

9/1/25

FIZYKA i CHEMIA W SZKOLE

FIZYKA i CHEMIA W SZKOLE

WYK 1027

TOM I



WARSZAWA

SKŁAD GŁÓWNY: KSIĘGARNIA "WISŁA" S.A.
AL. J. PIŁSUDSKIEGO 10, WARSZAWA, POLSKA

Drukarnia i Litografia: "Jan Góty" w Warszawie, Kapucyński 7

3673

183

KOMISJA PEDAGOGICZNA
MINISTERSTWA WYZNAŃ RELIGIJNYCH I OŚWIECENIA PUBLICZNEGO
ODDZIAŁ METODYKI FIZYKI I CHEMJI

FIZYKA i CHEMJA W SZKOLE

353

1131.2

ROK 1927

TOM I



WARSZAWA

SKŁAD GŁÓWNY: KSIĄŻNICA-ATLAS T. N. S. W.

ADRES REDAKCJI: WARSZAWA, BAGATELA 12, I p.

1927.

COMMISSION PÉDAGOGIQUE
DU MINISTÈRE DES CULTES ET DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE
SECTION DE MÉTHODOLOGIE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE

LA PHYSIQUE ET LA CHIMIE À L'ÉCOLE



CENTRALNA BIBLIOTEKA PEDAGOGICZNA
przy J. C. S. B.
w Białymstoku

ANNÉE 1927 553

VOL I

VARSOVIE

1927

OD REDAKCJI.

Tom niniejszy jest zapoczątkowaniem wydawnictwa, poświęconego sprawie nauczania fizyki i chemji. Brak podobnego wydawnictwa w Polsce wystarczająco uzasadnia to przedsięwzięcie. Trudno wyobrazić sobie wysoki poziom i normalny postęp nauczania jakiegoś przedmiotu bez istnienia pisma, które stanowiłoby łącznik między pracownikami tej dziedziny, umożliwiało im wzajemne informowanie się o powziętych ideach, podejmowanych usiłowaniach, poczynionych doświadczeniach, przynosiło wiadomości o stanie nauczania danego przedmiotu, o dążeniach i zdobyczach jego dydaktyki u nas i w innych krajach. Motyw powyższy odnosi się jednakowo do wszystkich przedmiotów nauczania szkolnego. Gdy idzie o fizykę i chemję, przyłączają się do niego inne przyczyny, czyniące powstanie wydawnictwa poświęconego dydaktyce tych przedmiotów jedną z najpilniejszych potrzeb.

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat dokonał się w dziedzinie fizyki i chemji postęp, jakiemu równych niewiele spotykamy w dziejach nauk. Te zdobycze nauki wchodzą do szkół dotychczas tylko jako przybudówki do tradycyjnych kursów nauczania, zwolna jednak muszą wcielać się w nie organicznie, przetwarzać je wewnętrznie. Ten proces, konieczny dla zharmonizowania treści nauczania szkolnego ze współczesnym stanem nauki i z życiem, może się dokonać jedynie twórczą pracą nauczycielstwa, długą i mozolną, dla której pismo poświęcone dydaktyce tych przedmiotów jest narzędziem niezbędnym.

Obok przewrotu w samej nauce ostatnie dziesiątki lat przyniosły również zasadnicze zmiany w pojęciach dydaktycznych. Dążeniem współczesnym stało się uczynienie pracy ucznia jak najbardziej samodzielną. W fizyce i chemji, w których to przedmiotach dążenie owo występuje bardzo silnie, usiłuje się oprzeć nauczanie na ćwiczeniach uczniów w pracowni szkolnej.

Rzeczywistość szkolna idzie za temi dążeniami bardzo powoli. Wiodą one do głębokiego przekształcenia metod nauczania, a dokonanie się takiego przekształcenia — nie w hasłach tylko i papierowej teorii, lecz w praktyce ogółu szkół — wymaga długiego czasu, wypełnionego wyteżonym twórczym wysiłkiem czołowych zastępów nauczycielstwa, wskazujących jego ogółowi nowe drogi, i również możliwą pracą tego ogółu nad przetworzeniem swego nauczania w myśl owych wskazań. W tym trudnym okresie, u którego progu zaledwie znajduje się Polska, wydawnictwo poświęcone dydaktyce fizyki i chemii jest potrzebą niewątpliwą i palącą.

Jeśli zwrócimy się od stosunków ogólnoswiatowych ku naszym, polskim, to i w nich znajdziemy poważne uzasadnienie naszego przedsięwzięcia. Z szeregu motywów — znanych boleć naszego życia — wskażemy krótko dwa najważniejsze.

Jednym z nich jest brak wystarczającej *wspólnej* podstawy do dalszej zbiorowej twórczości, wywołany zbudowaniem Państwa z trzech części, posiadających przed wojną różne systemy szkolne, oraz wytworzeniem się stanu nauczycielskiego z elementów bardzo różnorodnych, odmiennych zarówno przygotowaniem naukowym, jak doświadczeniem i tradycją dydaktyczną. Drugi motyw to owo — lata trwające — niepomierne utrudnienie pracy nauczycielstwa nad sobą i szkołą, wywołane wojną światową, wojnami polskimi, ciężkimi powojennymi stosunkami gospodarczymi, odcięciem od zagranicznej twórczości naukowej i dydaktycznej. To też u nas bardziej niż gdzie indziej potrzeba wydawnictwa, któreby przeciwdziało skutkom owych szkodliwych wpływów, ułatwiało pracę nauczycielstwa, przyczyniało się do wytworzenia wspólnego kapitału pojęć dydaktycznych.

Obce wydawnictwa nie zdołałyby spełnić u nas tych zadań, których wypełnienia oczekujemy od naszego. Niemalą przeszkodę stanowi dzisiaj trudności językowe. Przedewszystkiem jednak obce czasopisma dydaktyczne są dostosowane do stosunków i potrzeb innych społeczeństw. Opierają się one na istniejącej w szkolnictwie i u nauczycielstwa każdego z tych społeczeństw mocnej wspólnej podstawie naukowej i dydaktycznej, wytworzonej ugruntowaniem od dawna systematycznym szkoleniem naukowym w wyższych uczelniach i długim okresem zbiorowej pracy nauczycielstwa nad rozwojem dydaktyki. Na tej podstawie tamtejsze wydawnictwa wznoszą dalszy ciąg swej dotychczasowej budowy, wzbogacają ją przyczynkami, które bez dobrej znajomości owej podstawy mogą być nieraz trudno zrozumiałe. Co więcej wydawnictwa te mają na oku potrzeby organizacji szkolnej odmiennej od naszej, innych programów, innych warunków pracy. To też obce publikacje dydaktyczne trzeba studiować, ale bez wła-

snego wydawnictwa trudno uczynić zadość naszym odrębnym warunkom i potrzebom, a przedewszystkiem niepodobna rozwinąć naszej własnej twórczości dydaktycznej.

Uzasadniwszy potrzebę wydawnictwa, określimy z kolei jego charakter.

Będzie ono poświęcone sprawom *nauczania* fizyki i chemii. Artykuły o treści zaczerpniętej z dziedziny czystej lub stosowanej wiedzy fizycznej lub chemicznej znajdą w niem pomieszczenie tylko wtedy, jeśli będą niewątpliwie służyły ważnym sprawom nauczania. Mogą więc być zamieszczane poważne artykuły, informujące w sposób przystępny o nowych zdobyczach, teoriach i kierunkach w fizyce i chemii, ważnych dla nauczania i mogących na nie oddziaływać — zwłaszcza, jeśli będą traktowały swój temat z tego stanowiska. Redakcja jednak będzie unikała wszystkiego, co mogłoby nadawać wydawnictwu charakter połowiczny, częściowo dydaktyczny, częściowo naukowy.

Wydawnictwo będzie omawiało sprawy nauczania fizyki i chemii w szkołach wszelkich rodzajów i stopni z wyjątkiem szkół akademickich, a więc w szkołach powszechnych, średnich ogólnokształcących, zawodowych, seminarjach nauczycielskich. Sprawy szkół akademickich będzie poruszało tylko o tyle, o ile będzie chodziło o problem kształcenia nauczycieli fizyki i chemii dla innych szkół.

Wydawnictwo dydaktyczne powinno właściwie — podobnie jak wydawnictwa naukowe — zamieszczać tylko takie prace i artykuły, które przynoszą myśli nowe, nieogłaszane dotąd w literaturze światowej. Zasada ta jednak bywa dotychczas rzadko ściśle przestrzegana w czasopismach pedagogicznych i dydaktycznych. Zastosowanie jej do powstającego wydawnictwa byłoby nieliczeniem się z naszymi rzeczywistymi potrzebami. Aby uczynić je możliwie najpożyteczniejszem, Redakcja będzie się kierowała w pierwszym okresie istnienia wydawnictwa odmienną zasadą. Obok artykułów i prac oryginalnych, przynoszących rzeczy bezwzględnie nowe, wydawnictwo będzie zamieszczało także artykuły i prace, zawierające myśli już poruszane w literaturze światowej, o ile tylko myśli te nie były jeszcze w niem ogłaszane i o ile oczywiście nie są u nas powszechnie znane.

Dwa rodzaje artykułów, powtarzających myśli już gdzie indziej ogłoszone, są pożądane dla naszego wydawnictwa. Jeden to artykuły, będące prostym sprawozdaniem o ważniejszych pracach zamieszczonych gdzie indziej, o ukazujących się książkach, o zaznaczających się w literaturze dydaktycznej prądach. Nawiązując do referowanych myśli swoje uwagi, mogą autorowie nadawać tym artykułom piętno prac częściowo oryginalnych.

Drugi rodzaj to sprawozdanie z ogłoszonej gdzie indziej pracy cudzej, której myśli autor poddał gruntownemu wypróbowaniu w swej praktyce dydaktycznej, połączone ze sprawozdaniem z tych prób, omówieniem ich wyników i podaniem wniosków, jakie autorowi nasunęły.

W pierwszym okresie istnienia wydawnictwa będzie się w niem niewątpliwie pojawiał trzeci jeszcze rodzaj takich artykułów: artykuły zawierające myśli, które wprawdzie nie są nowe, ale których pierwotne autorstwo trudno stwierdzić i do których autorowie artykułów doszli własnymi usiłowaniami i własnym doświadczeniem dydaktycznym. Artykuły takie będą przyjmowane, o ile zawierać będą treść mniej powszechnie znaną i nieogłaszaną jeszcze w wydawnictwie.

Najcenniejszym składnikiem wydawnictwa będą oczywiście prace oryginalne. Ale własna twórczość dydaktyczna jakiegokolwiek narodu może stanowić tylko część uprawianej w jego szkołach dydaktyki. Czerpanie ze źródeł obcej twórczości jest niezbędne. Właśnie w celu ułatwienia go będzie nasze wydawnictwo — obok prac oryginalnych — zamieszczało artykuły, podające do wiadomości czytelników zdobycze dydaktyki obcej. W ten sposób z biegiem czasu będzie się gromadził w rocznikach wydawnictwa coraz większy kapitał zarówno oryginalnej twórczości polskiej, jak i wszystkiego tego, co — uznane przez nas za naprawdę wartościowe w dydaktyce obcej — zostało z niej zaczerpnięte, wypróbowane u nas i przyswojone. W ten sposób wydawnictwo będzie się mogło stawiać z biegiem lat coraz większą pomocą dla codziennej pracy szkolnej nauczycielstwa i coraz silniejszą wspólną podstawą dla jego twórczości dydaktycznej, zarówno indywidualnej, jak zbiorowej.

Jednym z ważnych zadań wydawnictwa będzie podawanie bibliografii literatury, poświęconej nauczaniu fizyki i chemji, oraz szczegółowe omawianie wybitniejszych jej objawów.

Wydawnictwo nie będzie miało zrazu charakteru ściśle periodycznego. W miarę napływania materiału będą wydawane poszczególne tomy czy zeszyty — jeden lub dwa rocznie. Gdy podaży materiału się zwiększy, wydawnictwo zostanie przekształcone na kwartalnik.

Wydawnictwo będzie produktem a zarazem świadectwem pracy i twórczości polskich nauczycieli fizyki i chemji. Może i powinno stać się ważnym czynnikiem wznoszenia się tego działu naszego szkolnictwa na coraz wyższy poziom. A idzie tu o coś więcej, niż jeden czy dwa przedmioty szkolne. Należyte postawienie w naszych szkołach nauczania tych węzłowych przedmiotów całej grupy matematyczno-przyrodniczej, rozbudzenie wśród części naszej młodzieży głębszych zainteresowań i woli do pracy w dziedzinie tych nauk i ich zastosowań, jest warunkiem przywrócenia naszemu — dotąd tak jednostronnemu —

kształceniu młodzieży zdrowej równowagi, warunkiem przywrócenia jej naszej kulturze wogóle. Jest to zarazem jeden z ważnych warunków rozwoju gospodarczego i bezpieczeństwa Państwa.

W poczuciu wagi zadania Redakcja zwraca się do nauczycielstwa, do profesorów szkół wyższych, do wszystkich osób, którym leży na sercu rozwój w Polsce fizyki i chemji, ich zastosowań i ich nauczania, z prośbą o poparcie i współpracę.

R. BIRKENMEYER, M. JALEWSKI,
W. JANIK, J. PACZOWSKI, L. SOWA.

Ćwiczenia uczniów z zakresu mechaniki i nauki o cieple¹⁾.

A. W S T Ę P.

1. Urządzenie pracowni.

Do prowadzenia ćwiczeń powinna być przeznaczona osobna sala widna, łatwa do przewietrzania i mająca, o ile możliwości, bezpośredni kontakt ze zbiorami fizykalnymi.

Przy ścianie najbliższej wejścia do zbiorów umieścić należy długi stół (katedrę), posiadający większą ilość szuflad lub pulpitów. Służyć on ma nauczycielowi, prowadzącemu ćwiczenia, do przechowania często używanych przyborów i do przygotowania przyrządów, potrzebnych do ćwiczeń.

Stoliki dla uczniów najkorzystniej obliczyć każdy na dwie grupy po dwu lub trzech uczniów. Winny one być sporządzone z pominięciem spajań żelaznych, przymocowane do podłogi i zaopatrzone liczbami porządkowymi. Wysokość stolików około 75 cm., płyty ich o wymiarach około 65 cm. $\times$ 160 cm. muszą wystawać ze wszystkich stron przynajmniej 5 do 6 cm. W każdym stoliku znajdują się dwie szuflady do przechowania podręcznych utensyliów jak: klocki drewniane, ściereczki, nici, sznurki, druty izolowane i t. p.

Odstępy stolików pomiędzy sobą zależne od wielkości sali i od ilości grup uczniów — jednak nie mniejsze jak 100 cm.

¹⁾ Podane w niniejszym artykule ćwiczenia były przeprowadzone częściowo w klasie III, częściowo w klasie IV Państwowego Gimnazjum (matematyczno-przyrodniczego) imienia Augusta Witkowskiego w Krakowie.

Na środku każdego stolika niezbyt wystający podwójny kurek gazowy, oraz doprowadzenie prądu elektrycznego (z tablicy rozdzielczej, akumulatorów lub t. p.).

Do każdego stolika należy potrzebna ilość stołków (taburetków) bez oparcia, na czterech nogach, wysok. 43 cm., płyta 30 cm. $\times$ 30 cm.

Wagi rozmieszczone oddzielnie w pobliżu okna na konsolach lub wąskich stołach.

Do ćwiczeń z zakresu optyki okna należy zaopatrzyć w zasłony.

2. Wykaz przyrządów i przyborów potrzebnych w pracowni (obliczone na jedną grupę uczniów).

a) Przyrządy miernicze:

1 metr sztabowy lub składany.

1 suwak mierniczy (nonjusz) o długości rozsuwu około 15 cm.

1 śruba mikrometryczna o rozsowie 1.5 — 2 cm. do pomiaru setnych części milimetra.

1 taśma miernicza 20 metrowa na każde cztery grupy.

1 waga aptekarska (obciążenie do 1 kg.).

3 dynamometry — obciążenie do 1000 gr.

2 dynamometry — obciążenie do 100 gr.

1 zegarek sekundnikowy (stopper) przynajmniej na każde cztery grupy.

2 termometry o skali mlecznej — od — 20° C. do 150° C. — po 1° C.

1 termometr o skali mlecznej od kilku stopni poniżej 0° C do 50° C dzielonej na dziesiąte części stopnia, przynajmniej jeden termometr na każde 2 grupy.

1 areometr do cieczy cięższych gatunkowo od wody na każde dwie grupy.

1 areometr do cieczy lżejszych gatunkowo od wody na każde dwie grupy.

1 mensurka pojemności 100 cm³. z podziałką po 1 cm³.

b) Szkło.

1 zlewka pojemności 250 cm³.

2 zlewki " 150 cm³.

1 zlewka " 50 cm³.

2 kolbki " 100 cm³. o średnicy szyjki 2.5 cm. — 3 cm.

1 piknometr

1 pipeta pojemności 50 cm³.

1 lejek o średnicy w świetle ok. 8 cm.

1 rurka termometryczna do napełniania.

1 termoskop (niekalibrowany).

1 szkiełko zegarkowe około 8 cm. średnicy.

1 zwierciadło płaskie o wymiarach 1.5 cm. $\times$ 10 cm.

3 próbki.

1 łącznik szklany prosty z rurki o średnicy zewnętrznej 7 mm.

1 łącznik szklany zgięty pod kątem prostym (kolanko) 4 cm. $\times$ 4 cm.

1 łącznik zgięty dwukrotnie: 4 cm., kąt 60°, 20 cm., kąt 120°, 6 cm.

2 zatyczki szklane 7 mm. długości około 4 cm.

Uwaga: Oprócz ilości przedmiotów przeznaczonych do użytku przy ćwiczeniach, powinien się znajdować w zbiorach zapas, służący do zastąpienia uszkodzonych przedmiotów nowymi, jak również pewien zasób rurek ze szkła łatwo topnego o średnicach 4 mm. i 7 mm., grubości ścian około 1 mm.

c) Różne przybory:

A. 2 statywy żelazne o prętach długości 80 cm. średnicy 12 mm.

B. 1 kółko żelazne z uchwytem.

C. 1 łapa duża.

D. 1 łapa średnia.

E. 1 uchwyt cylindryczny do łączenia (przedłużenia) prętów.

F. 3 uchwyty podwójne do statywów.

G. 2 pręty o średnicy 12 mm. długości 35 cm. z wkrętką N.

H. 1 dźwignia dług. 42 cm., szer. 2 cm. z otworkami w odległości 1 cm.

J. 4 krążki o średnicy 5 cm.

K. 4 widełki do ujęcia dźwigni lub krążka.

L. 3 obrączki z haczykami i wkrętkami.

M. 4 haczyki z wkrętką 8 mm. średnicy.

N. 2 haczyki z wkrętką 3.5 mm. średnicy.

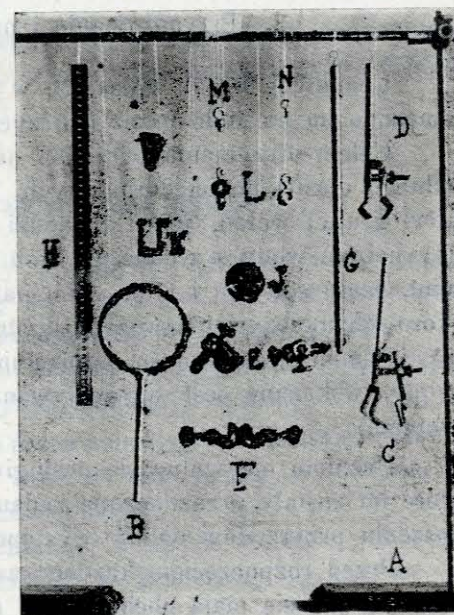
1 garnitur odważników w stosunku 1:2:5:10:15:30 z obustronnymi haczykami.

1 klocek drewniany 10 cm. $\times$ 10 cm. $\times$ 4 cm.

1 klocek drewniany 10 cm. $\times$ 10 cm. $\times$ 2 cm.

1 palnik gazowy Bunsena, ewentualnie lampka spirytusowa.

1 wężyk gumowy do palnika długości 70 cm.



Rys. 1.

1 wężyk z czerwonej gumy 6 mm. średnicy w świetle, długości 15 cm.

1 wężyk z czerwonej gumy 6 mm. średnicy w świetle, długości 6 cm.

