunku był ciągły i w końcu stulecia powszechnem się już stało przekonanie, że jak badanie natury musi być bezpośrednie, tak też i wiedzę o niej można zdobywać tylko na drodze doświadczenia osobistego, nie zaś na podstawie powagi podręczników, ucząc się przeważnie słów, dla danego osobnika treści głębszej pozbawionych.

Zdawaćby się mogło, iż w rzędzie innych nauk przyrodniczych stanowisko Fizyki jest poniekąd wyjątkowe. Ma ona do czynienia z dużo mniejszą liczbą faktów niż takie nauki, jak np. Chemia lub Botanika; prócz tego fakt sam przez się mniejszą gra tu rolę: na pierwszy plan wysuwa się głębsza faktów analiza, ich związek wewnętrzny. To też i konieczność ćwiczeń samodzielnych w nauce Fizyki wydać się może niezbyt nagłą, a rozgłos, jakim się kwestya ta cieszy w prasie pedagogicznej, sztucznie wywołanym.

Przy bliższem jednak rozpatrzeniu rzecz ta w innem nieco przedstawi się świetle. Obok szeregu zjawisk doskonale każdemu zna-

¹⁾ Rzecz, odczytana na posiedzeniu Koła mat.-fiz. dnia 16 listop. 1907 r

nych z życia codziennego, rozpatruje też Fizyka i takie dziedziny, które daleko wybiegają poza doświadczenie powszednie; nawet doskonale znane zjawiska bada nauka za pomocą przyrządów zgoła odmiennych od wszystkiego, co uczeń w środowisku swoim dostrzeże. W obydwu tych przypadkach opis lub nawet pobieżny pokaz zupełnie są niedostateczne. Przypomnijmy sobie te godziny długie, które uczeń traci na to, aby z rysunku zaopatrzonego w litery zorientować się w stosunkach między częściami przyrządu zachodzących; przypomnijmy sobie ten niezmierny wysiłek pamięci, którego potrzebuje on, aby się nauczyć raz na zawsze kilku rodzajów ogniw elektrycznych, kilku modeli kalorymetrów i wielu innych tym podobnych rzeczy, a zgodzimy się, iż jest obowiązkiem szkoły trud ten sprowadzić do minimum. Powinna ona—nie zabijać ciekawości wrodzonej, lecz potęgować ją możliwie,—nie przygnębiać umysłu i zmysłów, lecz je rozwijać,—nadać charakterowi rzutkość, samodzielność, praktyczność. Kto miał kiedykolwiek do czynienia z pracą eksperymentalną, ten zgodzi się na to, że—racjonalnie postawione—muszą być ćwiczenia z Fizyki środkiem niezmiernie skutecznym tak w ułatwieniu nauki, jako też w wyrobieniu wyż wspomnianych cech charakteru.

Ta okoliczność tłómaczy niezmiernie zainteresowanie, jakie kwestya ta wywołała w szkolnictwie Zachodu. Niemcy posiadają ogromną literaturę jej dotyczącą i kilka dziesiątków szkół, do których ćwiczenia te wprowadzono; we Francji istnieją one we wszystkich szkołach średnich rządowych; do Anglii należy inicjatywa w tej sprawie, różnorodność programów i metod jest tu większa niż na lądzie stałym, można jednak twierdzić z całą pewnością, iż pracownie fizyczne zostały zakładane przy wszystkich wybitniejszych szkołach. Nigdzie zaś może kwestya ta nie obudziła takiego zapału, jak w Stanach Zjednoczonych, gdzie w ciągu ostatnich dwudziestu lat zreformowano zupełnie nauczanie, opierając je na tych nowych podstawach. I szkolnictwo polskie nie pozostało w tym względzie obojętnem. W roku zeszłym na łamach „Szkoły Polskiej“ (№ 8 str. 275) zdawał p. Słuzewski sprawę z ćwiczeń prowadzonych w Szkole Handlowej Zgromadzenia kupców m. Warszawy; w tegorocznym zaś czerwcowym zeszycie „Muzeum“ znajdujemy niezmiernie interesujący artykuł p. Paczowskiego, który opisuje założone przez siebie kursy ćwiczeń w pracy ręcznej, a wiążą się one ściśle z nauką Fizyki. Nie jest zamiarem moim wyczerpujące traktowanie

na tem miejscu kwestyi ćwiczeń z Fizyki w szkole średniej; rzeczy tego rodzaju nie brak w literaturze zagranicznej, a skądinąd i w „Szkołe polskiej“ znaleźć można kilka artykułów informujących o tym ruchu *). Chciałbym jednak pewne nasuwające się tu zagadnienia krytycznie oświetlić, a informacje przez innych już podane w niektórych punktach uzupełnić.