1 siatka azbestowa płaska.

2 korki gumowe, każdy o dwu otworach. Średnica korków dobrana do szyjek kolbek. Jeżeli jeden otwór zbyt duży, zatyka się go szklaną zatyczką.

Uwaga: Prócz powyższych przedmiotów powinien się w pracowni znajdować zapas korków zwykłych, nici, sznurka, igieł, szpilek, gwoździ różnych, pluskiewek, drobnych haczyków do wkręcania w drzewo, skrawków cienkiej blachy, bibuły do wysuszania i papieru milimetrowego.

3. Przygotowanie i prowadzenie ćwiczeń.

Uczniowie winni zajmować w sali ćwiczeń jedynie miejsca wyznaczone im na stałe przez nauczyciela.

Celem utrzymania porządku należy w każdej grupie przeznaczyć jednego ucznia do nadzoru innych. Temu tylko uczniowi (przodownikowi grupy) wolno, jeżeli zachodzi konieczność, opuścić miejsce, np. aby nabrać wody z wodociągu lub przynieść jakiś potrzebny przedmiot, część statywu i t. p. Inni natomiast mogą to wówczas czynić, skoro ich nauczyciel zezwoli do tablicy lub wagi.

Pomimo konieczności porozumiewania się ze sobą uczniów danej grupy, wskazane jest utrzymywanie zupełnego spokoju (rozmowy szeptem).

Uczniom nie wolno się posługiwać innymi przedmiotami, jak te, które im zostały przeznaczone zadaniem; przeciw samowolnemu przenoszeniu przyrządów należy występować z całą surowością.

Przed rozpoczęciem każdego zadania należy uczniów dokładnie pouczyć, jak się mają obchodzić z przyrządami i kazać uczniom powtórzyć te objaśnienia. Co do urządzeń, któremi się częstokroć posługują, należy raz na zawsze w pobliżu nich umieścić odnośne ogłoszenia (zob. § 4).

Do zbiorów gabinetu fizycznego uczniom wstęp stanowczo wzbroniony.

Przyrządy winny być przygotowane przed lekcją ćwiczeń na wspólnym stole (katedrze), i tam zostają po ukończeniu ćwiczeń złożone przez przodowników grup, ilość zaś przyrządów i ich stan sprawdzone przez nauczyciela.

Nie jest rzeczą wskazaną, żeby nauczyciel podawał uczniom na kartkach tematy i sposób prowadzenia ćwiczeń, natomiast po prze-

robieciu zasad i ustaleniu przez uczniów, jakie elementy mają być obliczone, układają oni tabelkę mierzonych wielkości.

Należy wymagać od uczniów starannego przeprowadzania doświadczeń i notowania nie tylko wszystkiego, co było nakazane tematem zadania, ale i zapisywania szczegółów obserwacji własnych. Wskazaniem jest, żeby uczniowie w domu uporządkowali i dopełnili swoje notatki; nauczyciel zaś winien je kontrolować przy każdej nadarzającej się sposobności.

Przestrzeganie porządku przydałoby się ustalić drukowaniem przepisami w widocznych miejscach, ewentualnie na każdym stoliku.

Kilka minut przed końcem lekcji zarządzić należy oczyszczenie i złożenie przyrządów, posprzątanie stolików, sprawdzenie kurków gazowych, wodociągowych i t. p.

Szkody wynikłe z niestosowania się do wskazówek nauczyciela, oraz ze złośliwego postępowania, winny być przez uczniów bezwzględnie wyrównane.

4. Regulamin pracowni (dla uczniów).

Uwaga: Regulamin należy przeczytać uczniom na początku roku. Prócz tego powinien się on znajdować w pracowni umieszczony w widocznym miejscu, ewentualnie na każdym stoliku.

Wchodząc do pracowni winni uczniowie natychmiast zająć miejsca im wyznaczone, zachowując przytem bezwzględną ciszę.

Przodownicy grup, wezwani przez nauczyciela, odbierają z katedry przyrządy i są odpowiedzialni wraz z całą grupą za oddanie ich w należytym porządku po skończonej lekcji.

Zarówno przenoszenie przyrządów z innych stolików, jak samowolne opuszczanie i zmiana miejsc w pracowni są surowo zakazane.

Temat zadania winni uczniowie natychmiast starannie zanotować. Również dokładnie zapisywać należy nie tylko wszystkie pomiary i obliczenia, ale i szczegóły obserwacji własnych.

Notatki należy w domu uporządkować i dopełnić. Z przyrządami należy obchodzić się delikatnie i stosować się do wskazówek udzielanych przez nauczyciela, oraz do przepisów umieszczonych w pracowni (waga).

Odważniki należy ujmować szczypcami, nigdy palcami i chronić je przed zetknięciem z rtęcią. Na talerzykach wagi nie stawiać przedmiotów brudnych lub mokrych. Ciecze i ciała sypkie należy ważyć w naczyniach nie wywrotnych, położywszy na obu talerzy-

kach równe krążki bibuły. Ze względu na ochronę ostrzy należy nakładać względnie zdejmować ciała tylko wówczas, gdy waga jest unieruchomiona (opuszczona). Odważniki kłaść po prawej stronie. Gdy położony odważnik za wielki (za mały), należy go zastąpić bezpośrednio mniejszym (większym). Przy odczytywaniu wyniku ważenia zanotować odważniki według wielkości i zapisać ich sumę (stwierdzić zgodność z sumą brakujących w kasetce odważników).

Przy doświadczeniach z zakresu elektryczności nie wolno załączać prądu elektrycznego przed uprzednim skontrolowaniem przez nauczyciela połączeń.

Uczniowie winni dbać o utrzymanie porządku w sali ćwiczeń. Nie wolno śmiecić, rozlewać wody po stołach, używać bez zezwolenia kurków gazowych, wypustów elektrycznych. Przed końcem lekcji należy na zlecenie nauczyciela oczyścić i złożyć przyrządy i doprowadzić stoliki do porządku. Metalowe przyrządy miernicze (suwaki miernicze i śruby mikrometryczne) należy przed oddaniem przetrzeć zatłuszczoną szmatką.

5. Średnia arytmetyczna.

Uważamy, że problem ten, jako bardzo ważny, należy poruszyć z uczniami kl. IV. Jako próbę rozwiązania tego problemu podajemy poniższy przykład. Dyskusja otwarta.

Pomiary, nawet bardzo dokładnie i starannie wykonane, nie są bezwzględnie dokładne z różnych powodów, np. narzędzia, służące do przeprowadzenia pomiaru, nieraz są niedokładne lub niezupełnie dobrze użyte, zmysły ulegają złudzeniu, środowisko, w którym pomiar się przeprowadza, wpływa ujemnie na wynik i t. p. W ten sposób przy mierzeniu odległości, np. dwu punktów zapomocą taśmy, błąd w pomiarze może być spowodowany przyłożeniem taśmy nie według linii prostej, taśma może mieć inną długość, niż powinna, może podczas pomiaru wyciągać się lub kurczyć i t. p. Przyczyny te powodują nawet przy starannym odczytaniu t. zw. „błąd spostrzegania“, który jest różnicą pomiędzy rzeczywistym stanem rzeczy, a otrzymanym z pomiaru rezultatem.

Te przyczyny, powodujące błędy, można podzielić na dwa rodzaje:

- I) przyczyny, powodujące stale te same błędy,
 - II) przyczyny, wywołujące różne błędy zależnie od okoliczności.
- Błędy spowodowane pierwszymi z tych przyczyn dadzą się łatwo ocenić i usunąć przez doświadczenie (np. niedokładna długość miary);

są to t. zw. „błędy stałe.“ Drugie, „błędy przypadkowe“, nie dadzą się przewidzieć lub zauważyć, a tem bardziej ocenić (napięcie taśmy). Mimo to można te ostatnie do pewnego stopnia usunąć, posiadają one bowiem pewne własności, wynikające z ich charakteru przypadkowości.

Przedewszystkiem:

1) błąd obserwacyjny może być uważany za sumę algebraiczną bardzo wielu błędów elementarnych, mniej więcej równych sobie co do bezwzględnej wartości, różniących się natomiast znakiem (podobnie błędy kilku pomiarów tej samej wielkości); wynika stąd, że błędy spostrzeżeń odchylające się o tę samą wartość bezwzględną od prawdziwej w obie strony są równie prawdopodobne.

2) z doświadczenia wynika, że błędy większe rzadziej trafiają się od mniejszych, czyli błędy mniejsze są prawdopodobniejsze od większych.

Przypuśćmy teraz, że tę samą wielkość wymierzono „n” razy z jednakową ścisłością, otrzymując za każdym razem inny rezultat: $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$. Jeśli rzeczywista wartość wynosi a , błędami popełnionymi są różnice $a - a_1, a - a_2 \dots a - a_n$. Jeśli te błędy obserwacyjne dodamy do siebie, otrzymamy (założenie 1) sumę wszystkich błędów elementarnych w owych pomiarach; oznaczając sumę tę przez B , mamy $B = a - a_1 + a - a_2 + a - a_3 + \dots + a - a_n$. Opierając się na naszych założeniach, możemy powiedzieć, że błąd B przy znacznej liczbie pomiarów bardzo niewiele różni się od zera; przyjmując zatem $B = 0$ mamy $a - a_1 + a - a_2 + a - a_3 + \dots + a - a_n = 0$, czyli $a + a + \dots + a - a_1 - a_2 - a_3 - \dots - a_n = 0$, stąd $n \cdot a = a_1 + a_2 + \dots + a_n$; wreszcie $a = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$. Ułamek $\frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$ nazywamy wartością średnią z dokonanych

pomiarów. Im mniejsze błędy popełniono w kilku pomiarach, tem bardziej wartość średnia zbliża się do prawdziwej. W celu obliczenia tej wartości średniej należy dodać do siebie wyniki kilku pomiarów, a otrzymaną sumę podzielić przez liczbę wskazującą ilość pomiarów. W przypadku, gdy wartości z niektórych pomiarów zbytnio odbiegają od innych, nie należy ich brać pod uwagę..

Porównyując teraz otrzymaną przez nas wartość średnią badanej wielkości z podobnie znalezioną wartością średnią tej samej wielkości, ale znalezioną metodami dokładniejszymi, przy usunięciu szeregu przyczyn powodujących błędy stałe, przyjmujemy tę ostatnią za prawdziwą, jako za więcej prawdopodobną. Im mniej wartość przez nas znaleziona różni się od prawdziwej, tem dokładniejsze oczywiście były nasze spostrzeżenia. Jednak sama tylko różnica obu wartości nie daje jeszcze dostatecznego wyobrażenia o dokładności spo-

strzeżenia, bo nie jest obojętnem, czy np. omylono się o 1 m., mierząc długość 1 km., czy też długość 10 m.; w drugim wypadku błąd stanowi $\frac{1}{10}$ mierzonej wielkości, w pierwszym zaledwie $\frac{1}{1000}$. Należy zatem utworzyć stosunek błędu popełnionego przy pomiarze do rzeczywistej wartości i najwygodniej jest podawać wartość tego stosunku w procentach. W ten sposób obliczony % błędu w podanym przykładzie pierwszym wynosi 0,1%, w drugim 10%. Procent ten znajduje się z proporcji $a:b = 100:x$; skąd $x = \frac{100 \cdot b}{a}$, gdzie a = wartość prawdziwa, b = błąd popełniony.

B. MECHANIKA.

Długość dowolnego przedmiotu jako jednostka pomiaru długości. (2 godz.).

Cel: Okazać uczniom, że pomiar długości różnymi, dowolnymi jednostkami, z powodu możliwych nieporozumień, zmusza do przyjęcia wspólnej jednostki.

Ćwiczenie 1.

Należy obrać tyle przedmiotów (np. stół, ławka, tablica i t. p.) do mierzenia, ile jest grup i polecić uczniom zmierzyć długości tych przedmiotów, np. długością ołówka (każdy mierzy swoim), a wynik zapisać zdaniem, np.:

Długość stołu = „ n ołówków”.

Następnie grupy zmieniają przedmioty, mierzą je i zapisują wyniki. Mierzenie prowadzi się tak długo, dopóki wszystkie wyznaczone przedmioty nie będą zmierzone przez wszystkie grupy.

Uwaga: Przy zmianie przedmiotów należy ustalić ich kolejność, a przy mierzeniu uważać, aby uczniowie dokładnie wykonywali pomiary.

Ułamki ołówka oceniają uczniowie na oko.

Ćwiczenie 2.

Przygotować potrzebną ilość pasków z papieru rysunkowego.

Z paska papieru ucina każdy z uczniów kawałek równy długości jego stopy i podpisuje¹⁾. Tak przygotowaną jednostką mierzą uczniowie grupami przedmioty, wymienione w ćw. I i zapisują wyniki w ten sam sposób.

¹⁾ Po skończeniu ćwiczenia nauczyciel zbiera podpisane paski (patrz ćwiczenie 4).

Uwaga: Nauczyciel naprowadza uczniów na sposób pomiaru ułamka stopy (składanie paska).

Nauczyciel wypisuje na tablicy podawane przez uczniów grupami wyniki pomiaru jednego z przedmiotów mierzonych, a następnie odpowiednimi pytaniami wykazuje, 1) że przyjęcie różnych jednostek nie prowadzi do porozumienia, 2) konieczność przyjęcia wspólnej jednostki.

Określenie centymetra jako setnej części najkrótszej odległości, w temperaturze 0°, dwu kresek na końcach pręta z irydjoplatyny, przechowanego w Biurze międzynarodowym Miar i Wag w Sevrès pod Paryżem. Inne miary metryczne długości

Ocena długości (2 godz.).

Cel: Rysowanie na oko odcinków danej długości i sprawność w ocenie ich długości¹⁾.

Ćwiczenie 3.

Potrzebne: Lineał długości metra.

Uczniowie otrzymują lineale długości metra. Jeden z uczniów rysuje na tablicy odcinek długi na metr bez użycia linealu, drugi sprawdza. Ćwiczenie powtarzają inni, przyczem należy polecać rysowanie odcinków w różnych położeniach (poziomo, pionowo, ukośnie). Po każdym sprawdzeniu należy odcinek zmasać, zwłaszcza, gdy następny ma mieć takie samo położenie.

Dalsze ćwiczenie prowadzą uczniowie w zeszytach. Nauczyciel poleca narysować odcinek, podając jego długość i położenie, następnie zaś sprawdzić jego długość. W ten sposób rysują uczniowie odcinki długości decymetra, centymetra, milimetra i ich wielokrotności.

Nauczyciel rysuje na tablicy odcinki w różnych położeniach. Każdy z uczniów ocenia długość narysowanego odcinka i wynik oceny zapisuje, poczem notuje rzeczywistą, zmierzoną długość, celem stwierdzenia błędu w ocenie długości.

W ten sam sposób oceniają uczniowie i sprawdzają: długość pręta, jak wysoko nad poziomem podłogi znajduje się dolna (górna) krawędź tablicy, wysokość drzwi, sali i t. p.

Uwaga: Do ćwiczeń tych nie należy brać żadnego z przedmiotów, mierzonych w ćwiczeniu I (patrz ćwiczenie 4).

¹⁾ Należy rozważyć, w jakim porządku mają być przeprowadzone ćwiczenia: 1) Ocenić długość wyrysowanego odcinka. 2) Wyrysować na oko odcinek o danej długości. Pożądana jest umotywowana odpowiedź.

Ćwiczenie 4.

a) Uczniowie grupami oceniają długości tych przedmiotów, które mierzyli w ćwiczeniu 1, a wynik oceny zapisują. Następnie mierzą dokładnie (miarą metryczną) i zapisują. Zapisywanie odbywa się w formie zdania, podanego w ćwiczeniu 1.

Uwaga: Dokładność pomiaru do milimetrów, ułamki milimetra na oko. Wyniki pomiaru tego samego przedmiotu, uzyskane przez wszystkie grupy, wypisać na tablicy i obliczyć wartość średnią. Podobnie można postąpić z pomiarami kilku innych przedmiotów.

b) Długości przedmiotów, wyrażone w stopach w ćwiczeniu 2, przedstawić w miarach metrycznych.

Nonjusz.

Ćwiczenie 5 (1 godz.).

Cel: Zapoznanie się uczniów z budową nonjusza.

Każda grupa uczniów otrzymuje linijkę z drzewa długą na 30—40 cm. z podziałką centymetrową i drugą, długą na 9 cm., podzieloną na dziesięć równych części. W razie braku tychże poleca się uczniom na lekcji, poprzedzającej ćwiczenia, przygotować w domu powyższe linijki z drzewa lub grubego kartonu.

Przed ćwiczeniem zaznacza nauczyciel, że podziałkę dłuższą będzie nazywał główną, krótszą ruchomą. Obie razem tworzą nonjusz.

A) Nauczyciel poleca uczniom ustawić podziałkę ruchomą tak, aby nakrywały się kreski zerowe obu podziałek. Następnie odpowiednimi pytaniami wydobywa od uczniów:

1) że dziesięć odstępów podziałki ruchomej równa się dziewięciu odstępom podziałki stałej, zatem każdy odstęp podziałki ruchomej jest o $1/10$ cm. krótszy od odstępów podziałki głównej.

2) o ile oddali się zero podziałki ruchomej od zera głównej, gdy nakryją się kreski pierwsze, drugie, i t. d. obu podziałek.

3) która kreska wskazuje każdorazowo, o ile zero podziałki ruchomej oddalone jest od zera podziałki głównej.

B. Uczniowie powtarzają ćwiczenie, ustawiając podziałkę ruchomą tak, aby jej zero nakryło się z dowolną kreską (np. 8) podziałki głównej i znów przy pomocy pytań należy dążyć do stwierdzenia:

1) O ile jest oddalone zero podziałki ruchomej od kreski 8 głównej, gdy kreska 1, 2, 3 i t. d. ruchomej nakryje się odpowiednio z kreską 9, 10, 11 i t. d. głównej.

2) Która kreska wskazuje, o ile zero podziałki ruchomej jest oddalone od kreski 8 podziałki głównej.

Podobne ćwiczenia można przerobić w dowolnej ilości, zmieniając każdorazowo położenie zera podziałki ruchomej. Po tych ćwiczeniach uczniowie ustalają, która kreska podziałki ruchomej wskazuje odległość zera tej podziałki od najbliższej wstecz położonej kreski podziałki głównej.

Następnie nauczyciel poleca uczniom ustawić podziałkę ruchomą tak, aby jej kreska n. p. a) 6, b) 7 schodziła się z kreską a) 9, b) 21 podziałki głównej, i odpowiedzieć o ile zero podziałki ruchomej jest oddalone od kreski a) 3, b) 14 podziałki głównej, a o ile od kreski zerowej tejże podziałki.

Ćwiczenie 6 (1 godz.).

Cel: Mierzenie nonjuszem.

Potrzebne: Linijki używane w ćwiczeniu 5 i po jednym pręcie (drut sztywny) dla każdej grupy. Wszystkie pręty o tej samej długości, równej całkowitej liczbie milimetrów (n. p. 12,7 cm.).

Po otrzymaniu poprzednio wymienionych przyborów, oceniają uczniowie na oko długość pręta, później sprawdzają nonjuszem.¹⁾

Tak samo postępują uczniowie przy wyznaczeniu długości ołówka, pióra i t. p.

Ćwiczenie 7 (2—3 godz.).

Suwak mierniczy i jego zastosowanie.

Potrzebne: Suwak mierniczy, pręty metalowe, rurki szklane, kule, płytki, stanjol, zlewki.

Uczniowie, opisując budowę suwaka, stwierdzają przy pomocy pytań, stawianych przez nauczyciela, istnienie podziałki stałej, ruchomej, szczęk, ostrzy i pręta, połączonego z podziałką ruchomą. Następnie powtarzają ćwiczenia 5 ze suwakiem mierniczym. Przy powtarzaniu należy po każdym przesunięciu podziałki ruchomej uwzględnić nie tylko te punkty, które brano pod uwagę w ćwiczeniu 5, lecz także powinni uczniowie zwracać uwagę na odległość zera podziałki ruchomej od zera stałej, nadto na odległość szczęk, ostrzy i długość wysuniętej części pręta. Odczytywać należy w milimetrach.

Po zapoznaniu się w ten sposób z budową suwaka, przystępują uczniowie do mierzenia średnicy pręta metalowego. (Ze względu na łatwiejszą kontrolę należałoby dać uczniom pręty o tym samym przekroju).

a) Przed zmierzeniem oceniają uczniowie średnicę pręta na oko i zapisują.

¹⁾ Każdą ocenę i wynik sprawdzenia należy zapisać w formie zdania podanego w ćwic. 1.



b) Następnie, obracając pręt, wyznaczają w tym samym przekroju długość średnicy i zapisują.

c) To samo czynią ujmując pręt w różnych miejscach.

d) Z otrzymanych kilku lub kilkunastu pomiarów wyliczają wartość średnią.

Analogicznie należy postępować przy mierzeniu wewnętrznej średnicy rurki, średnicy kuli, grubości płyt, stanjolu, odległości dwu punktów naznaczonych na zeszytcie, głębokości naczyń i t. p.

Śruba mikrometryczna i jej zastosowanie.

Ćwiczenie 8 (2—3 godz.).

Potrzebne: śruba mikrometryczna, suwak mierniczy, płytki, druty, kulki.

Przed ćwiczeniem sprawdza nauczyciel, czy zero podziałki leży na przedłużeniu kreski stałej, gdy końce śruby się stykają; w przeciwnym razie powinien przyrząd uregulować.

Uczniowie otrzymują śruby mikrometryczne ze stykającymi się szczękami. Nauczyciel podaje określenie kroku śruby i poleca go uczniom wymierzyć (suwakiem mierniczym), poczem pytaniami zmusza uczniów do spostrzeżenia, że

1) brzeg płaszcza, sztywnie złączonego ze śrubą, jest podzielony na sto równych części (podziałka ruchoma),

2) jest wskaźnik (kreska stała, równoległa od osi śruby).

Następnie poleca nauczyciel uczniom wykonać śrubą kilkakrotnie całkowity obrót i każdorazowo stwierdzić (suwakiem mierniczym),

a) o ile oddaliły się szczęki śruby,

b) o ile brzeg płaszcza odsunął się od pierwotnego położenia.

Przy tej sposobności doprowadza nauczyciel uczniów do stwierdzenia:

1) zależności między przesunięciem płaszcza a krokiem śruby,

2) istnienia podziałki milimetrowej, która odsłania się przy obrocie,

3) położenia brzegu płaszcza względem podziałki milimetrowej

i zera podziałki ruchomej względem wskaźnika.

Również pytaniami musi nauczyciel postarać się o to, aby uczniowie stwierdzili, że przy pomocy podziałki milimetrowej można łatwo wyznaczyć odległość szczęk, gdy ta wyraża się liczbą całkowitą milimetrów.

Celem przekonania się, czy uczniowie zrozumieli punkt ostatni, poleca się im tak śrubę ustawić, aby odległość szczęk wynosiła np. 9 mm. Następnie przechodzi nauczyciel od grupy do grupy i stwier-

dza, czy uczniowie dobrze to uczynili, przyczem ustawia każdej grupie śrubę w inny sposób i każe odczytać odległość szczęk. Uczniowie doprowadzają szczęki do zetknięcia. (Silnie nie dokręcać!!)

Teraz poleca się uczniom obrócić śrubę tak, aby kreska 50 podziałki ruchomej nakryła się ze wskaźnikiem.

Ile wynosi odległość szczęk? Nauczyciel zmusza uczniów pytaniami do wyrażenia tej odległości w setnych milimetra, o ile na ostatnie pytanie dali inną odpowiedź.

Po doprowadzeniu szczęk do zetknięcia obracają śrubę tak, aby kreska 25 nakryła się ze wskaźnikiem i odczytują odległość szczęk. Podobnie postępują przy ustawieniu kreski 10, 15, 20, 24 i t. d. podziałki ruchomej na wskaźniku.

Wreszcie poleca się uczniom tak śrubę obrócić, aby odległość szczęk wynosiła np. 8, 27 mm. Przechodząc od grupy do grupy, stwierdza nauczyciel, czy uczniowie wykonali należycie polecenie i zaraz każdej grupie ustawia śrubę w inny sposób, polecając odczytać odległość szczęk.

Jaką najmniejszą odległość szczęk można odczytać?

Jak można zbudować śrubę, przy pomocy której możnaby odczytywać odległości szczęk mniejsze niżeli 1/100 mm.

Teraz przystępują uczniowie do mierzenia grubości płytek, średnicy drutów i kulek.

Pomiary powinny być przeprowadzone według wskazówek, podanych w ćwiczeniu 7 (b, c, d).

Pomiar powierzchni.

Na lekcji, poprzedzającej ćwiczenia, mierzy uczeń powierzchnię tablicy dowolną powierzchnią, przyjętą za jednostkę. Pomiar powtarza się przy użyciu innej powierzchni jako jednostki. Uczniowie, którzy przerobili ćwiczenie I, łatwo dochodzą do przekonania, że tego rodzaju pomiary nie prowadzą do porozumienia. Konieczność wprowadzenia wspólnej miary. Miary metryczne powierzchni.

Ćwiczenie 9 (4—6 godz.).

Potrzebne: papier kratkowany (milimetrowy), suwak mierniczy, bryły geometryczne (graniastosłupy, ostrosłupy, walec, stożek).

Nauczyciel rozdaje uczniom po kawałku papieru kratkowanego (milimetrowego), naklejonemu na karton. Na każdym kawałku jest narysowana figura geometryczna (trójkąt, równoległobok, trapez, wielobok umiaryowy).

A. Uczniowie wyznaczają powierzchnię otrzymanych figur przez liczenie całych mm^2 , a z przeciętych uwzględniają te, których większą część powierzchni leży na polu figury. Nauczyciel powinien naprowadzić uczniów na ułatwienie w liczeniu całych mm^2 . Wynik wyrażają uczniowie w cm^2 . Można uczniom polecić, aby w domu wyznaczyli w podobny sposób powierzchnię województwa, Polski lub t. p.

B. Uczniowie obliczają powierzchnię figur poprzednich przy pomocy formuł geometrycznych. Pomiary potrzebnych wielkości uskuteczniają suwakiem mierniczym. Grupy zmieniają figury i postępują tak, jak zaznaczono pod A i B.

C. Każda grupa uczniów otrzymuje bryłę geometryczną, a po wyznaczeniu suwakiem mierniczym potrzebnych wymiarów, oblicza powierzchnię, poczem następuje zmiana brył między grupami.

Pomiar objętości.

Po omówieniu miar metrycznych objętości na lekcji poprzedzającej ćwiczenia przystępują uczniowie do ćwiczeń.

Ćwiczenie 10 (2—3 godz.).

Potrzebne: Suwak mierniczy, bryły używane w ćwiczeniu 9, mensurka, kawałki metalu, drzewa, parafiny i t. p.

A. Każda grupa otrzymuje bryłę. Suwakiem mierniczym wyznacza potrzebne wymiary i oblicza objętość. Grupy zamieniają bryły, a ilość brył, których objętość każda grupa ma wyznaczyć, zależy od czasu, jakim się rozporządza. Można obliczyć w szkole objętość tylko jednej bryły, a obliczenie objętości kilku innych, po wyznaczeniu wymiarów, pozostawić na ćwiczenie domowe. Kontrola na następnej lekcji przy sposobności obliczania wartości średniej.

B. Uczniowie opisują mensurkę i wyznaczają objętość ciał zanurzonych w wodzie.

Ćwiczenie 11 (2 godz.).

Zastosowanie biurety.

Potrzebne: Biureta, probówka, zlewka, listewka drewniana, w której tkwi pionowo szpilka.

Uczniowie opisują biuretę i ćwiczą się w odczytywaniu.

Przed każdym pomiarem odpuścić z biurety nieco wody, aby poziom doszedł do pewnej kreski i aby usunąć powietrze.

I. Wyznaczyć, ile cm^3 cieczy potrzeba do wypełnienia objętości między kreskami, zrobionymi na probówce (ołówek do szkła).

2. Z biurety nalać do probówki 10 cm^3 wody, następnie ocenić i zaznaczyć dokład sięgnię poziom dalszych 10 cm^3 wody, a potem sprawdzić przy pomocy biurety.

3. Zlewkę napełnia się wodą z biurety do pewnego znaku. Znakiem może być koniec szpilki, białej pionowo w listewkę drewnianą, która opiera się o brzegi zlewki. Wodę się wylewa, naczynie suszy, na dno jego wkłada się ciało, którego objętość chcemy wyznaczyć, a następnie nalewa się wody z biurety. Ile trzeba nalać wody, aby jej poziom doszedł do tej samej wysokości, co poprzednio? Jaka jest objętość ciała?

Pomiar masy i gęstości.

Ćwiczenie 12 (2 godz.).

Potrzebne: Waga, odważniki, ciała używane w ćwiczeniu 10, kostki (cm^3) z różnych materiałów, mensurka, zlewka.

Wyznaczyć masę kilku kostek.

Określenie gęstości.

Po wyznaczeniu masy jednego z ciał, którego objętość była wyznaczoną w ćwiczeniu 10, obliczyć gęstość.

Wyznaczyć masę $40, 50, 60 \text{ cm}^3$ wody.

Ćwiczenie 13-a (2 godz.).

Cel: Obliczenie powierzchni dowolnego kształtu za pomocą wagi.

Potrzebne: Ekierka prostokątna, cyrkiel, waga i karton $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$, z którego uczeń wycina kwadrat o boku 10 cm , koło o promieniu 10 cm i dowolną figurę.

Zważyć kwadrat i dowolną figurę, następnie obliczyć, ile waży 1 cm^2 kartonu, z tego powierzchnię owej figury i sprawdzić poprzednią metodą (Ćwicz. 9-a).

Ćwiczenie 13-b.

Cel: Obliczenie liczby π .

Zważyć koło o promieniu 10 cm , obliczyć z jego masy powierzchnię i utworzyć stosunek powierzchni koła do powierzchni kwadratu o boku 10 cm . Powtórzyć ćwiczenie kilka razy, zmniejszając bok kwadratu i promień koła o tę samą ilość cm .

Ćwiczenie 14 ($1\frac{1}{2}$ godz.).

Cel: Oznaczyć grubość cynfolji przy pomocy wagi.

Potrzebne: kwadrat z cynfolji o boku 10 cm , waga, odważniki, śruba mikrometryczna.

Zważyć kwadrat wycięty z cynfolji, zapisać.

Rachunek: Przyjmując za znaną gęstość cynfolji (7.3 gr./cm^3) i znając jej masę m , wyliczamy objętość $v = m/7.3 \text{ cm}^3$. Z objętości zaś, dzieląc przez powierzchnię, znajdujemy grubość $a = v/100 \text{ cm}$. Po wyliczeniu sprawdzić grubość śrubą mikrometryczną, składając cynfolję 8, 16 i 32 razy (obliczyć średnią).

Uwaga: Gęstość cynfolji powinien nauczyciel uprzednio sam oznaczyć, ponieważ gęstość cyny nawet czystej waha się w granicach od 5.7 do 7.28 gr/cm^3 . Do doświadczenia należy użyć cynfolji wyprostowanej między dwoma ćwiartkami papieru, na jednej z nich wyrysować uprzednio kwadrat i razem wyciąć.

Ćwiczenie 15 (2 godz.)

Cel: Oznaczyć przekrój rurki włosowatej przy pomocy wagi.

Potrzebne: rurka włosowata (około 30 cm.), rtęć, waga, odważniki, nonjusz, zlewka (150 cm^3).

Starować dokładnie zlewkę. Nabrać do rurki włosowatej rtęci z naczynia tyle, aby otrzymać słupek rtęci długości około 5 cm. (przez zanurzenie jednego końca rurki do rtęci i przymknięcie palcem drugiego). Zmierzyć dokładnie nonjuszem długość słupka rtęci w kilku położeniach, przesuwając słupek rtęci przez nachylenie rurki (oba otwory zamknąć palcami), zapisać. Następnie wypuścić rtęć do starowanej zlewki, dokładnie zważyć ($m \text{ gr}$) i zapisać.

Rachunek: Z otrzymanych pomiarów długości słupka znaleźć średnią; ona jest wysokością walca rtęci. Przyjmując gęstość rtęci 13.6 gr/cm^3 , znaleźć objętość walca $v = m/13.6 \text{ cm}^3$; znając objętość i wysokość walca, znajdujemy przekrój (powierzchnię podstawy), dzieląc objętość przez wysokość.

Ćwiczenie 16 (1 godz.).

Piknometr.

Potrzebne: piknometr (25 cm^3), śrut, kawałeczki innych ciał, zlewka (150 cm^3) oraz cieczy (alkohol, roztwór soli i t. p.), druciki.

a) Płonny piknometr o znanej objętości zważyć (z zatyczką), zapisać, napełnić go badaną cieczą tak, aby wypełnić także zatyczkę, osuszyć szmatką, następnie dokładnie bibułą (uważać na zatyczkę), zważyć i zapisać. Różnica obu waga wskazuje masę (m) 25 cm^3 badanej cieczy, stąd gęstość $d = m/25 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$.

b) Zważyć piknometr napełniony wodą i dokładnie osuszony, jak w ćwiczeniu poprzednim, zapisać ($= a \text{ gr.}$) Nie zdejmując z talerzyka

wagi piknometr, dodać obok piknometru tyle śrutu, aby po wrzuceniu do piknometru zajął około $1/4$ jego objętości, zważyć i zapisać ($= b \text{ gr.}$). Następnie zdjąć z talerzyka piknometr i wsypać do niego śrut, dopełnić wodą, osuszyć, zważyć i zapisać ($= c \text{ gr.}$).

Rachunek: Piknometr z wodą i śrutem obok waży razem $b \text{ gr.}$, natomiast piknometr z wodą i śrutem wewnątrz tylko $c \text{ gr.}$; ile zatem waży woda wypchnięta przez śrut? ($b - c$) gr. Jaka jest objętość śrutu? Masę śrutu znajdujemy, odejmując a od b , zatem gęstość śrutu $d = \frac{b-a}{b-c} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$.

Uwaga: Piknometr trzyma się dwoma palcami za szyjkę! Bańki powietrza należy usunąć przez wstrząsanie, względnie drucikiem.

* * *

Uwaga: Kilka lekcji, poprzedzających ćwiczenia z kinematyki, poświęca nauczyciel omówieniu z uczniami pojęcia stosunku i zaznajomieniu ich z wykresami najprostszych funkcji ($y = ax + b$, $y = ax^2$, $y = a/x$).

Ćwiczenie 17 (2 godz.).

Zapoznanie się z pojęciem prędkości.

Potrzebne: Taśma miernicza 20 metrowa. Zegarek sekundnikowy.

Na podwórzu, albo na przechadzce przebiegają uczniowie pojedynczo, następnie zaś grupami dowolne przestrzenie np. 17—23—31 metrowe (z rozmysłu liczby nieparzyste) i wyznaczają czas zegarkiem.

O ile jest w pobliżu szosa, posiadająca znaczony hektometry, notują czas przebycia marszem pojedynczych odcinków drogi.

Znajdują zależność pomiędzy czasem i drogą przebytą.

Na następnej lekcji uczniowie obliczają rezultaty poprzedniego ćwiczenia i zdają nauczycielowi sprawę, czy należycie przyswoili sobie pojęcie prędkości.

Na papierze milimetrycznym znaczą na dwu prostych prostokątnych, przyjętych odpowiednio za osie drogi i czasu, odcinki, mające przedstawiać należące do siebie odstępy dróg i czasów i wykreślają diagramy prędkości.

Nauczyciel naprowadza uczniów pytaniami na znaczenie nachylenia linii prostej, przedstawiającej prędkość.

Ćwiczenie 18 (2 godz.).

Zależność drogi od czasu przy ruchu jednostajnie przyspieszonym.

Potrzebne: Rynienki drewniane półokrągłe o średnicy około 15 cm., długości około 124 cm. Kulki drewniane o średnicy 3 cm., lycopodium lub mąka grycikowa, sitko z muslinu. Metronom. Rynienki zaopatrzyć w podziałkę centymetrową.

Ustawić rynienkę poziomo i upuściwszy kulkę w poprzek, stwierdzić metronomem równość okresu wahań.

Ustawić obok siebie dwie rynienki (dwie grupy razem) i nachylić je pod jednakowym kątem 4° do 6° względem poziomu. Ze szczytów rynienek upuścić równocześnie (jeden uczeń) dwie kulki: po jednej środkiem, po drugiej zaś w ten sposób, żeby się staczała wykonywając zarazem wahań w poprzek rynienki.

Jakie są odległości w każdej chwili obu kulek od szczytu rynienek?

Każda grupa zabiera swoją rynienkę.

Posypać (jedną) rynienkę przesianym przez muślin pyłem. Zmierzyć jakie drogi przebiegnie „wahająca się” kulka 1) po upływie 1, 2, 3... okresów czasu, 2) w poszczególnych okresach czasu, przyjmując za jednostkę czasu okres jednego wahań.

W jakim stosunku są drogi 1) w pierwszym, 2) w drugim przypadku? Przedstaw to graficznie! Przeprowadzić to samo ćwiczenie przy zmienionym nachyleniu rynienki względem poziomu! Czy wartość stosunku s/t^2 ulegnie zmianie?

Ćwiczenie 19 (1 godz.).

Stwierdzenie zależności odkształcenia od siły (Prawo Hooke'a, zasada dynamometru).

Potrzebne: Sprężyny spiralne, dynamometry, ciężarki z dwoma haczykami, nici nieskręcane (kokon jedwabny), podziałki milimetrowe, lub nonjusz.

Powiesić na nitce i na sprężynie dwa jednakowe ciężarki. Czem się różni w zachowaniu sprężyna od nitki? Zdjąć ciężarek ze sprężyny. O ile skróci się jej długość, a o ile długość nitki?

Powiesić na tej samej sprężynie kolejno jeden, dwa, trzy i t. d. jednakowe ciężarki, zmierzyć za pomocą podziałki wydłużenie i porównać je ze sobą. Przedstawić to graficznie, przyjmując na jednej osi współrzędnych ilości ciężarków, na drugiej zaś wydłużenia.

Wyrazić swoje spostrzeżenia w postaci prawa.

Sprawdzić, czy podziałka na dynametrze została należycie sporządzona.

Siły działające na jeden punkt.

Ćwiczenie 20 (1 godz.).

Cel: Zmiana kierunku siły przy pomocy krążka.

Potrzebne: Dynamometr, nitka, ciężarki, przybory, A, G, J, K, E, L (Wstęp 2 c).

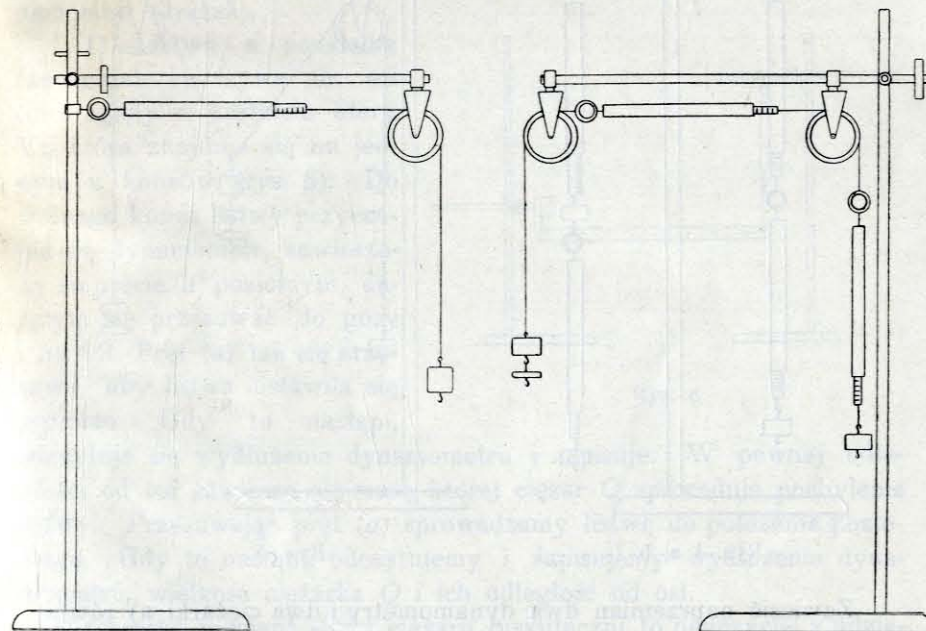
Do haczyka dynamometru, zawieszonego pionowo, przytwierdzić sznurek obciążony. Po kilkakrotnym wstrząśnięciu dynamometrem odczytać i zapisać wielkość działającej siły i jej kierunek.