Zgadając się w zasadzie na włączenie ćwiczeń do planów szkolnych, stajemy przedewszystkiem wobec pytania, jaki ma być stosunek ćwiczeń w pracowni do lekcyj w klasie udzielanych. Czy mają ćwiczenia zastąpić zupełnie te ostatnie, czy też jedynie grunt pod nie przygotowywać, lub też—tylko materiały, uprzednio już w klasie opracowane, utrwalać i pogłębiać. Aczkolwiek odpowiedź na to pytanie wydaje się prostą i ściśle określoną, jednak istniały tu różnice zdań, i dziś jeszcze niektóre zupełnie jednostronne poglądy znajdują swoich zwolenników, szczególnie—między pedagogami, którzy z naukami fizycznymi bezpośrednio mało mają styczności. Oto jak mniej więcej rozumują pewni zwolennicy radykalnych reform w dziedzinie nauczania. Należy Fizyka do nauk przyrodniczych, więc doświadczenie i obserwacje bezpośrednio składają się na treść jej; niech uczeń, zamiast ślęczyć nad książkami i nudzić się w klasie na lekcjach, dochodzi do poznania drogą naturalną; niech sam doświadcza i odkrywa to, co inni przed nim dokonali; niech się zaprawia w myśleniu indukcyjnym; niech pozna prawdziwą metodę nauk przyrodniczych, a wiedza, tym sposobem zdobyta, choć może będzie uboższa w fakty, lecz za to — gruntowna; umysł wykształci się tu sposobem najwłaściwszym, bo przejdzie przez kolejne etapy rozwoju umysłowego ludzkości; rozwój osobnika stanowić będzie powtórzenie rozwoju gatunkowego, co leży w naturze zjawisk życiowych. Hasła te, napozór bardzo sympatyczne, oparte są jednak na błędnych przesłankach, kryją się tu idee B a k o n o w s k i e o rzekomo—czysto indukcyjnym charakterze nauk przyrodniczych,—o tem, że drogą eksperymentowania z całą pewnością wzniesiemy się od faktów poszczególnych do prawd coraz ogólniejszych; że istnieje jakoby metoda badań naukowych, która ze ścisłością jakiegoś doskonałego mechanizmu zawsze do pożądanego skutku doprowadzi.

1) Ob, np. artykuł W. S a w i c k i e g o w № 7-ym z r. 1906, str. 239.

Poglądy takie nie wytrzymują krytyki; pokazali to zarówno dawniejsi badacze, jak np. Liebig w swoich „Listach o Chemii“ i — nowsi, że przytoczymy tylko E. Macha. Badanie naukowe jest rzeczą twórczości; indukcya spleta się tu ściśle z dedukcją; nie wytworzywszy sobie z góry pewnych, wyobrażeń o rzeczy, nieprzychodząc od razu z założeń ogólniejszych w przeważnej liczbie wypadków nie moglibyśmy wcale eksperymentować *). — Pomimo to wszystko, bezwiedna tradycja o indukcyjności nauk przyrodniczych bardzo jest silna, czego dowody ciągle prawie spotykamy w czasopismach pedagogicznych i artykułach popularnych.