Powtórzyć poprzednie doświadczenie, przerzuciwszy sznurek przez krążek i trzymając dynamometr poziomo. Następnie zmieniając położenie dynamometru od poziomego do pionowego, odczytywać wielkość siły działającej. Jaką rolę odgrywa krążek?

Ćwiczenie 21 (1 godz.).

Cel: Przenoszenie siły.

Potrzebne: Prócz przedmiotów wymienionych w ćwiczeniu 20, jeszcze dynamometr, J, K, L (Wstęp 2 c).



Rys. 2.

Rys. 3.

a) Dynamometr, jednym końcem przytwierdzony na stałe, znajduje się w położeniu poziomym. Sznurek, przytwierdzony do drugiego końca, przerzucony jest przez krążek i obciążony (Rys 2). Odczytać wydłużenie dynamometru.

b) Przed ciężarkiem włączyć dynamometr pionowo i odczytać wydłużenie obu dynamometrów.

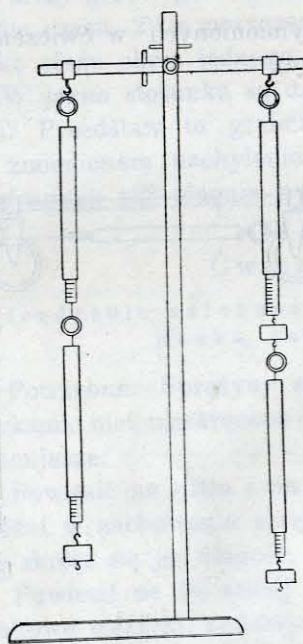
c) Ostatnie doświadczenie zmienić według rys. 3. Jaki ciężarek należy zawiesić po drugiej stronie?

Ćwiczenie 22 (1 godz.).

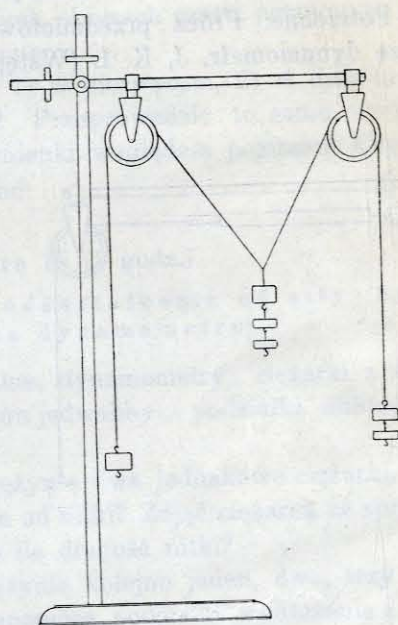
Cel: Dodawanie sił, działających wzdłuż prostej o tym samym kierunku.

Potrzebne: A, E, G, L (Wstęp 2 c), dwa dynamometry, odważniki.

Do haczyka dynamometru zawieszonego (Rys. 4-a) przyczepić drugi dynamometr obciążony. Odczytać wydłużenia i wyjaśnić ich przyczynę.



Rys. 4 a, b.



Rys. 5.

Zawiesić naprzemian dwa dynamometry i dwa ciężarki a) równe, i b) nierówne, a po odczytaniu wydłużeń wyjaśnić zjawisko (Rys. 4-b).

Po usunięciu dynamometru dolnego zawiesić oba ciężarki na dynamometrze górnym, a po odczytaniu wydłużenia porównać z poprzednim doświadczeniem.

Ćwiczenie 23 (1—1½ godz.).

Cel: Dodawanie sił działających pod kątem.

Potrzebne: A, E, G, 2 L, 2 K, 2 J (Wstęp 2 c), nitka, ciężarki.

Zestawić przyrząd jak wskazuje Rys. 5.

Na punkt A, który na razie trzyma się w ręce, działają dwie siły P i Q . W punkcie A należy zawiesić taki ciężarek R , aby punkt A pozostał w spoczynku. Siła R równoważy siły P i Q , zatem wzajemnie P i Q równoważą R . Jaka siła i w którym kierunku działająca zastępuje siły P i Q . Wypadkowa.

Uczniowie podkładają papier i znaczą punktami kierunki sił. Na otrzymanym rysunku wyznaczają wielkość sił składowych i wypadkową.

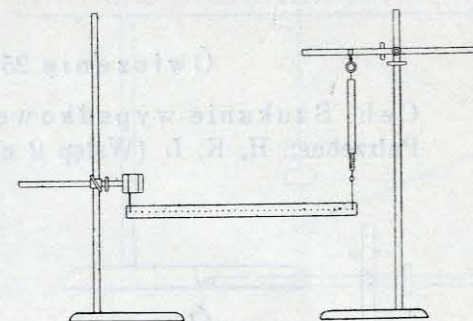
Ćwiczenie można powtórzyć przy pomocy trzech dynamometrów przytwierdzonych do obrączki. Kierunki sił wyznaczyć na papierze położonym na stole.

Ćwiczenie 24 (1 godz.).

Cel: Pojęcie momentu siły i składanie momentów.

Potrzebne: dwa A, G, H, L (wstęp 2 c), komplet ciężarków, dynamometr (krążek).

1) Listwa z podziałką (dźwignia) spoczywa na osi (druć zgięty w kształcie litery V), która znajduje się na jednym z końców (rys. 6). Do wolnego końca listwy przyczepia się dynamometr, zawieszony na pręcie (a) poziomym, dającym się przesuwac do góry i na dół. Pręt (a) tak się przesuwa, aby listwa ustawiła się poziomo. Gdy to nastąpi, odczytuje się wydłużenie dynamometru i zapisuje. W pewnej odległości od osi zawieszają masę, której ciężar Q spowoduje pochylenie listwy. Przesuwając pręt (a) sprowadzamy listwę do położenia poziomego. Gdy to nastąpi, odczytujemy i zapisujemy wydłużenie dynamometru, wielkość ciężarka Q i ich odległość od osi.



Rys. 6.

Określić moment siły i ciężaru (uskuteczni to nauczyciel z udziałem uczniów).

Podobne ćwiczenia można powtórzyć, zmieniając a) miejsce zawieszenia masy, b) masę, c) jedno i drugie.

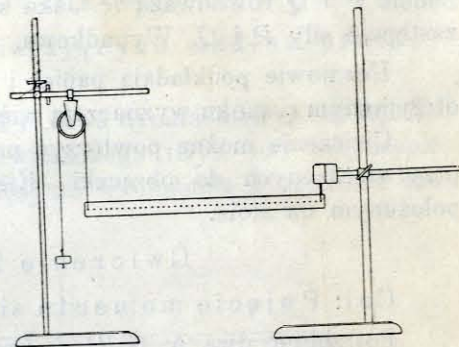
Jakie prawo można wypowiedzieć na podstawie tych ćwiczeń?

2) Na listwie, przygotowanej tak jak poprzednio, zawieszamy dwie masy w różnych odległościach od osi, a gdy przy pomocy dynamometru doprowadzimy listwę do położenia poziomego, odczytujemy i zapisujemy wydłużenie dynamometru, wielkość ciężarów i ich odległość od osi.

Cwiczenie można powtórzyć, zmieniając położenie mas, ich wielkość, lub jedno i drugie.

Prawo składania momentów.

Uwaga: W braku dynamometru można do wolnego końca listwy przytwierdzić sznurek (rys. 7), przerzucić go przez krążek, a na wolnym końcu sznurka zawiesić masę, której ciężar doprowadzi listwę do położenia poziomego. Tu również należy zawieszać masy, których ciężary doprowadzą listwę do położenia pionowego, gdy jest obciążona.

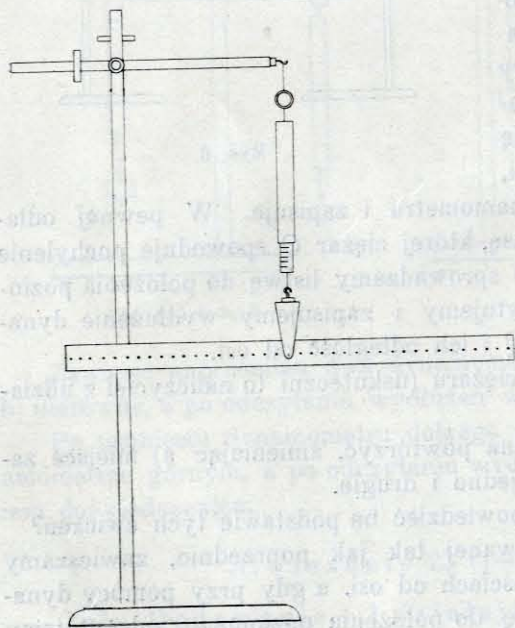


Rys. 7.

Ćwiczenie 25 (2 godz.).

Cel: Szukanie wypadkowej dwu sił równoległych.

Potrzebne: H, K, L (Wstęp 2 c), dynamometr, krążek, komplet ciężarków.



Rys. 8.

1) Na dynamometrze zawiesić listwę (dźwignię), tak, aby była w położeniu poziomym (Rys. 8) i odczytać wydłużenie dynamometru. Po obu stronach listwy zawiesić dwie masy P i P tak, aby listwa zachowała położenie poziome. Odczytać położenie wskazówki dynamometru, nadto zanotować wzajemne odległości punktów przyłożenia sił. Ile sił działa na listwę, pomijając jej ciężar? Co można powiedzieć o tych siłach?

Zdjąć P i P , a zawiesić jedną, którąby, nie zmieniając położenia poziomego listwy, spowodowała to samo wydłużenie dynamometru Q ,

co obie poprzednie. Jak wielka jest i gdzie jest przyłożona ta nowa siła? Co powiesz o wypadkowej dwu sił zgodnie równoległych?

2) Uważając siły P i Q za składowe, podać wartość, kierunek i punkt przyłożenia siły wypadkowej.

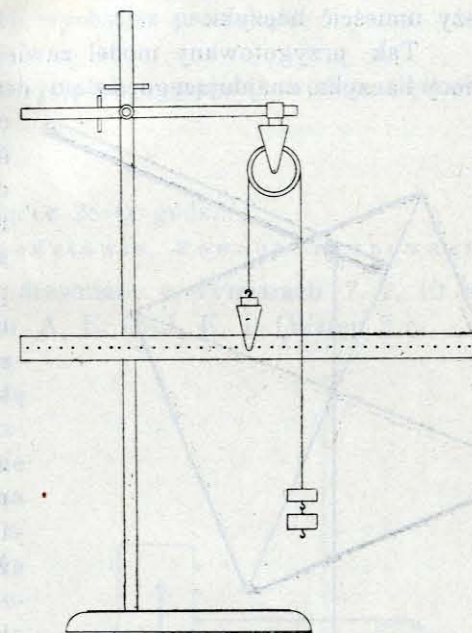
Uwaga: W braku dynamometru zawiesić listwę na sznurku, przerzuconym przez krążek. Na wolnym końcu sznurka znajdzie się masa, której ciężar równoważy ciężar dźwigni i tam jest miejsce do przyłożenia siły wypadkowej. (Rys. 9).

Ćwiczenie 26 (2 godz.).

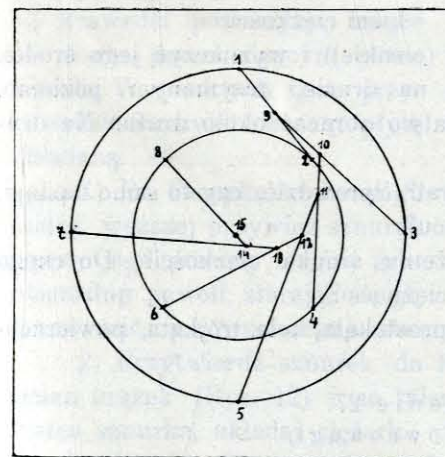
Środek ciężkości.

Potrzebne: Model opisany poniżej. Ciężarki. Dynamometr (krążek).

Z deski o grubości około 5 mm. wyciąć kawałek w kształcie kwadratu o boku 15 cm. Po jednej stronie tego kwadratu umieszcza się haczyki w punktach (Rys. 10) oznaczonych



Rys. 9.

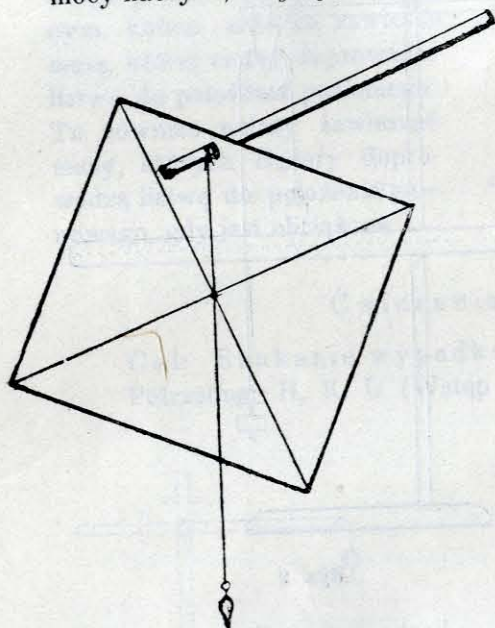


Rys. 10.

liczbami porządkowymi (1, 2, ..., 8) na obwodzie koła, którego środek leży w środku kwadratu, lub po połowie na obwodach dwu kół współśrodkowych symetrycznie. Zakładając, że na każdy z punktów działa ta sama siła, postępuje się dalej w ten sposób. Należy wziąć pod uwagę punkt 1 i 2, połączyć je prostą i na niej wyznaczyć punkt przyłożenia siły wypadkowej sił działających w 1 i 2. Niech to będzie punkt 9. Punkt 9 połączyć z punktem 3 i wyznaczyć

punkt przyłożenia siły wypadkowej sił, działających w 9 i 3. Niech to będzie punkt 10, na który działa już siła równa sumie trzech poszczególnych sił. Punkt 10 połączyć z punktem 4 i wyznaczyć punkt przyłożenia siły wypadkowej sił, działających w 10 i 4 i t. d., dopóki się nie wyczerpie wszystkich punktów. W punktach 9, 10, 11... należy umieścić haczyki.

Tak przygotowany model zawiesić na dynamometrze przy pomocy haczyka, znajdującego się po drugiej stronie kwadratu. Na haczykach 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 umieścić równe masy i odczytać wydłużenie dynamometru. Następnie zdjąć masy z 1 i 2, a zawiesić na 9. Gdzie znajduje się ten punkt względem 1 i 2? Dlaczego? Czy zmieniło się wydłużenie dynamometru i położenie poziome kwadratu?



rys. 11.

Zdjąć masy z 9 i 3, a zawiesić w 10. Określić położenie punktu 10 względem punktów 9 i 3 i odczytać wydłużenie dynamometru.

W ten sposób postępując dalej, zastąpi się wszystkie siły jedną.

Gdzie leży punkt przyłożenia wypadkowej wszystkich sił?

Punkt ten nazywamy środkiem ciężkości.

2) Wyciąć kwadrat z tektury (cienkiej) i wyznaczyć jego środek ciężkości. Zawiesić ten kwadrat na drucie, trzymanym poziomo. (Rys. 11). Kwadrat powinien się łatwo obracać około drutu. Na drucie zawiesić nadto pion.

Jakie położenie zajmie kwadrat? Sprawdzić, czy to samo nastąpi, gdy wbije się drut w innym miejscu?

Co można powiedzieć o położeniu środka ciężkości? Do czego można użyć tej własności środka ciężkości?

Wyznaczyć środek ciężkości prostokąta, koła, trójkąta, powierzchni nieregularnej, obręczki.

Ćwiczenie 27.

Rodzaje równowagi.

Potrzebne: prostokąt, drut.

1) Używany w poprzednim ćwiczeniu prostokąt zawiesić po-

wyżej środka ciężkości na drucie, trzymanym poziomo. (Prostokąt obraca się swobodnie około drutu). Wychyl prostokąt z położenia równowagi. Co spostrzegasz?

Równowaga stała.

2) Zawiesić prostokąt na drucie, jak poprzednio, lecz w środku ciężkości. Co spostrzeczysz, jeżeli wychylisz prostokąt?

Równowaga obojętna.

3) Zawieś jak poprzednio prostokąt, poniżej środka ciężkości. Co zauważysz?

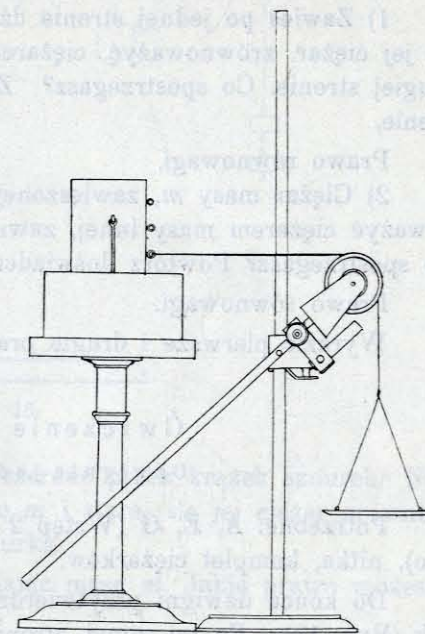
Równowaga niestała.

Ćwiczenie 28 (2 godz.).

Ciała spoczywające na podstawie. Pewność równowagi.

Potrzebne: Graniastosłup drewniany o wymiarach 7, 2, 10 cm. Płytkę ołowianą grubości 4 mm. A, E, G, J, K, L (Wstęp 2 c).

Z drzewa robi się graniastosłup prostokątny i dobiera się płytkę ołowianą, dostosowaną rozmiarami do podstawy. Na ścianie węższej i szerszej przytwierdza się po jednym haczyku w punkcie przecięcia się przekątni. Na haczyku ściany szerszej zawiesza się wskazówkę. Do podstawy graniastosłupa przytwierdzić płytkę ołowianą i na ścianie węższej obrać dwa punkty równo oddalone od krawędzi poziomych, leżące na pionie przechodzącym przez środek. W punktach tych przytwierdzić haczyki i usunąć płytkę ołowianą.



Rys. 12.

1) Do haczyka środkowego ściany węższej przywiąż sznurek i przy jego pomocy ciągnij graniastosłup powoli, starając się go przewrócić, a równocześnie obserwuj wskazówkę. Co spostrzegasz?

2) Przytwierdź sznurek do haczyka dolnego, przerzuć sznurek przez krążek (Rys. 12) i na talerzyku, znajdującym się na drugim końcu sznurka, układaj ciężarki, dopóki nie spowodują przewrócenia graniastosłupa. Powtórz doświadczenie, gdy sznurek przytwierdzono do środkowego, do górnego haczyka. Co zauważyłeś?

3) Staraj się w podobny, jak poprzednio, sposób wywrócić graniastosłup, gdy sznurek jest przytwierdzony do haczyka ściany szerzej. Porównaj z wynikiem, jaki otrzymałeś przy zaczepieniu sznurka na środkowym haczyku ściany węższej.

4) Do podstawy graniastosłupa przytwierdza się płytę ołowianą i w podobny, jak poprzednio, sposób stara się ten graniastosłup przewrócić, gdy spoczywa na płycie ołowianej, drugi raz, gdy płyta ołowiana zwrócona jest w górę. W każdym wypadku sznurek przyczepiony jest do haczyka dolnego.

Wniosek.

Ćwiczenie 29 (1 godz.).

Dźwignia dwustronna¹⁾.

Potrzebne: A, E, G, H, K, L (Wstęp 2 c), dynamometr, krążek, komplet ciężarków.

1) Zawieś po jednej stronie dźwigni (Rys. 8, 9) masę m i staraj się jej ciężar zrównoważyć ciężarem masy równej, zawieszonym po drugiej stronie. Co spostrzegasz? Zmień masę m i powtórz doświadczenie.

Prawo równowagi.

2) Ciężar masy m , zawieszony po jednej stronie, staraj się zrównoważyć ciężarem masy innej, zawieszonym po drugiej stronie dźwigni. Co spostrzegasz? Powtórz doświadczenie, zmieniając masę m .

Prawo równowagi.

Wyrazić pierwsze i drugie prawo jednym prawem.

Ćwiczenie 30 (1 godz.).

Dźwignia jednostronna.

Potrzebne: A, E, G (Wstęp 2 c), 3 L, drut, 2 K, H, J (Wstęp 2 c), nitka, komplet ciężarków.

Do końca dźwigni przytwierdź sznurek i przerzuć go przez krążek (Rys. 13). Po tej samej stronie dźwigni zawieś masę m , w pewnej odległości od osi i staraj się zrównoważyć jej ciężar, obciążając wolny koniec sznurka.

Powtórz doświadczenie, zmieniając a) położenie masy, b) jej wielkość.

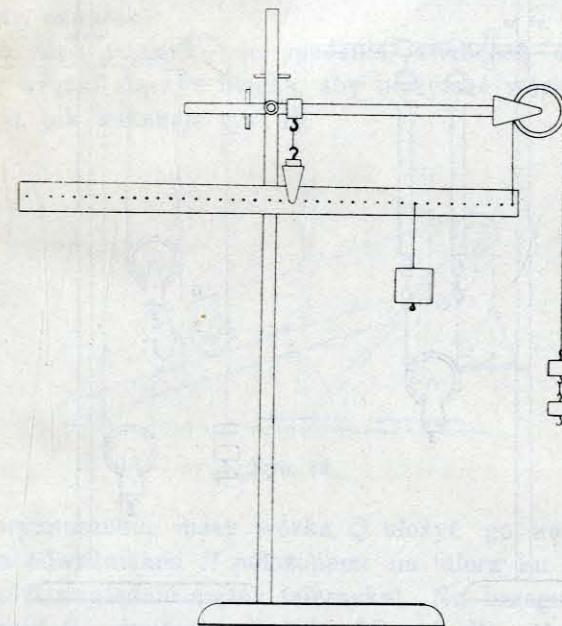
¹⁾ Wprowadziłem nazwy „jednostronna”, „dwustronna” dźwignia, usuwając błędną „jednoramienna”. J. Paczowski.

Podaj warunek równowagi, a po porównaniu z warunkiem, otrzymanym w poprzednim ćwiczeniu, wypowiedz ogólne prawo równowagi przy użyciu dźwigni.

Ćwiczenie 31 (1½ godz.).

Krążek stały.

Potrzebne: A, E, G, L, K, J (Wstęp 2 c), nitka, komplet ciężarków.



Rys. 13.

Na haczyku zawieś krążek. Przerzuć przez krążek sznurek. Na jednym końcu sznurka zawieś masę m i staraj się jej ciężar zrównoważyć, obciążając drugi koniec sznurka.

Powtórz doświadczenie, zmieniając masę m . Jakie prawo możesz powiedzieć?

Ćwiczenie 32 (1½ godz.).

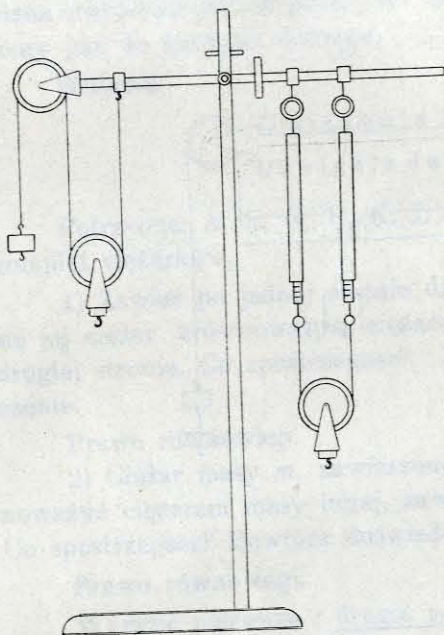
Krążek ruchomy.

Potrzebne: A, E, G, 2 L, J, K (Wstęp 2 c), dwa dynamometry, nitka, komplet ciężarków.

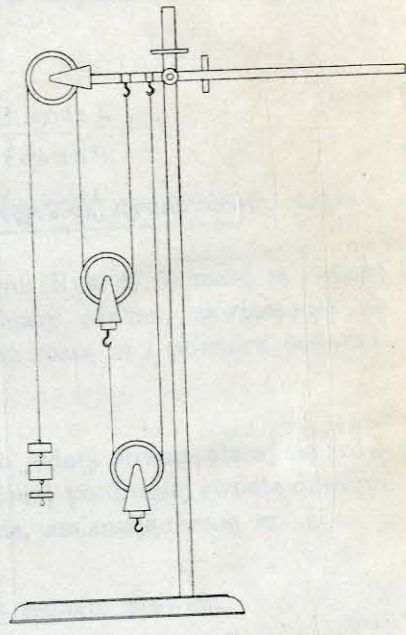
1) Na pręcie poziomym zawieś dwa dynamometry w odstępach średnicy krążka (Rys. 14-b), do ich haczyków przymocuj końce sznurka

na którym spoczywa krążek. Odczytaj i zapisz wydłużenie dynamometrów. Zawieś na haczyku krążka masę m o znanym ciężarze i popatrz, gdzie znajdują się wskazówki dynamometrów. Wyjaśnij zaobserwowane wydłużenie się dynamometrów.

2) Odłącz jeden koniec sznurka od dynamometru i chwyć go w rękę. Jaka siła działa na rękę i w którą stronę? Jaką siłą i w którą stronę należy przeciwdziałać?



Rys. 14-a, b.



Rys. 15.

Przerzuć wolny koniec sznurka przez krążek stały (Rys. 14-a), zawieszony na miejscu zdjętego dynamometru. Jaką siłą (ręki, dynamometru, obciążenia) należy działać na ten koniec sznurka, celem zrównoważenia a) krążka i masy m , b) masy m .

Powtórz ćwiczenie, zawieszając inną masę na haczyku krążka ruchomego.

Jakie prawo możesz wypowiedzieć?

Ćwiczenie 33 (1 godz.).

Wielokrążek potęgowy.

Potrzebne: A, E, G, 3 K, 3 J, 3 L, 2 M (Wstęp 2 c), nitka, komplet ciężarków.

Połącz kilka krążków tak, jak wskazuje rys. 15. Zrównoważ je odpowiednim obciążeniem. Na haczyku krążka najniżej położonego zawieś masę m i staraj się zrównoważyć jej ciężar.

Powtórz doświadczenie, zmieniając masę m .

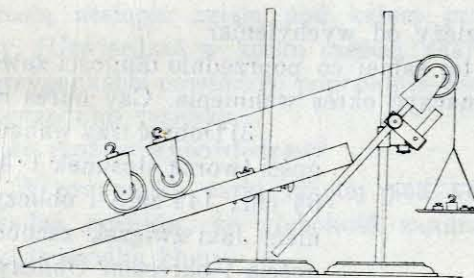
Podaj warunek równowagi.

Ćwiczenie 34 (2 godz.).

Płaszczyzna pochyła.

Potrzebne: 2 A, C, D, E, G, 4 J, rynienka, talerzyk, waga, odważniki, metr, sznurek.

Ująć w łapę rynienkę do spadania, zwróconą do góry stroną płaską. Trzy krążki złączyć blachą, aby otrzymać wózek, a przyrząd cały zestawzić, jak wskazuje rys. 16.



Rys. 16.

a) Po wyznaczeniu masy wózka Q ułożyć go na płaszczyźnie pochylonej, a odważnikami P położonymi na talerzyku zrównoważyć ciężar wózka. (Uwzględnić ciężar talerzyka). Na brzegu płaszczyzny zaznaczyć punkt B i odmierzyć długość $AB = l$ (długość płaszczyzny), nadto zmierzyć wysokość h punktu B nad poziomem (wysokość płaszczyzny).

Wyniki pomiarów zapisać i obliczyć stosunek h/l . Zmieniwszy kilkakrotnie ciężar Q i siłę równoważącą P , zapisać wyniki pomiarów w tabelce:

Q	P	l	h

Jaki związek zachodzi między P i Q a stałym stosunkiem h/l ? Obliczyć wartość średnią stosunku P/Q .

b) Przeprowadzić poprzednie doświadczenie, zmieniając pochylenie płaszczyzny.

Wyniki otrzymane pod a) i b) przedstawić graficznie, przyjmując spólny odcinek za jednostkę wszystkich wielkości.

Ćwiczenie 35 (2 godz.).

Wahadło. (Rys. 17).

Potrzebne: A, E, G, 3 L (Wstęp, 2 c), nici, kulki z haczykami, licznik sekundowy.

1) Zawiesić kulkę na nitce i pobudzić ją do ruchu wahadłowego. Stwierdzić, ile sekund potrzeba np. na 20 całkowitych wahan. Ćwiczenie powtórzyć kilka razy, odchylając kulkę o coraz to inny kąt, byle nie zbyt duży. Obliczyć każdorazowo ilość wahan w sekundzie i okres wahan. Wyniki otrzymane zebrać w tabelce:

Długość wahadła.	Okres wahan.

Czy okres zależy od wychylenia?

2) Na nitce tej samej co poprzednio długości zawiesić dwie kulki obok siebie i wyznaczyć okres wahan. Czy okres zależy od masy?

3) Dobrać trzy wahadła, których długości tworzą stosunek 1:4:9, (np. 16 cm., 64 cm., 144 cm.) i obliczyć okresy wahan. Jaki związek zachodzi między długością i okresem? Obliczyć wartość średnią stosunku $\frac{l}{T^2}$.

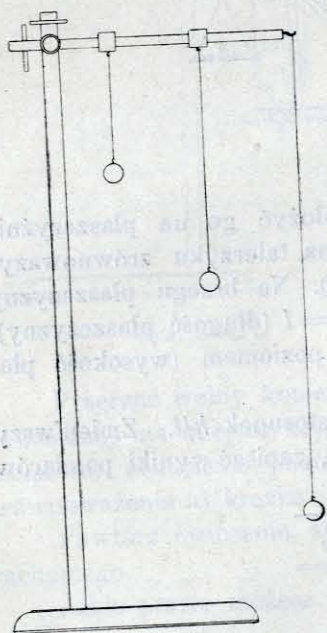
4) Obliczyć okresy wahan kilku (np. sześciu) wahadeł różnej i dowolnej długości, a wyniki przedstawić graficznie.

Uwaga: Pozostawia się nauczycielowi do wyboru doświadczenie 3 lub 4.

Ćwiczenie 36 (2 godz.).

Cel: Prawa ciśnienia w cieczy ciężkiej.

Potrzebne: Szeroka rurka (ćwicz. 66) z dobranym korkiem, cienka błonka gumowa (z balonu dzieciennego) lub jelito, nitka, zlewka litrowa wysoka (słój, flaszka obcięta), trzy rurki o średnicy wewnętrznej około 2 mm., z których jedna jest prosta, druga zakrzywiona na dole pod kątem prostym, trzecia zagięta na końcu do góry, zlewka z wodą zabarwioną nadmanganianem potasu, papier milimetry.



Rys. 17.

wewnętrznej około 2 mm., z których jedna jest prosta, druga zakrzywiona na dole pod kątem prostym, trzecia zagięta na końcu do góry, zlewka z wodą zabarwioną nadmanganianem potasu, papier milimetry.

Dolny koniec szerokiej rury zawiązać napiętą silnie błoną, napęścić tę rurę wodą zabarwioną i zatkać jej górny koniec korkiem, w którym tkwi rurka cienka prosta z nasuniętą podziałką. Kurek tak wcisnąć, aby woda w rurce podniosła się powyżej poziomu wody w zlewce, gdy w nią zanurzymy przyrząd do dna. Na zlewce przyczepić pionowo podziałkę centymetrową; zesunąć zero podziałki tkwiącej na rurce do poziomu zabarwionej cieczy, a zanurzając przyrząd stopniowo coraz głębiej do czystej wody znajdującej się w zlewce, notować przy każdorazowym zagłębieniu o 2 cm przyrost słupka cieczy w rurce.

Co można powiedzieć na podstawie tych obserwacji?

Przedstaw graficznie związek między głębokością zanurzenia a wysokością słupka i wypowiedz prawo.

Rurkę prostą zastąpić zgiętą pod kątem prostym, a następnie zagiętą do góry. (Utwierdzać w korku częścią zakrzywioną, krótszą).

W obu przypadkach powtórzyć poprzednie ćwiczenie i wykonać wykresy na poprzednim rysunku.

Jakie prawo można wypowiedzieć?

Uwaga: W przypadku rurki zgiętej pod kątem prostym nauczyciel naprowadza uczniów, że głębokość zanurzenia liczy się od poziomu cieczy do środka błony.

Ćwiczenie 37 (1 godz.).

Cel: Zbadać zachowanie się cieczy w naczyniach połączonych.

Potrzebne: Pipeta, rtęć, woda i odpowiedni przyrząd. Do deseczki poziomej przytwierdzić pionową, a na niej przymocować za pomocą obrączek rurkę szklaną, zgiętą w kształcie litery U (długość ramion około 30 cm).

Na deseczce pionowej pod rurką jest nalepiony papier milimetry. Średnica wewnętrzna rurki 6 mm. Do rurki zgiętej wlać tyle rtęci, aby sięgała ponad zgięcie. Co spostrzegasz?

Do jednego z ramion wprowadzić pipetą wodę. Czy w tym wypadku można wypowiedzieć poprzednie prawo? Nauczyciel pytaniami doprowadza uczniów do wyszukania związku między wysokościami słupów a ciężarami właściwymi obu cieczy.

Ćwiczenie 38.

Prawo Archimidesa (2 godz.).

Potrzebne: Waga, odważniki, 2 podstawki, linijka szeroka (lub deseczka), zlewka (250 cm.³), ciała o kształtach geometrycznych, druciki (jak do kwiatów).

a) Nad lewym talerzykiem wagi zbudować pomost pod zlewkę z dwu podstawek i linijki w ten sposób, żeby nie przeszkadzał w ważeniu. Wyznaczyć rachunkiem lub w inny sposób objętość ciała o ciężarze właściwym większym, aniżeli wody, zapisać. Ciało to uwiązać na cienkim druciku u góry lewego talerzyka tak, aby znalazło się ono tuż nad pomostem wówczas, gdy waga jest w równowadze, zważyć i zapisać. (Drucik starować, kładąc podobny drucik po drugiej stronie wagi). Napełnić zlewkę wodą, postawić na pomoście, zanurzyć w niej ciało całkowicie, tak jednak, aby nie dotykało ani dna, ani ścian zlewki, zważyć i zapisać. Zauważymy stratę na ciężarze. W jakim stosunku jest ona do objętości wody wypartej przez ciało (objętości ciała) i jej ciężaru? Wygłosić prawo.

b) Strata na ciężarze jest pozorna.

Potrzebne: Waga, odważniki, statyw, uchwyt, pręt z haczykiem (Wstęp, 2 c, G), druciki, ciała z ćwiczenia a), zlewka (250 cm.³).

Na haczyku pręta w statywie zawiesić na cienkim druciku ciało (to samo, co w ćwiczeniu a). Na lewym talerzyku wagi ustawić zlewkę z wodą, starować, przysunąć statyw i zanurzyć ciało całkowicie w wodzie, jak w ćwiczeniu a), doprowadzić odważnikami do równowagi i zapisać. Zauważymy przyrost na ciężarze zlewki z wodą; porównać go z ubytkiem na ciężarze ciała w ćwiczeniu a). Prawo Archimedes.

c) Inny sposób.

Potrzebne: Waga, odważniki, dynamometr (10 Gr.), zlewka (250 cm.³), ciała o kształtach geometrycznych, drucik.

Na lewym talerzyku wagi starować zlewkę z wodą, a po przy mocowaniu ciała do dynamometru zapisać jego wydłużenie; zanurzyć ciało do wody, doprowadzić odważnikami wagę do równowagi i zapisać. W jakim stosunku jest objętość ciała do objętości wody wypartej przez zanurzenie? W jakim stosunku jest ubytek na ciężarze ciała do przyrostu na ciężarze zlewki z wodą i objętością wypartej wody? Prawo Archimedes.

Ćwiczenie 39 (1 godz.).

Ciężar własc. ciał stałych, cięższych aniżeli woda.

Cel: Zastosowanie prawa Archimedes.

Potrzebne: jak w ćwiczeniu 38 a), oraz ciała cięższe aniżeli woda o kształtach nieregularnych.

a) Zważyć ciało w powietrzu, zapisać, następnie umocować jak w ćwiczeniu 38 a), zbudować pomost, ustawić zlewkę z wodą, zanurzyć, zważyć powtórnie, zapisać i oznaczyć pozorny ubytek na ciężarze w wodzie.

Rachunek: Ciało zanurzone straciło na ciężarze a Gr., zatem tyle waży wyparta woda; objętość tej wody jest również a cm.³ (c. wł. wody = 1) a więc i objętość ciała, które ją wyparło. Ciało waży w powietrzu b Gr, zatem jego ciężar właściwy $s = \frac{b}{a} \frac{\text{Gr}}{\text{cm}^3}$.

b) Inny sposób.

Potrzebne: jak w ćwiczeniu 38 b), oraz ciała cięższe aniżeli woda o kształtach nieregularnych.

Zważyć ciało w powietrzu, zapisać, uwiązać go drucikiem na statywie jak w ćwiczeniu 38 b). Na lewym talerzyku wagi starować zlewkę z wodą, a następnie doprowadzić odważnikami wagę do równowagi po zanurzeniu w niej ciała i zapisać. Przyrost na ciężarze zlewki z wodą = ubytkowi na ciężarze ciała zanurzonego. Rachunek jak w ćwiczeniu 39 a).

c) Inny sposób.

Potrzebne: jak w ćwiczeniu 38 c) bez wagi i odważników.

Zawiesić na dynamometrze ciało i wydłużenie zapisać, następnie zanurzyć go w zlewce z wodą i powtórnie zapisać wydłużenie. Rachunek jak w ćwiczeniu 39 a).

d) Powtórzyć ćwiczenie a) względnie b) lub c), używając zamiast wody alkoholu denaturowanego, roztworu soli kuchennej i t. p. cieczy o znanych ciężarach właściwych.

Rachunek: Ciało waży w powietrzu „ b ” Gr, straciło w cieczy na ciężarze „ a ” Gr. Tyle także waży ciecz wyparta. Jeżeli c. wł. cieczy jest równy s' , wtedy objętość cieczy wypartej $v = \frac{a}{s'} \text{ cm}^3$.

Jest to zarazem objętość ciała, zatem c. wł. ciała $s = \frac{b}{v} \frac{\text{Gr}}{\text{cm}^3}$.

Ćwiczenie 40 (1 godz.).

Ciężar własc. ciał stałych, lżejszych aniżeli woda.

Potrzebne: jak w ćwiczeniu 38 b), oraz drzewo (korek, parafina) i kawałek ołowiu.

Zważyć kawałek parafiny (korek i t. p.) w powietrzu, zapisać. Na lewym talerzyku wagi starować zlewkę z wodą, w której jest zanurzony kawałek ołowiu, umocowany drucikiem na statywie jak w ćwiczeniu 38 b).

Następnie przywiązać parafinę do ołowiu tak, aby oba te ciała były całkowicie w wodzie zanurzone, nie dotykając ani dna, ani ścian zlewki. Zapisać przyrost na ciężarze zlewki z wodą, ołowiem i parafiną.

Rachunek: Z przyrostu na ciężarze zlewki z wodą, ołowiem i parafiną znaleźć objętość parafiny; jej ciężar właściwy wyliczamy, tworząc odpowiedni stosunek.

Ćwiczenie 41 (1 godz.).

Ciężar właściwy ciał stałych, rozpuszczających się w wodzie.

Potrzebne: Waga, odważniki, zlewka (250 cm.³), kostka cukru (kryształ soli kuchennej i t. p.), ciecz nie rozpuszczająca tych ciał (toluol).

Zważyć ciało w powietrzu, zapisać, uwiązać drucikiem na statywie jak w ćwiczeniu 38 b). Na lewym talerzyku wagi starować zlewkę z toluolem, zanurzyć ciało i doprowadzić odważnikami wagę do równowagi, zapisać.

Rachunek: Ciecz zyskała na ciężarze a Gr; jej ciężar właściwy $s' = \frac{Gr}{cm^3}$, zatem objętość wypartej cieczy, a zarazem zanurzonego ciała jest $v = \frac{a}{s'} cm^3$.

Ciężar ciała w powietrzu jest b Gr, więc jego ciężar właściwy $s = \frac{b}{v} \frac{Gr}{cm^3}$.

Ćwiczenie 42 (1½ godz.).