Wychodząc tedy z naszych założeń, uważać będziemy za niedorzeczne żądanie, aby uczeń drogą doświadczenia dochodził do rzeczy, których doświadczenie dać nie może; skądinąd, cokolwiekby się dało o tem powiedzieć, droga taka wymagałaby od uczącego się zdolności wcale nie przeciętnych; czego szkoła o wychowancach swoich przypuszczać nie może. Tak więc twierdzić będziemy, że ćwiczenia żadną miarą lekcyj w klasie wyprzedzać nie powinny, ani też ich zastąpić nie mogą. Wartość ich będzie przede wszystkim polegała na tem, że ułatwią one uczniowi spamiętanie całego szeregu jakości, które się pamięci jego trudno poddają; że zmuszą one go do głębszego zastanowienia się nad przyswajaniem sobie pojęciami; że nauczą go samodzielnego wyciągania wniosków z zasad już znanych. Zapewne, że na niższym poziomie nauczania, gdzie z konieczności podaje się bardziej fakty luźne, niż ich całokształt w ich wewnętrznym związku, rola ćwiczeń może być przeważająca; wszakże i w tym przypadku ciągle wskazówki ze strony nauczyciela będą nieodzowne.

Badanie naukowe w Fizyce nie poprzestaje na jakościach, to też i ćwiczenia uczniów przeważnie ilościowej powinny być natury. Tego głębokiego przeświadczenia wewnętrznego o stałości stosunków liczbowych w naturze zachodzących, jakiego nabywa się przez samodzielne a kilkakrotne powtórzenie jakiegoś pomiaru fizycznego, żadna książka, żaden nauczyciel dać nie może. Do wyrobienia jednak takiego naukowego poglądu wystarczy już ograniczona liczba doświadczeń, i dlatego w szkole średniej, gdzie przecież nie chodzi o wykształcenie fizy-

¹⁾ Miałem możność nieco bliżej rzecz tę rozpatrzyć we „Wszechświecie“ (№ 21, 1907, str. 329).

ków specjalistów, należałoby zwrócić też baczną uwagę i na stronę jakościową. Wobec ograniczonej liczby godzin, które mogą być poświęcane na ćwiczenia, pierwszeństwo należałoby oddawać tym zadaniom, gdzie uczeń zaznajamia się ze zjawiskami dlań nowymi i interesującymi, których przy pomocy książek i pokazów nie jest w stanie poznać należycie. Z tego punktu widzenia możnaby postawić pewien zarzut p. P a c z o w s k i e m u: ćwiczenia, przezeń przez rok cały prowadzone, dotyczyły wyłącznie Mechaniki i ogólnych własności ciał. Zdaje się również, że trzeba by unikać zadań takich, które redukują się tylko do pomiaru, jako takiego. Zmierzenie długości, objętości lub momentu bezwładności tylko wtedy będzie pociągało, jeżeli wiązać się z niem będzie rozstrzygnięcie jakiegoś zagadnienia ogólniejszego.

Dotychczas rozważaliśmy kwestyę ćwiczeń tylko z teoretycznego punktu widzenia. Będzie jednak interesującym poznać poglądy, oparte na doświadczeniu wieloletnim. Jednym z ludzi najbardziej w tym względzie kompetentnych jest niewątpliwie Hermann H a h n, nauczyciel fizyki w berlińskim Dorotheengymnasium, który sprawą tą zajmuje się już od lat dwudziestu. Wypróbował on kolejno różne sposoby prowadzenia ćwiczeń, i wnioski ostateczne, do których doszedł, podał w dziełku „Wie sind die physikalischen Schülerübungen praktisch zu gestalten *). Pozwolę sobie streścić tu w krótkości wywody autora. Próbowano w Dorotheengymnasium wielokrotnie urządzać ćwiczenia w najrozmaitszy sposób. Kazano uczniom powtarzać wykład nauczyciela wraz z demonstracyami lub też — wykonywać pokazy bez wykładu, lecz okazało się to niepraktycznym; kazano samodzielnie sporządzać najprostsze przyrządy i przy ich pomocy eksperymentować, lecz zabierało to zbyt wiele czasu; kazano całej klasie jednocześnie wykonywać doświadczenia za pomocą przyrządów już gotowych; doświadczenia były jakościowe, a nauczyciel sam je uprzednio wykonywał wobec klasy, lecz próby tego rodzaju zbyt mało dawały pokarmu umysłowi. Zatrzymano się wreszcie na prostych doświadczeniach ilościowych (osiągając, jak pisze H a h n dokładność dochodzącą do 1^o/₁₀): uczniowie otrzymują przyrządy gotowe, muszą je jednak sami zestawiać i regulować. Najlepsze wyniki dało takie zespolenie ćwiczeń i wy-

1) Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie d. Naturwissenschaften, Heft 4; Berlin, Springer, 1905.

kładów, że tak na pierwszych, jak na drugich opracowuje się równolegle te same zagadnienia. Urzeczywistnienie tego było jednak możliwem tylko wtedy, kiedy liczba uczniów w klasie była niewielka, i nauczyciel mógł zastępować godziny wykładowe ćwiczeniami, i odwrotnie. Wogóle jednak warunki praktyczne sprawiają to, że ćwiczenia zawsze pozostają w tyle za lekcjami, w klasie udzielanymi. Dobrze wyniki otrzymywano wtedy jeszcze, kiedy ćwiczenia odbywały się raz na dwa tygodnie przez godzinę. Dłuższe przerwy oddziaływały szkodliwie. Ćwiczenia mogą polegać: 1) na sprawdzaniu praw znanych, 2) na wykrywaniu nowych. Trzeba się tu bardzo liczyć z psychologią ucznia. Mając sprawdzić znane mu już prawo, uczeń znajduje się w takim położeniu, iż wie, że musi koniec końców tak ustawić przyrządy i takie otrzymać liczby, aby żądane wartości wyszły. Stąd mimowolne dociąganie obserwacyi do z góry wiadomych wyników; ćwiczenie traci właściwy charakter i nie daje ani znajomości metod, ani zadowolenia. Dla tego też często racjonalniejszym będzie zadać uczniowi pytanie, czy takie a takie prawo jest prawdziwe, lub też kazać sprawdzić poszczególne jakieś wnioski z praw ogólnych wynikające, nie dając uczącemu się żadnej pewności co do wyników doświadczenia. Uczeń staje się wtedy na prawdę badaczem. Lecz wymagania od młodocianego badacza powinny być ograniczone: zbyt wielka niepewność, zbyt wielka różnorodność dróg możliwych do wyboru niecierpliwą i zniechęcają młodzież.

Ćwiczenia ilościowe tego typu, o jakim była wyżej mowa, mogą być prowadzone w dwojaki sposób: albo wszyscy jednocześnie wykonywają jakieś jedno zadanie, co wymaga oczywiście posiadania znacznej ilości jednakowych przyrządów, albo też różni uczniowie otrzymują różne zadania i przyrządy. Podług Hahna najlepsze wyniki daje pierwszy sposób: oszczędza to nauczycielowi kilkakrotnego tłumaczenia każdemu z osobna innej rzeczy, a przez to daje możliwość zyskania na czasie i porządku. Oprócz tego nader cenną jest sposobność porównywania otrzymanych wyników i krytycznego ich rozbioru przed całą klasą. Obawy, że przy takim systemie jedni uczniowie znacznie prześcigną drugich, są płonne. Prawie zawsze ogromna większość kończy ćwiczenie jednocześnie; tych zaś, którzy znacznie wyprzedzą innych, zająć można przerobieniem tegoż doświadczenia odpowiednio zmodyfikowanego lub też jakimś zadaniem rachunkowem. Jest rzeczą naj-

korzystniejszą, jeżeli uczniowie pracują pojedynczo lub co najwyżej parami. W grupach liczniejszych dwie, trzy energiczniejsze jednostki zazwyczaj opanowują innych.

Słyszając te zdania z ust człowieka, doskonale obznajmionego z praktyczną stroną tej sprawy, musimy dojść do wniosku, że wprowadzenie ćwiczeń do szkół prywatnych, tak niezmiernie upośledzonych pod względem materialnym, będzie rzeczą prawie niemożliwą. Jeżeli p. Służewski podaje jako koszt przyzwoitego urządzenia ćwiczeń w Szkole kupców sumę rb. 2000, to wzrośnie ona znakomicie, jeżeli postawimy za zasadę jednoczesne wykonywanie jednakowych ćwiczeń przez kilkunastu uczniów. Zdaje się jednak, że, pomimo wszystko, położenie nie jest zupełnie rozpaczliwe i że nawet w obecnych ciężkich warunkach, nie osiągając ideału, możnaby jednak w znacznym stopniu wyzyskać posiadane środki eksperymentalne. Przédewszystkiem należałoby systematycznie i w jak najszerszym zakresie korzystać z pomocy uczniów przy wszelkich pokazach w gabinecie fizycznym; dalej możnaby wyznaczać specjalne komisye, z dwu lub trzech uczniów złożone, któreby co dzień w ciągu tygodnia np. dokonywały obserwacyj meteorologicznych, zapisując porządnie wskazania barometru i termometru szkolnego. Wreszcie nawet w najgorszych warunkach można pomieścić w gabinecie fizycznym pięciu, sześciu uczniów i, zmodyfikowawszy odpowiednio przyrządy posiadane, opracować szereg zadań dla młodzieży. Przy pewnym zmyśle praktycznym możnaby kosztem co najwyżej kilkudziesięciu rubli dokompletować w ten sposób przyrządy, znajdujące się w każdej jako tako urządzonej pracowni, że każdy z uczących się w ciągu lat trzech przerobiłby przynajmniej jakieś dwanaście zadań interesujących. Rozumi: się samo przez się, że kupowanie wszystkiego u optyka w formie zupełnie skończonej jest wyłączone.

Ćwiczeń możliwych jest ilość nieprzebrana; podam tu kilkanaście, które mi się bezpośrednio na myśl nasuwają:

- 1) Wyznaczenie ciężaru gatunkowego cieczy za pomocą oznaczenia wagi ciała na powietrzu, w wodzie i w danej cieczy.
- 2) Sprawdzenie praw Boyle'a-Mariotte'a i Gay-Lussac'a.
- 3) Stałe punkty termometru.
- 4) Rurki włoskowate i napięcie powierzchniowe.
- 5) Wyznaczenie ciepła właściwego ciał różnych.

6) Długość fali głosowej metodą Quincke'go (Kohlrausch, Prakt. Physik, str. 233).

7) Prawa odbicia i załamania światła.

8) Dyspersja światła i analiza widmowa. (Posiadanie kosztownego goniometru i przyrządu spektralnego nie jest konieczne; napełniając przyzmat szklany siarczkiem węgla, i używając jako soczewek szkiele od binokli, można bardzo tanio samemu zbudować cały aparat *).

9) Wyznaczenie długości fali świetlnej za pomocą siatki dyfrakcyjnej (co do własnoręcznego sporządzenia siatki ob. H. Abraham „Recueil exper. élem. de Phys. t. II str. 92).

10) Sprawdzenie wzoru dla cienkich soczewek.

11) Powiększenie lunety, mikroskopu,

12) Fotometria.

13) Prawa elektrolizy (możnaby poprzestać chociażby na sprawdzeniu proporcjonalności mas do równoważników chemicznych).

14) Most Wheatstone'a i jego zastosowanie przy pomiarach elektrycznych.

15) Doświadczenie z prądami indukcyjnymi.

Nie przytaczam tu szczegółów dotyczących wykonania, gdyż można je znaleźć w każdym uniwersyteckim podręczniku, praktycznej stronie Fizyki poświęconym. Jasnym jest, że, przenosząc te ćwiczenia na grunt szkoły średniej, należy je możliwie uprościć. Co do tego nieocenione wskazówki znaleźć można w książce H. Abrahama „Recueil d'expériences élémentaires de Physique“ (Paryż. Gauthier-Villars), Książka ta wydana została przy poparciu francuskiego Towarzystwa fizycznego, i około stu kilkudziesięciu wybitnych fizyków dopomagało autorowi, przesyłając mu swoje pomysły. Pomimo, iż literatura niemiecka posiada dziesiątki książek tego rodzaju, trudno byłoby jednak znaleźć po niemiecku podręcznik równy temu co do wartości.

1) Ob. w tym względzie artykuł E. Grimsehla w Zeitschr. für phys. und chem. Unterricht z r. 1904, str. 202.