Ciężar właściwy cieczy.

Potrzebne: Waga, odważniki, niewielki kawałek szkła lub porcelany, statyw, uchwyt, pręt z haczykiem, drucik, zlewka (250 cm.³), badana ciecz (alkohol, roztwór soli).

Starować zlewkę z wodą i oznaczyć jej przyrost na ciężarze po zanurzeniu szkła, uwiązanego na statywie jak w ćwiczeniu 38 b), zapisać. Wyliczyć stąd objętość zanurzonego szkła (a cm.³). Następnie dokładnie wysuszyć szkło, usunąć zlewkę z wodą, a na jej miejscu starować zlewkę z alkoholem (roztworem soli kuchennej i t. p.) i znowu oznaczyć przyrost na ciężarze po zanurzeniu szkła (b Gr).

Rachunek: Szkło o objętości a cm.³ wyparło b Gr alkoholu, zatem ciężar właściwy alkoholu $s = \frac{b}{a} \frac{Gr}{cm^3}$.

Uwaga: W ćwiczeniach 40, 41, 42 można też zastosować metodę, jak w ćwiczeniu 39.

Ćwiczenie 43 (2 godz.).

Cel: Zasada areometru.

Potrzebne: Mensurka, probówka wąska a długa, śrut drobny,

nitka, waga i odważniki, woda, alkohol, roztwór soli kuchennej (inne ciecze).

Do mensurki nalać 80 cm.³ wody i zanurzyć probówkę, na dnie której znajduje się tylko tyle śrutu, aby probówka utrzymywała się pionowo.

Utrzymując probówkę zdala od ścian naczynia, zanotować, jaką objętością się zanurzyła i zaznaczyć na probówce głębokość zanurzenia.

Powtórzyć ćwiczenia z alkoholem, nie zmieniając obciążenia probówki.

Zważyć probówkę ze śrutem.

Nauczyciel naprowadza uczniów na stwierdzenie:

1) że głębokość zanurzenia zależy do gęstości cieczy,

2) że ciężar probówki równa się ciężarowi wypartych przez nią cieczy.

3) Jeżeli w wodzie probówka zanurza się objętością v , w innej zaś cieczy o gęstości d' objętością v' , to $v'd' = v \cdot 1$.

4) Związek ten pozwala obliczyć gęstość d , gdy znane są objętości v i v' , a zarazem daje podstawę do sporządzenia podziałki na areometrze.

Jeżeli bowiem punkt, do którego zagłębia się areometr w wodzie, naznaczymy 100, to na oznaczenie punktu, do którego zanurzy się areometr np. w alkoholu (gęstość około 0,8), otrzymamy związek $0,8 \cdot v = 100,1$, czyli $v = 125$.

Odstęp pomiędzy punktami dzielimy na 25 równych części i podziałkę taką można skutecznie na całej rurce.

Sporządzić podziałkę na papierze, przylepić wewnątrz probówki i tak przygotowanym areometrem wyznaczyć gęstość innej cieczy.

Ćwiczenie 44 (1 godz.).

Cel: Sprawdzenie prawa Boyle'a.

Potrzebne: Rura barometryczna (grubościenne) o średnicy w świetle 1 do 1½ mm., długa około 1 m., kilkanaście gramów rtęci, sztaba metrowa (z podziałką milimetrową), statyw z łapą i uchwytem.

Uwaga: Nauczyciel sporządza przyrząd w ten sposób:

Rurę wymyć a) dwuchromianem potasu z kwasem siarkowym, b) wodą destylowaną, c) alkoholem, następnie wysuszyć miechem (umieszczonym w przestrzeni bez pyłu), w końcu ogrzewać rurę, albowiem mała pozostałość pary przyczynia się bardzo do niedokładności wyniku. Jeden koniec rury zasklepić, na drugim przymocować lejek rurką gumową, nalać rtęci i wprowadzić rurkę włosową przez rtęć do tej głębokości, do której ma sięgać słupek rtęci; spadnie on natychmiast do końca włosowatej rurki.

Zwykle słupek wprowadza się do końca $\frac{1}{3}$ części rury, licząc od otworu.

Przebieg ćwiczenia: Ujawszy rurę w połowie w łapę statywu, ustawić ją w położeniu poziomym, następnie pionowym otwartym końcem do góry, a wreszcie pionowym odwrótnie, t. j. otwartym końcem na dół.

W każdym z tych trzech położen odczytać długość słupa powietrza zamkniętego rtęcią: h_0 , h_1 , h_2 .

Zmierzyć długość słupa rtęci: a mm. i odczytać na barometrze długość słupa p mm. Wyniki pomiaru wstawić do równań:

$$1. \quad p v_0 = (p + a) v_1$$

$$2. \quad p v_0 = (p - a) v_2$$

Dlaczego w miejsce v (objętość) można wstawić odpowiednią wartość h ?

W klasach wyższych polecić sprawdzenie prawa Boyle'a bez wprowadzenia ciśnienia i długości słupka rtęci.

Z równań 1 i 2 dojść przez wyrugowanie p i a do wzoru:

$$v_0 = \frac{2 v_1 v_2}{v_1 + v_2}$$

Znając v_0 można obliczyć ciśnienie barometryczne p .

C. CIEPŁO.

Ćwiczenie 45 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Cel: Poznanie rozszerzalności objętościowej.

Potrzebne: Pierścień Gravesanda, palnik gazowy lub lampka spirytusowa.

Uwagi metodyczne: Przed rozpoczęciem ćwiczenia przypomnieć, względnie pouczyć o palniku gazowym, lub lampce spirytusowej. Nauczyciel wydobywa zapomocą pytań staranny opis przyrządu. Przy opisie zwracać uwagę ucznia na porządek, omówienie ważnych części przyrządu i na dobór wyrażen. Polecić powtórzyć samodzielnie opis.

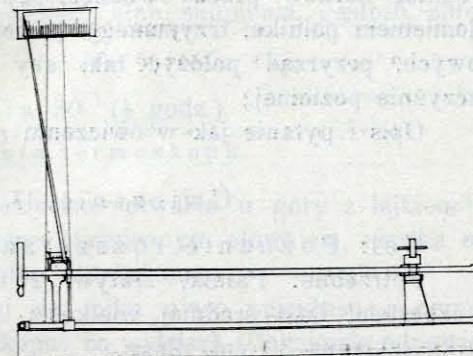
Przebieg ćwiczenia: 1) Stwierdzenie zapomocą pytań, że zimna kulka przechodzi swobodnie przez pierścień, 2) ogrzewanie kulki przez 1 minutę palnikiem gazowym, 3) wstawienie jej w pierścień. Co zauważono? Następuje rysunek schematyczny przyrządu i zanotowanie spostrzeżenia.

Ćwiczenie 46 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Cel: Rozszerzalność linjowa w zależności od czasu ogrzewania (temperatury) i rodzaju materiału.

Potrzebne: Przyrząd Grimshla (Rys. 18a.—wyrób warszawski), palnik gazowy lub lampka spirytusowa, pasek sprężyny budzikowej, której grubość zmierzył nauczyciel śrubą mikrometryczną przed rozpoczęciem ćwiczeń.

Opis przyrządu przy pomocy pytań. Należy pouczyć o funkcjonowaniu skazówki i ustaleniu wolnego końca rury.



Rys. 18a.

Ćwiczenie wstępne.

Cel: Przeliczenie kresek podziałki na milimetry.

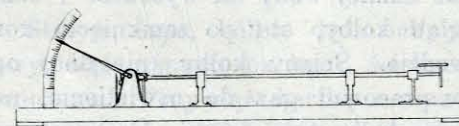
Po odczytaniu początkowego położenia skazówki wkłada uczeń płasko między koniec rury a krótkie ramię skazówki pasek sprężyny i odczytuje położenie skazówki.

Nauczyciel podaje do zanotowania: grubość blaszki wynosi zero całych „m” setnych milimetra; następnie jeden z uczniów przelicza na tablicy zapomocą następującego wnioskowania:

n kresek podziałki = m setnych mm.

1 kreska podziałki = $\frac{m}{n}$ setnych mm.

Przeprowadzenie ćwiczenia: Rurkę żelazną, już poprzednio umocowaną na końcu śrubą, ogrzewa uczeń w połowie długości przez 1 minutę palnikiem gazowym i odczytuje przesunięcie się skazówki.



Rys. 18 b.

Co się dzieje z ogrzewanym prętem? Od czego zależy wydłużanie się tego pręta? Przeliczcie o ile setnych milimetra wydłużył się ostatecznie pręt żelazny. Ćwiczenie powtarza się na rurze mosiężnej, ogrzewając ją także 1 minutę palnikiem gazowym. Pytania j. w. i przeliczenie wydłużenia się. Porównać wydłużenie się pręta żelaznego i mosiężnego. Od czego zależy wydłużenie się jakiegokolwiek pręta? Rysunek i zapisanie spostrzeżenia.

Ćwiczenie przeprowadzone na przyrządzie „Phywe“ (Rys. 18b).

Należy przed oddaniem przyrządu do użytku uczniów wyjąć rurę szklaną wraz z prętą i korkami z jej oprawek i osadzić korki z prętą w samych łapkach. Jeżeli jeszcze jest za luźno, zwiększyć średnicę korków przez owinięcie papierem. Środek pręta ogrzewać płomieniem palnika, trzymanego poziomo. Przy użyciu lamp spirytusowych, przyrząd położyć tak, aby skazówka poruszała się w płaszczyźnie poziomej.

Opis i pytanie jak w ćwiczeniu na przyrządzie Grimsehl.

Ćwiczenie 47 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Cel: Poznanie rozszerzalności cieczy.

Potrzebne: Palnik, statyw, 2 uchwyty (mufy), kółko, siatka z azbestem, łapa średniej wielkości, kolbka, do niej korek gumowy, rurka szklanna 30 cm. długa.

Kolbę napełnić wodą, wcisnąć korek z rurką (rurka kończy się równo z dolną płaszczyzną) tak, aby nie było wewnątrz powietrza i aby w rurce woda podeszła na wysokość kilku cm. Na rurkę nasuwamy pierścionelek gumowy, ucięty z wążutkiego wężyka lub obrączkę z papieru. Osuszamy dokładnie kolbę zewnątrz, umocowujemy ją w statywie i ogrzewamy I minutę. Co spostrzegasz? Rysowanie, opis i zanotowanie.

Ćwiczenie 48 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Cel: Poznanie rozszerzalności gazów.

Potrzebne: Kolba, korek gumowy z rurką z poprzedniego ćwiczenia.

Do kolby wlać zimnej wody na wysokość 1 cm. i rurkę w korku tak przesunąć włąb kolby, aby po zamknięciu korkiem koniec jej zanurzał się w wodzie. Ściany kolby (nie dno) ogrzewać ciepłym ręk. Jeżeli jest w pracowni gaz do oświetlenia, należy powtórzyć ćwiczenie, napełniając kolbę tym gazem. Co spostrzeżono? Rysunek opis, zanotowanie.

Zebranie: Który z prętów rozszerzył się najbardziej? Które z ciał badanych rozszerzyło się najbardziej? Z czego tak wnioskujesz?

Ćwiczenie 49 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Złudzenia przy ocenianiu temperatury dotykiem.

Cel ćwiczenia: Uczniowie mają dojść do przekonania, że dotykiem nie można porównywać temperatur.

Potrzebne: I zlewka (250 cm.³) i 2 zlewki (150 cm.³), woda ciepła (35° C), letnia (25° C), zimna (15° C).

Przebieg ćwiczenia: Włóż do wody zimnej prawą rękę, do ciepłej lewą, trzymaj $\frac{1}{2}$ minuty, poczem obie włóż równocześnie do wody letniej; co uczuwasz? Wniosek.

Pokaz różnych zmian, zachodzących w ciałach pod wpływem zmian temperatury (barwa, twardość, stan skupienia, gęstość, sprężystość i t. p.).

Ćwiczenia 50 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Sporządzenie termoskopu.

Potrzebne: rurki termometryczne otwarte u góry z lejkiem¹⁾, spirytus denaturowany, zabarwiony chemicznym ołówkiem, zlewka na 250 cm.³ i 150 cm.³, palnik, siatka z azbestem.

Przebieg ćwiczenia: Nalej do lejka nieco spirytusu i ogrzej w gorącej wodzie kulkę termoskopu; co widzisz? (Uczniowie odpowiedziami stwierdzają uchodzenie bąbelków powietrza i tłumaczą przyczynę zjawiska). Wyjmij po chwili termoskop z wody i pozwól mu ostygnąć; co widzisz? wytłumacz! Napełnij kulkę i część rurki termoskopu spirytusem; porównaj nim stan cieplny wody zimnej, ciepłej i t. d. Zaznacz za każdym razem wysokość słupka cieczy.

Uwaga: W celu wydalenia cieczy z termoskopu należy go obrócić kulką do góry, dotknąć nią ściany zlewki z gorącą wodą; pod otwarty koniec rurki podstawić zlewkę.

Ćwiczenie 51.

Wyznaczenie punktów zasadniczych na termoskopie.

a) (2 godz.).

Potrzebne: Statyw, łapa, kółko, dwa uchwyty, lejek, zlewka, termoskop rtęciowy, wąż gumowy na lejek, ściskacz, zwierciadło.

Przebieg ćwiczenia: Przywiąż kartkę z nazwiskiem do termoskopu. Do kółka na statywie włóż lejek, zaopatrzony na dolnym końcu wężykiem gumowym ze ściskaczem; napełnij go śniegiem (lub drobno tłuczonym lodem), oblej śnieg wodą destylowaną, aby wypełnić puste miejsca i wstaw termoskop. Obserwuj zmianę temperatury i zaznacz gumką stan rtęci, gdy temperatura się ustali, po poprzednim kilkakrotnym stuknięciu ołówkiem o termoskop; w ciągu doświadczenia upychaj śnieg koło termoskopu. Użyj dla oznaczenia położenia rtęci zwierciadła. Zmierz dokładnie odległość gumki od końca termoskopu i zapisz.

¹⁾ Wyrób warszawski.

b) (2 godz.).

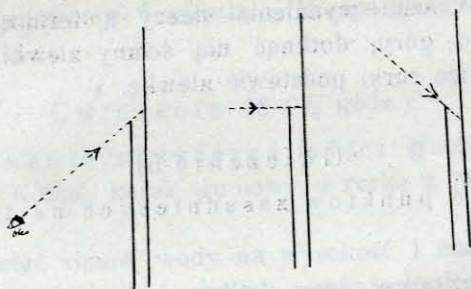
Potrzebne: kolbka, korek, rurka zgięta pod kątem prostym, statyw, łapa, dwa uchwyty, kółko, palnik, siatka, termoskop.

Przebieg ćwiczenia: Do kolbki nalej nieco wody (mniej niż $\frac{1}{2}$) i wrzuć kawałek drewnianka z zapalniczki, celem uniknięcia przegrzania się cieczy, wstaw termoskop osadzony na korku; w drugi otwór korka załóż rurkę zgiętą pod kątem prostym (odpływ pary). Umieść przyrząd w statywie i ogrzewaj wodę aż do wrzenia; wysuń termoskop tak, aby dolny jego koniec był umieszczony 2–3 cm. nad gotującą się wodą. Zaznacz dokładnie gumką lub papierem stan rtęci, gdy temperatura się ustali (10–15 minut po zagotowaniu). Odmierz cyrklem odstęp między wyznaczonymi punktami na termoskopie, przenieś na papier i podziel w domu na 20 równych części.

c) (1 godz.).

Potrzebne: termoskop, termometr, zlewka (150 cm^3), palnik, siatka.

Przebieg ćwiczenia: Sporządzoną w domu podziałkę natnij poprzecznie na końcach, nasuń na termoskop i porównaj ją z podziałką z termometru, mierząc równocześnie oboma temperaturę wody zimnej, ciepłej i gorącej. Wykaż ewentualne błędy i podaj przyczyny.



Rys. 19.

Ćwiczenie 52 (2 godz.).

Odczytywanie na termometrze i mierzenie temperatury.

Cel: Nauczenie odczytywania skali z możliwą dokładnością, oceniania odstępów między kreskami na oko, zwrócenie uwagi na błędy, spowodowane złym ustawieniem oka (paralaksa) i usunięcie tego błędu.

Potrzebne: termometr, zlewka, palnik, siatka, zwierciadło.

Przebieg ćwiczenia: a) Zmierz temperaturę wody zimnej, ciepłej, gorącej i innych ciał.

b) Odczytaj temperaturę, trzymając termometr w wodzie w zlewce na stole, zapisz; powtórz to samo, podnosząc zlewkę z termometrem

tak, aby poziom rtęci był na wysokości oczu; zapisz; podnieś zlewkę jeszcze nieco wyżej, odczytaj temperaturę i zapisz. Porównaj zapisane wyniki; co widzisz? Objaśnij rysunkiem przyczynę różnych odczytań (Rys. 19).

Użyj do odczytania zwierciadła. Jak należy odczytywać? (Jednym okiem, które powinno być na wysokości poziomu rtęci w rurce).

c) Ćwiczenia w celu nabycia wprawy w ocenianiu odstępów między kreskami ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$).

Ćwiczenie, odnoszące się do zmian temperatury w zależności od czasu ogrzewania, a mające na celu wyrobienie pojęcia ilości ciepła, pominięto w publikacji, ze względu na niestwierdzoną w naszej pracowni wartość dydaktyczną.

Ćwiczenie 53 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Cel: Ciepło oddane przez wodę ciepłą, jest równe pobranemu przez zimną.

Potrzebne: Palnik, siatka, zlewka 250 cm^3 i 150 cm^3 , mensurka, 2 termometry, statyw z kółkiem.

Przebieg ćwiczenia: Do obu zlewek nalać po 80 cm^3 wody. Wodę w mniejszej zlewce ogrzewać do 24°C . Zlewki od zewnątrz mają być suche. Ostateczną temperaturę wody zimnej i ciepłej odczytać w trzy minuty po odstawieniu zlewki z ognia. Zlewki z wodą zimną nie trzymać w pobliżu palnika lub w rękach. Po zmieszaniu wody ciepłej z zimną odczytać temperaturę i obliczyć różnicę temperatur między wodą ciepłą a letnią i między wodą zimną a letnią.

Jakie powinny być te odstępy temperatur, gdyby się ciepło nie rozpraszało? Jakie będą względem siebie przyrosty ciepła, gdy w równych ilościach wody temperatury podniosą się o tę samą ilość stopni?

Jakie będą ilości ciepła, gdy w równych ilościach wody temperatura jednej podniesie się o tę samą ilość stopni, o jaką w drugiej opadnie? Co możemy powiedzieć o ilościach ciepła pobranego przez wodę zimną, a oddanego przez wodę ciepłą?

Ćwiczenie 54 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Cel: Ciepło zawarte w wodzie zależy od jej ilości.

Potrzebne: jak w ćwiczeniu 53.

Mieszanie 80 cm^3 wody zimnej z 160 cm^3 wody ciepłej, ogrzanej najwyżej do 24°C .

Jaki jest przebieg ćwiczenia?

Po odczytaniu temperatury wody letniej (t. j. po zmieszaniu) obliczyć znowu różnice jak w poprzednim ćwiczeniu. Jaki jest stosunek między ilościami wody ($80 : 160 \text{ cm}^3$) a przyrostem i ubytkiem temperatur?

Ćwiczenie 55 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Cel: Ciepło zawarte w wodzie zależy od jej temperatury.

Potrzebne: jak w ćwiczeniu 53.

Mieszanie 80 cm^3 wody ciepłej z 80 cm^3 wody zimnej.

Wodę ogrzać do temperatury 36°C ., następnie odczekać, aż ostygnie do temperatury, która tworzy dwa razy większy odstęp z temperaturą wody zimnej, aniżeli w ćwiczeniu 53.

Co powiesz o ilości ciepła oddanego przez wodę ciepłą, a pobranego przez wodę zimną?

Dlaczego obecnie temperatura średnia jest wyższa niż w poprzednim ćwiczeniu?

Zebranie wniosków z ćwiczeń 53, 54, 55 i sformułowanie przez ucznia zależności ciepła od ilości wody i temperatury.

Nauczyciel wprowadza określenie kalorii.

Przerachować powyższe 3 ćwiczenia, wprowadzając do rachunku jednostkę ciepła (metodą kaloryczną).

Ćwiczenie 56 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Cel: Zastosowanie ostatniej metody do dowolnej ilości wody i dowolnej temperatury i ostateczne stwierdzenie od czego zależy ilość ciepła zawartego w wodzie.

Potrzebne: jak w ćwiczeniu 53.

Ilości wody w obu naczyniach razem nie mogą przenosić 250 cm^3 . Przebieg ćwiczenia jak w poprzednich ćwiczeniach.

Omówić przyczynę różnicy między liczbą otrzymaną z pomiaru a liczbą otrzymaną z rachunku, o ile różnica ta będzie.

Ćwiczenia 53, 54, 55, 56 były wykonane w porze zimowej. Jeżeli wypadnie prowadzić je w lecie, należy temperatury wody ogrzanej podnieść o 8—10 stopni.

Ćwiczenie 57 (2 godz.).

Cel: Pomiar ciepła właściwego ciał stałych i cieczy.

Potrzebne: Palnik, statyw z kółkiem, siatka, 3 zlewki: 250, 150 i 50 cm^3 , probówka obszerna, 2 termometry, śrutu ołowianego około 30 gr., opilek miedzi lub mosiądzu około 30 gr., rtęci około 80 gr. i czystego piasku około 20 gr. Zamiast opilek naciąć sieczki z drutu $\frac{1}{2} \text{ mm}$ średnicy długiej. Waga.

Wskazówki: Do probówki wsypuje się np. śrutu na 1 cm. wysoko, wstawia termometr i obsypuje się go śrutem dalej tak wysoko, aby bańka termometru została nim przykryta. Następnie wsypuje się śrut do małej suchej zlewki (50 cm^3), poprzednio odtarowanej, i wazy. Zważony śrut należy z powrotem wsypać do probówki, obsypując nim termometr, wstawić do zimnej wody probówkę i ogrzewać tak długo, aż termometr wskaże temperaturę około 100°C . Wyjmuje się wtedy termometr, a śrut wsypuje się szybko do odważonej (około 80 gr.) zimnej wody w większej zlewce. Przed wsypaniem odczytuje się temperaturę wody zimnej, następnie ogrzanej przez śrut. Podobnie postępuje się z innymi ciałami.

Po skończonych ćwiczeniach wysuszyć opilki ściereczką, bibułą i t. p.

Omówienie ćwiczenia i ustalenie porządku ćwiczenia. Ćwiczenie to można rozłożyć w ten sposób, że kilka grup wykonywa pomiar ciepła wł. śrutu, a równocześnie kilka mosiądzu i t. d.

Po pomiarach wezwać ucznia do tablicy i przeliczyć ze wszystkimi pomiar ciepła wł. np. śrutu. Oblicz, ile kaloryj woda zimna pobrała? Powiedz, ile kaloryj stracił 1 gr. śrutu? Ile kaloryj straciłby 1 gr. śrutu, gdyby jego temperatura spadła o 1 stopień? Na lekcji omówień przeliczyć resztę ćwiczeń.

Ćwiczenie 58a (2 godz.).

Cel: Zmierzyć ciepło topnienia lodu.

Potrzebne: Mensurka, 3 zlewki: 250, 150 i 50 cm^3 , termometr, lód drobnoziarnisty lub śnieg, waga, odważniki.

Przed lekcją przygotować 5 l. wody wystającej o temperaturze otoczenia. Bryłę lodu wielkości pięści zawinąć w mocną ścierekę, potłuc drobno i wsypać na inną ścierekę, rozpiętą nad wiaderkiem. 5 takich brył zwykle wystarcza dla 10 grup. Po odważeniu zlewki, następnie wody wystającej (około 100 cm^3) i odczytaniu jej temperatury, wsypuje nauczyciel do każdej po pełnej łyżeczce lodu. Po stopieniu się lodu, odczytujemy temperaturę wody. Ilość gr. lodu poznaje uczeń, ważąc wodę po skończonem doświadczeniu.

Ustalenie przebiegu ćwiczenia i obliczenie ciepła topnienia na podstawie pytań: Ile kaloryj straciła woda w zlewce? Na co zużyła się ta ilość ciepła? Ile kaloryj pobrała woda otrzymana z lodu? Porównaj obie ilości ciepła! Na co zużyła się reszta ciepła? Oblicz tę resztę! Ile kaloryj pobrał lód na stopienie? Ile pobrał 1 gr. tego lodu? Nauczyciel określa co nazywamy ciepłem topnienia lodu.

Ćwiczenie 58 b.

Cel: Porównanie ciepła topnienia lodu z ciepłem pobranem przez taką samą ilość wody zero-stopniowej, ogrzanej wodą o temperaturze pokojowej.

Z poprzedniego ćwiczenia pozostał lód i woda wystąla.

Uczniowie czerpią do zlewek wielkich tyle z niej, ile wzięli do poprzedniego ćwiczenia, a do najmniejszych tyle wody, ile otrzymali ze stopionego lodu. Zlewke tę wstawiają do średniej i okładają lodem, aby otrzymać wodę 0 stopniową. Następnie, gdy temperatura tej wody spadła do zera, przelewają ją do zlewki wielkiej, a po zmieszaniu odczytują temperaturę.

Omówienie przebiegu ćwiczenia, a po skończonym doświadczeniu, porównanie z doświadczeniem poprzednim.

Ćwiczenie 59 (1 godz.).

Cel: Otrzymanie niskich temperatur.

Potrzebne: Zlewka, probówka, śnieg (lód), termometr, sól kuchenna.

Zmierzyć temperaturę śniegu, osobno soli. Nasypać na warstwę śniegu soli, dodać śniegu i znowu soli, wymieszać. Wstawić probówkę z wodą i termometrem do tej mieszaniny. Odczytać temperaturę krzepnięcia wody; zmierzyć temperaturę mieszaniny śniegu z solą.

Otrzymać w podobny sposób mieszaninę chłodzącą z śniegu i chlorku wapnia (drobnoziarnistego).

Ćwiczenie 60 (2 godz.).

Szybkość parowania.

Cel: Zbadanie zależności szybkości parowania od różnych czynników.

Potrzebne: 3 szkiełka zegarkowe (lub 1 szkiełko i 2 zlewki z dnem nieco wklęsłym od zewnątrz), eter, spirytus, palnik, siatka z azbestem, probówka, 2 pipetki.

a) Nalej na szkiełka równe objętości eteru, spirytusu i wody, pozwól im swobodnie wyparować.

b) Nalej na dwa szkiełka spirytusu; na jedno dmuchaj.

c) Postaw jedno szkiełko na rozgrzaną siatkę azbestową, drugie na stole, nalej spirytusu na oba.

d) Nalej do probówki nieco alkoholu i taką samą ilość na szkiełko zegarkowe.

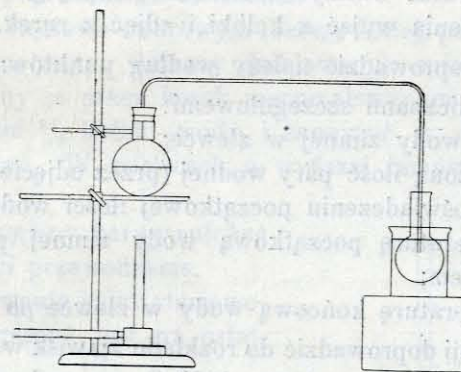
Co zauważyłeś przy tych próbach? Od czego zależy szybkość parowania?

Ćwiczenie 61 (1 godz.).

Cel: Destylacja wody.

Potrzebne: Palnik, statyw z kółkiem i średnią łapą, siatka, 2 kolby po 100 cm.³, korek gumowy, rurka długa, zlewka 250 cm.³, 2 klocki z drzewa, w flaszeczce woda zabarwiona, np. ołówkiem chemicznym, termometr.

Po pouczeniu o celu ćwiczenia, uczniowie kombinują zestawienie przyrządu zgodnie z rysunkiem 20.



Rys. 20.

Uwagi: Do kolby wrzucić drewniankę z zapalniczki (dla czego?), nalać do połowy wody, kolbę z zewnątrz osuszyć i ustawić na zimnej siatce.

Po skropleniu się kilku gr. wody w drugiej kolbie, zanurzonej w wodzie, ćwiczenie przerwać.

Co zauważyłeś przy przekraplaniu się wody?

Jaka jest temperatura wody wrzącej? Jaka jej para? Jaka para mającej się skroplić, jaka wody w pierwszych chwilach po skropleniu się pary?

Pytania te są potrzebne ze względu na następne ćwiczenie.

Ćwiczenie 62 (2 godz.).

Ciepło skraplania pary wodnej.

Cel: Pomiar ciepła skroplenienia pary wodnej.

Potrzebne: Statyw, uchwyt, kółko, kolbka, zlewka, siatka, rurka

dwa razy zgięta: pod kątem rozwartym i ostrym z korkiem gumowym, palnik, termometr, siatka.

Po starowaniu zlewki napełnij ją wodą zimną (około 200 cm.³) i zważ wodę. Do kolbki nabierz $\frac{3}{4}$ wody, wrzuć kawałek drewnianka z zapalki (dla ułatwienia wrzenia), zamknij korkiem z rurką i ogrzewaj do wrzenia; gdy już rurką para silnie się wydobywa, zmierz temperaturę wody zimnej i zanurz do niej rurkę jak najgłębiej; gdy temperatura wody dojdzie do $\approx 30^\circ \text{C}$., usuń naprzód zlewkę z wodą z pod rurki i odczytaj jej temperaturę, potem dopiero zgaś palnik i zważ zlewkę z wodą.

Uwaga: Korki gumowe przechowuje się w wodzie; należy je przed włożeniem rurki zwilżyć wewnątrz kroplą gliceryny, a zaraz po zgaszeniu płomienia wyjąć z kolbki i zdjąć z rurek.

Rachunek przeprowadzić należy według punktów:

1. Wypisać liczbami szczegółowo:
 - a) ilość wody zimnej w zlewce;
 - b) obliczoną ilość pary wodnej (przez odjęcie od ilości wody po doświadczeniu początkowej ilości wody);
 - c) temperaturę początkową wody zimnej przed doświadczeniem;
 - d) temperaturę końcową wody w zlewce po doświadczeniu.
2. W dyskusji doprowadzić do rozkładu zjawisk w doświadczeniu:
 - a) zamiana pary o temp. 100°C . na wodę o temp. 100°C ;
 - b) oziębianie się tej wody od temp. 100°C . do końcowej po doświadczeniu.
3. Obliczyć, ile ciepła oddała woda wrząca przez oziębianie do temp. końcowej.
4. Gdzie się podziało to ciepło? (Ogrzało wodę zimną). Obliczyć ilość kaloryj pobranych przez wodę zimną przy ogrzewaniu się jej od temperatury początkowej do końcowej.
- 5) Porównać wyliczone pod 3) i 4) ilości ciepła; okazuje się, że woda zimna więcej ciepła pobrała, niż woda wrząca jej dostarczyła; skąd wzięła się reszta ciepła, jeżeli w doświadczeniu mieliśmy do czynienia z dwoma tylko zjawiskami (punkt 2)?
6. Obliczyć, ile kaloryj pobrała woda zimna skutkiem skraplania się pary wodnej.
7. Obliczyć, ile kaloryj dostarcza 1 gr. pary wodnej przez skroplenie bez obniżenia temperatury. Jest to ciepło skroplenia pary wodnej w temperaturze 100°C .

Ćwiczenie 63 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Poznanie sposobów rozchodzenia się ciepła.

Cel: Różne przewodnictwo różnych prętów.

Potrzebne: Palnik, pręty: szklany, żelazny, mosiężny i t. p. równej długości i przekrojów.

Pręty: żelazny i szklany zanurzyć jednocześnie jednym końcem w płomieniu, a drugi trzymać w palcach. (Szklany ogrzewać powoli, obracając go w palcach najpierw nad płomieniem). Co zauważyłeś? Następnie trzymać równocześnie żelazny i mosiężny (żelazny po oziębieniu). Podobnie postępować z innymi prętami. Ułożyć skalę przewodnictwa.

Ćwiczenie 64 ($\frac{1}{2}$ godz.).

Zamiast poprzedniego ćwiczenia:

Jodkiem rtęciowo-srebrnym (barwy żółtej) powlekamy do połowy długości 7 cm. pręty: żelazny (niklowany), miedziany i cynkowy, przeprowadzamy je przez korek niepomalowanymi końcami.

Zagotować $\frac{3}{4}$ kolbki wody i zanurzyć w niej pręty niemalowanymi końcami. W miejscach o wyższej temperaturze zabarwi się jodek ceglasto.

Śledzić zmiany barwy i ułożyć skalę szybkości przewodzenia.

Otrzymywanie jodku rtęciowo-srebrnego, opisane jest na ostatniej stronie.

Ćwiczenie 65 ($\frac{1}{2}$ godz.).

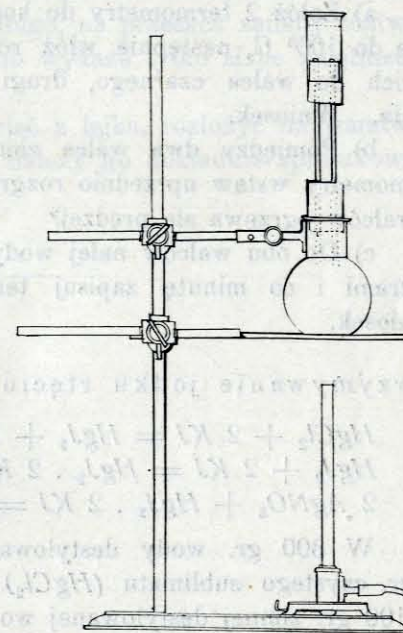
Cel: Metale szybko rozpraszają ciepło.

Potrzebne: Palnik, siatka, łuczywo.

W połowie wysokości płomienia spirytusowego trzymać poziomo siatkę drucianą. Co można zauważyć?

Łuczywo zapalone zbliżyć nad siatką do miejsca, gdzie brak płomienia. Wyjaśnij zjawisko.

Jeżeli pracownia rozporządza gazem, to puścić gaz, nie zapalając go, przez siatkę drucianą, umieszczoną o 3 cm. nad otworem palnika. Palące się łuczywo zbliżyć nad siatką do otworu palnika. Wyjaśnij zjawisko.



Rys. 21.

Ćwiczenie 66 (1 godz.).

Cel: Unoszenie ciepła.

Potrzebne: Palnik, statyw z kółkiem i siatką azbestową, dwiema łapami (średnią i małą), kolbka z szeroką szyjką, 2 korki z 2 otworami, 2 długie i cienkie rurki szklane, jedna krótka i tak szeroka jak szyjka kolbki z odgiętymi brzegami, roztwór barwika.

Uwagi: Przyrząd zestawień według rys. 21. Baczyć, aby pod korkiem w kolbie nie było baniek powietrza. Przyrząd przed ogrzewaniem starannie osuszyć, a w ostatniej chwili zabarwić wodę w górnym naczyniu.

Wodę ogrzewać i obserwować zachowanie zabarwionej wody.

Ćwiczenie 67 (2 godz.).

Promieniowanie.

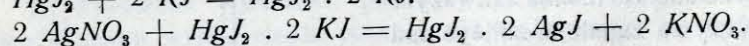
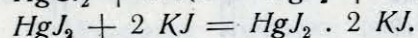
Potrzebne: Palnik, 2 termometry, zlewka, siatka, 2 jednakowe walcowate naczynia metalowe, jedno z zewnątrz czarne¹⁾, drugie jasne, błyszczące — z korkami, kawałek płytki metalowej miedzianej, mosiężnej lub żelaznej.

a) Założyć 2 termometry do korków i ogrzewać je w zlewce w wodzie do 100° C, następnie włożyć równocześnie, możliwie szybko jeden z nich do walca czarnego, drugi do jasnego i badać szybkość ostygnięcia. Wniosek.

b) Pomiędzy dwa walce zamknięte korkami, w których tkwią termometry wstawić uprzednio rozgrzaną silnie płytkę metalową; który z walców ogrzewa się prędzej?

c) Do obu walców nalej wody ciepłej, zamknij korkami z termometrami i co minutę zapisuj temperatury wody w obu walcach. Wniosek.

Otrzymywanie jodku rtęciowo-srebrnego (HgJ_2 . 2 AgJ).



W 300 gr. wody destylowanej, ogrzanej do 60° C. rozpuścić 3 gr. czystego sublimatu ($HgCl_2$) nie barwionego; osobno rozpuścić w 100 gr. zimnej destylowanej wody 3.6 gr. jodku potasu (KJ).

Po rozpuszczeniu zadać roztwór sublimatu roztworem jodku potasu, mieszając równocześnie; powstaje osad czerwony, który po opadnięciu na dno naczynia (i odlaniu cieczy ponad nim) należy przenieść

¹⁾ Sadza zmieszana z szelakiem, rozpuszczonym w spirytusie.

na sączek i przepłukiwać wodą destylowaną tak długo, aż przesącz zadany kilku kroplami 1% roztworu $AgNO_3$ już więcej nie mętnieje.

Osad należy przenieść ze sączka do zlewki, dodać 300 gr. wody destylowanej, wymieszać i zadawać roztworem 3.7 gr. jodku potasu w 100 gr. wody destylowanej tak długo (mieszać), aż cały płyn stanie się bezbarwny i osad zupełnie się rozpuści. Jodku potasu nie można dodawać w nadmiarze; należy go dodać tylko tyle, ile konieczne trzeba do rozpuszczenia osadu. Teraz należy zadawać płyn roztworem 4 gr. azotanu srebra ($AgNO_3$) w 100 gr. wody destylowanej tak długo, dopóki żółty osad już się więcej nie tworzy, co można poznać przez dodanie kropli azotanu srebra do płynu po opadnięciu osadu.

Następnie ostrożnie zlać płyn z nad osadu do osobnej zlewki i zbadać, czy dalszy dodatek azotanu srebra nie powoduje powstawania osadu. Jeśli osad jeszcze się tworzy, należy dodać roztworu azotanu srebra jak wyżej i osad dołączyć do poprzedniego.

Resztę płynu z osadem wlać na sączek, a przesącz przesączyć w razie potrzeby (gdyby początkowo osad przechodził przez bibułę) drugi raz przez ten sam sączek. Po odsączeniu należy osad na sączku przemywać wodą destylowaną tak długo, aż przesącz zadany roztworem azotanu srebra nie wykaże lub wykaże tylko słabe zmętnienie (od jonów J').

Następnie sączek z osadem wyjąć z lejka, rozłożyć na warstwie bibuły i wysuszyć. Po wysuszeniu należy go dokładnie sproszkować w moździerzyku.

T. ŁOPUSZAŃSKI.

Próba metodycznego ujęcia nauki o ruchu ¹⁾.

WSTĘP.

Program nauczania fizyki w gimnazjum matematyczno-przyrodniczym wprowadza naukę o ruchu prostoliniowym, zarówno jednostajnym jak zmiennym. Musi ona oczywiście objąć wprowadzenie pojęć prędkości (przy ruchu jednostajnym i zmiennym) i przyspieszenia (przy ruchu jednostajnie zmiennym); wynika to z porównania z programem gimnazjum humanistycznego oraz z faktu, iż mają być wprowadzone równania ruchu jednostajnego i jednostajnie zmiennego.

Powyższy materiał kinematyczny rozkłada program na klasy IV-tą i VI-tą. Pomijam kwestję, jaka część tego materiału winna być przerobiona już w klasie czwartej, i czy wprowadzanie w niej pojęć prędkości (przy ruchu zmiennym) i przyspieszenia nie jest przedwczesne; zaznaczam tylko, iż w każdym razie cały ten materiał musi zostać przerobiony w klasie VI-tej — częściowo jako materiał nowy, częściowo jako powtórzenie. Niniejszy artykuł podaje jeden ze sposobów, w jaki można go przyswoić uczniom tej klasy. Z pewnemi uproszczeniami — koniecznemi ze względu na mniejszy wymiar lekcji — można sposób ten zastosować i w gimnazjum humanistycznym.

W nauczaniu kinematyki można pójść dwiema drogami. Można traktować ją zupełnie odrębnie, bez związku z jakimikolwiek rzeczy-

¹⁾ Treść niniejszego artykułu była przedmiotem obrad Warszawskiej Komisji nauczania fizyki na jej posiedzeniach, odbytych w pierwszej połowie 1926 roku.

wistemi zjawiskami, np. z wolnym spadaniem ciał, jako czystą geometrię ruchu, z którą zapoznajemy się przed przystąpieniem do fizyki ruchu. Takie postępowanie ma tę ujemną stronę, iż czyni ten dział nauki czysto teoretycznym, pozbawiając go materiału doświadczalnego. Daje zaś tę korzyść, że pozwala osiągnąć czystość i jasność pojęć — przy dobrym postawieniu dydaktycznym już na tym stopniu dostępnych — chroni od pomieszania rzeczy będących umową z faktami przyrodniczymi. Każde wprowadzenie uczniom pokonywać poważne trudności pojęciowe bez urozmaicenia ich doświadczeniem fizycznym, ale równocześnie dostarcza ćwiczenia umysłowego, które bardzo im ułatwi zwalczanie dalszych trudności.

Druga droga to zapoznavanie uczniów z ruchem jednostajnie zmiennym przy pomocy przykładów, jakich dostarcza dziedzina ruchów, odbywających się pod działaniem siły ciężkości (wolne spadanie, spadkownica Atwooda, spadanie po płaszczyźnie pochyłej i t. p.). Ten sposób jest dla uczniów bardziej interesujący i — przynajmniej pozornie — łatwiejszy. Osiągnięcie jednak pełnej jasności pojęć jest przy nim bodaj trudniejsze, gdyż zbyt łatwo powstaje w umyśle uczniów pomieszanie narzędzi badania zjawisk fizycznych (kinematyka) ze samymi zjawiskami, zbyt przeplatają się ze sobą: geometria ruchu, prawa Newton'a, zjawiska ciężkości.

To są niektóre zalety i wady powyższych dwóch sposobów traktowania kinematyki w szkole. Trudno rozstrzygnąć, który z nich jest lepszy. Duży wpływ na wybór ma zresztą zawsze indywidualność nauczyciela. Niniejszy artykuł jest próbą szczegółowego rozwinięcia *pierwszego* z nich.

Pojęcia kinematyki sprawiają uczniom poważne trudności. Początkujący nauczyciel często ich nie dostrzega lub nie docenia i w nauczaniu załatwia się z nimi zbyt prędko. Wynikiem bywa albo brak wiedzy u uczniów, albo wiedza pozorna, mechaniczna. Nieraz zdarza się, że uczniowie przerobili już kinematykę i kawał dynamiki, stosują nieustannie pojęcia prędkości i przyspieszenia, budują na nich pojęcia nowe, rozwiązują różne zagadnienia przy pomocy równań ruchu — a tymczasem dokładniejsze zbadanie ich wiedzy okazuje, że nie wiedzą, co to jest prędkość przy ruchu zmiennym, i — tem bardziej — co to jest przyspieszenie. Zbyteczne wyjaśniać, iż tego rodzaju nauczanie jest wprost szkodliwe.

Cheąc uniknąć takich wyników, trzeba przede wszystkim dokładnie zanalizować pojęciowy materiał, jaki mamy dać młodzieży, wmyśleć się głęboko w jego składniki pod kątem widzenia dydaktycznym, wciąż obmyślać i wciąż doskonalić sposoby pokonywania trudności, na jakie natrafia młodzież przy zetknięciu się z temi poszczególnymi ele-

mentami pojęciowymi, wykorzystywać każdą sposobność, nastrożającą się przy uczeniu, w celu obserwowania, jak młodzież na te sposoby reaguje. Dopiero ta długa i pełna mozółu droga może doprowadzić nauczyciela do zbudowania skutecznej metody przyswajania uczniom danego materiału naukowego.

Niniejszy artykuł pokazuje pewną, ściśle określoną drogę, jaką można postępować przy przerabianiu z uczniami kinematyki. Może który z czytelników zechce spróbować tej drogi, może pójdzie nią z korzyścią dla uczniów. Tem lepiej. Nie jest jednak bynajmniej celem artykułu wskazywać na tę drogę, jako na jedyną, czy najlepszą, czy choćby bardzo dobrą. Dróg jest wiele, a najlepsza jest zawsze ta, która jest najlepiej dostosowana do danego materiału uczniowskiego i do indywidualności nauczyciela. Jeżeli więc w niniejszym artykule wskazuję tak bardzo szczegółowo, tak — możnaby powiedzieć — rozwlekłe, wszystkie cząsteczki tej drogi, to kieruje mną inny cel. Pragnę w ten sposób pokazać na tym drobnym przykładzie początkującemu nauczycielowi, jak przedmiot — ten, czy jakikolwiek inny w nauczaniu — jest zawiły, ile w nim tkwi trudności dla umysłów młodzieży, jak trzeba poszczególnie procesy myślowe rozbić na etapy, ażeby te trudności zmniejszyć, ile trzeba szukać dróg i sposobów, aby te częściowe trudności pokonać, z ilu stron trzeba każdą rzecz oświetlić i iloma wiązaniami z innymi skojarzyć, aby stała się jasną umysłom uczniów, ile razy i w ile różnych sposobów trzeba każdy ważniejszy szczegół powtarzać i stosować, aby stał się naprawdę ich własnością, którą potrafią władać swobodnie. Chcę przyczynić się do wytworzenia pełnego zrozumienia, jakim wysiłkiem musi być dążenie do nauczania czegoś rzetelnie.

Żeby stać się prawdziwym nauczycielem, a nie być nim z nazwy tylko, trzeba przede wszystkim umieć dostrzegać tę wielką złożoność każdego — pozornie prostego — tematu, zarówno mnogość trudności, jakie nastrożają, jak i bogactwo dróg, wiodących do ich pokonania. Tylko ten, kto wyrobił w sobie zdolność ich dostrzegania, potrafi odczuć wielkość i piękno pola, otwierającego się wszędzie dla twórczości nauczyciela, w każdym dniu i momencie jego powszedniej pracy.

Jeśli przeczytanie niniejszego artykułu ułatwi choć jednemu początkującemu nauczycielowi dostrzeżenie zawiłości i bogactwa problemów dydaktycznych, to artykuł spełnił zadanie. Wszystko już jedno, czy nauczyciel ów pójdzie drogą przezeń wskazaną, czy całkiem odmienną.

NAUKA O RUCHU (KINEMATYKA).

Zapowiadamy uczniom ograniczenie się do badania ruchu punktu (i takich ruchów ciał, które są określone ruchem jednego z ich punktów).

Nie poruszamy narazie zagadnienia względności ruchów.

Przeprowadzamy podział ruchów na prostoliniowe i krzywoliniowe i zapowiadamy uczniom ograniczenie się do rozważania ruchów prostoliniowych.

Przeprowadzamy podział ruchów na jednostajne i zmienne.

Ruch jednostajny.

Uczniowie dają zaczerpnięty z życia (środki lokomocji, sport) szereg przykładów ruchu jednostajnego. Pobudzamy ich do zastanowienia się, czym się różnią między sobą te ruchy, jeśli się obserwuje samo zjawisko ruchu, a nie zwraca uwagi na różnice ciał poruszających się. Wynikiem powinno być odświeżenie w umysłach uczniów *intuicyjnego (wzrokowego) pojmowania „prędkości”* ruchu, oraz uświadomienie, iż różnica prędkości jest jedyną różnicą, jaka zachodzi między różnymi ruchami jednostajnymi. Ruch jednostajny ma jedną cechę, określającą go w zupełności, a mianowicie „prędkość”.

Opierając się na przykładach różnych ruchów jednostajnych, wydobywamy z intuicji uczniów stwierdzenie, że niektóre prędkości są równe innym, zaś niektóre większe od innych. Łatwo już doprowadzimy uczniów do przeświadczenia, że takie intuicyjne pojmowanie i czysto jakościowe porównywanie prędkości nie wystarczy, lecz że musimy prędkość dokładnie określić i mierzyć.

Pobudzamy uczniów do wypowiedzenia się, co możnaby przyjąć za miarę prędkości ciała, poruszającego się ruchem jednostajnym. Najprawdopodobniej za taką miarę uznają długość drogi przebywanej przez ciało w jednostce czasu. (Przy podawaniu przez uczniów przykładów żądamy wyrażania czasu i drogi w różnych jednostkach). Na tej podstawie budujemy — już nie intuicyjne, lecz ścisłe — określenie, iż miarą prędkości ciała, poruszającego się ruchem jednostajnym, jest droga przebywana przez nie w jednostce czasu. Staramy się uświadomić uczniom, że — mimo takiego brzmienia definicji — *prędkość nie jest „drogą”*, że jest to zupełnie odmienna wielkość, nowa, że na pojęcie prędkości składają się dwa pojęcia: drogi (t.j. długości) i czasu, co jest widoczne w powyższej definicji.

Zadajemy uczniom pytanie: kiedy — na podstawie powyższej definicji — prędkość ciała będzie równa jedności. Nawiązując do otrzymanej odpowiedzi, wprowadzamy jednostkę prędkości — najpierw ogólnie, a następnie wyprowadzamy z niej różne szczegółowe jednostki:

$\frac{mm}{sek}$, $\frac{cm}{sek}$, $\frac{m}{sek}$, $\frac{km}{sek}$, $\frac{m}{min}$, $\frac{km}{min}$, $\frac{km}{godz}$. Uświadamiamy przy tem uczniom, że, używając tych jednostek, *mierzymy prędkość prędkością*, że *za jednostkę do mierzenia prędkości obraliśmy pewną prędkość*. Każemy między innymi w tym celu definjować poszczególne jednostki np. tak: $1 \frac{km}{godz}$ jest to prędkość ciała, poruszającego się ruchem jednostajnym i przebywającego w ciągu każdej godziny 1 kilometr. Uczniowie mu-

szą sobie uświadomić, że jednostka prędkości, np. $1 \frac{cm}{sek}$, jest prędkością, a nie długością (drogą), że $1 \frac{cm}{sek}$ a $1 cm$ to rzeczy zupełnie różne. Niezmiernie ważną rzeczą jest stałe przestrzeganie poprawności wyrażania się uczniów, niedopuszczanie, aby np. mówili: prędkość piętnastu centymetrów i t. p.

Stawiając uczniom odpowiednie pytania, dokonywamy przeglądu znanych im już jednostek długości, powierzchni, objętości i czasu i przeprowadzamy ich podział na naukowe (cm , cm^2 , cm^3 , sek) i praktyczne. Również stawianiem pytań doprowadzamy do ich świadomości fakt, iż jednostki długości i czasu (cm , sek) zostały ustanowione swobodną umową, nie opierającą się na żadnych innych jednostkach, zaś jednostki powierzchni i objętości opierają się na jednostkach długości. Na tej podstawie przeprowadzamy podział jednostek powyższych na zasadnicze i pochodne.

Wracając do prędkości, doprowadzamy uczniów pytaniami do stwierdzenia, iż za naukową jednostkę prędkości należy przyjąć $1 \frac{cm}{sek}$ i że jednostka ta jest jednostką pochodną. Każemy im raz jeszcze zrobić przegląd naukowych jednostek długości, powierzchni, objętości, czasu, prędkości i przeprowadzić ich podział na zasadnicze i pochodne. Uczniowie podają zaczerpnięte z życia przykłady różnych prędkości i wyrażają je w różnych jednostkach — przyczem zawsze i w $\frac{cm}{sek}$. Zamiany jednostek.

Z kolei przystępujemy do wyprowadzenia równania ruchu jednostajnego. Dajemy mianowicie uczniom do rozwiązania następujące zagadnienie. Ciało porusza się ruchem jednostajnym z prędkością wynoszącą v jednostek prędkości; obliczyć jaką drogę — t. j. ile jednostek długości — przebędzie w pewnym określonym czasie, wynoszącym t jednostek czasu. Zapytaniami doprowadzamy uczniów do pełnej świadomości, iż w zagadnieniu tem v i t są wielkościami danymi, wielkością zaś nieznaną, którą mamy obliczyć, jest przebyta przez ciało droga (ilość jednostek długości): s .

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemu raz jeszcze doprowadzamy uczniów pytaniami do świadomości, że, jeśli prędkość ruchu jest dana, ruch jest zupełnie dokładnie określony, że więc nasz problem powinien dać się rozwiązać.

Uczniowie rozwiązują zagadnienie sami. W chwili, w której przy rozwiązywaniu opierają się na proporcjonalności drogi do czasu, trzeba, by sobie wyraźnie uświadomili zarówno fakt opierania się na niej, jak również i fakt, że to tylko dana wśród założeń zagadnienia *jednostajność* ruchu upoważnia ich do stwierdzenia istnienia tej proporcjonalności.

Troska, by uczniowie uświadomili sobie te fakty, ma dwa cele na oku. Po pierwsze idzie o uchronienie młodzieży od częstego błędu stosowania proporcjonalności i w tych wypadkach, gdy wielkości nie są do siebie proporcjonalne, lecz związane inną zależnością; w tym celu stale należy baczyć, aby przed stosowaniem praw proporcjonalności uczniowie zawsze zadawali sobie pytanie, jakiego rodzaju zależność łączy wielkości, z którymi mają do czynienia. Drugim celem jest przyuczenie młodzieży do świadomego korzystania ze *wszystkich* danych (założeń) problemu, do świadomego *wyczerpywania* ich. Tylko przez stałe dopilnowywanie, przy rozwiązywaniu nie tylko obecnie omawianego, ale wszelkich problemów, by te procesy myślowe nie były pomijane, można osiągnąć powyższe cele, ważne dla wykształcenia w ścisłym i krytycznym myśleniu.

Wzór $s = vt$ wyprowadzili uczniowie ogólnie, dla dowolnych jednostek czasu, długości, prędkości. Należy im uświadomić, że można wobec tego przy stosowaniu go używać dowolnych jednostek pod warunkiem, że będą to jednostki wzajemnie sobie odpowiadające. Polecamy uczniom dać szereg przykładów odpowiadających sobie trójek jednostek: długości, czasu, prędkości.

Na podstawie wiadomości z zakresu rozwiązywania równań pierwszego stopnia o jednej niewiadomej łatwo będzie doprowadzić uczniów do systematycznego sformułowania trzech rodzajów zagadnień, które pozwala rozwiązywać powyższe równanie.

Polecamy uczniom przerobić szereg rachunkowych przykładów na rozwiązywanie powyższych trzech rodzajów zagadnień (obliczanie drogi, czasu, prędkości). Używamy przy tem różnych jednostek, najczęściej jednak cm , sek , $\frac{cm}{sek}$. Ze względu na późniejsze zastosowanie przy rozważaniu ruchu zmiennego szczególnie uwzględniamy obliczenia prędkości ($v = \frac{s}{t}$). Ze względu na przytoczony cel przerabiamy także szereg takich przykładów, w których czas jest ułamkiem sekundy,

a zwłaszcza takie przykłady, jak np.: $t = \frac{1}{2} sek$, $s = 2.4 cm$; $t = \frac{1}{4} sek$, $s = 3 cm$; $t = \frac{1}{10} sek$, $s = 7 mm$; $t = \frac{1}{10} sek$, $s = 4 cm$; $t = \frac{1}{10} sek$, $s = 1.2 cm$; $t = \frac{1}{100} sek$, $s = 2 mm$; $t = \frac{1}{100} sek$, $s = 2.3 mm$; $t = \frac{1}{1000} sek$, $s = 0.18 mm$. Przykłady te uczniowie rozwiązują dwójako: przez mechaniczne dzielenie $\left(\frac{s}{t}\right)$ oraz pamięciowo przez wnioskowanie.

Przy wyprowadzaniu równania ruchu jednostajnego problem sformułowaliśmy tak, iż v , t , s były *czystymi liczbami*, niemianowanymi. W dalszym ciągu stale traktujemy równanie ruchu jednostajnego, jako równanie, w którym występują czyste liczby. Nie wykonywamy z uczniami żadnych działań na liczbach mianowanych. Nie mnożymy np. prędkości przez czas $\left(10 \frac{cm}{sek} \times 7 sek\right)$, lecz mnożymy liczbę, wyrażającą ile $\frac{cm}{sek}$ ma prędkość ciała, przez liczbę, wyrażającą ile sekund trwał ruch (a więc 10×7). Dla ułatwienia możemy zarówno dane problemu, jak wynik ostateczny rachunku, pisać w formie liczb mianowanych ($v = 10 \frac{cm}{sek}$, $t = 7 sek$; $s = 70 cm$), ale działać możemy tylko na liczbach niemianowanych. Bliżej rozwiniemy i umotywuemy tę zasadę dydaktyczną, mówiąc o równaniach ruchu jednostajnie zmiennego.

Wzór $v = \frac{s}{t}$ wyzyskujemy w celu podania uczniom innej definicji prędkości ruchu jednostajnego (stosunek drogi do czasu). Tych dwóch określeń używają uczniowie równolegle. Nie określiliśmy od razu prędkości, jako stosunku drogi do czasu, z dwóch powodów. Po pierwsze wprowadzone na początku określenie (droga przebywana w jednostce czasu) odpowiada intuicji ucznia i znane mu jest z życia praktycznego. Po drugie określenie to będzie pomocne przy pokonywaniu trudności, jakie nastręcza rozważanie ruchu zmiennego.

Ruch zmienny.

Prędkość.

Każemy uczniom przypomnieć podział ruchów na jednostajne i zmiennie i uzmysłowić rysunkiem na tablicy (zaznaczenie na torze dróg przebywanych w równych okresach czasu). Każemy następnie dać szereg przykładów z życia na ruch zmienny.

Doprowadzamy uczniów do stwierdzenia, że w czasie ruchu jednostajnego prędkość ciała nie zmienia się wcale, że dla całego takiego

ruchu istnieje *jedna* prędkość — i że ta jedna prędkość określa ruch w zupełności (dwa ciała o równej prędkości poruszają się zupełnie jednakowo; przykłady).

Stawiamy teraz uczniom pytanie, czy można powiedzieć to samo o ruchu zmiennym. Żądamy od nich podania paru przykładów (z życia) ruchu zmiennego i odpowiedzi na powyższe pytanie na podstawie tych przykładów — przyczem oczywiście opieramy się tylko na intuicyjnym pojmowaniu prędkości, które uczniowie i w zastosowaniu do ruchu zmiennego posiadają. W wyniku tych rozważań doprowadzamy uczniów do stwierdzenia, że — w przeciwieństwie do ruchu jednostajnego — przy ruchu zmiennym nie można mówić o jakiejś *jednej* prędkości, gdyż ciało ma ciągle inną prędkość, w każdym momencie odmienną, gdyż nie ma jednej, lecz nieskończenie wiele różnych prędkości; nie można dać odpowiedzi na pytanie: „jaką prędkość posiada ciało“, gdyż jego prędkość nieustannie się zmienia. (Wyraziliśmy tu ten sam fakt kilku różnymi sposobami; jest to nieraz korzystne).

Doprowadzenie uczniów na podstawie opisywanych — a nawet pokazywanych (np. ruch wózka ciągniętego po stole, lub ruch dwóch równych ciężarów przyczepionych do dwóch końców przewieszonego przez blok sznurka, pod działaniem dodanego do jednego z nich niewielkiego dodatkowego ciężarka) — przykładów ruchu zmiennego do takiego — wprawdzie tylko intuicyjnego, ale — jasnego poglądu na ruch zmienny jest konieczną podstawą. Dopóki ogół klasy nie wyrobi go sobie i nie wykaże tego zdolnością swobodnego wyrażania tego poglądu, nie możemy posunąć się dalej, gdyż braknie motywu i podstawy do bardziej naukowego formułowania problemu.

Gdy powyższy cel został osiągnięty, doprowadzamy uczniów do odpowiedzi na następujące pytanie. Skoro przy ruchu zmiennym nie można pytać o jakąś jedną, ogólną prędkość ciała, to czy wogóle nie można wcale pytać o prędkość tego ciała (pierwsza część pytania), jeśli zaś można, to o jaką (druga część pytania). Jak powinno brzmieć pytanie o prędkość przy ruchu zmiennym? Odpowiedź uczniów winna orzekać (i niewątpliwie da się odpowiedniem pokierowaniem taką odpowiedź uzyskać), iż przy ruchu zmiennym można zapytywać tylko o „prędkość, jaką ciało poruszające się posiada w pewnym momencie, czy w pewnym miejscu (punkcie) swej drogi“. Powinno dalej nastąpić stwierdzenie, iż można w ten sposób pytać o prędkość w *każdym* momencie lub w *każdym* miejscu (punkcie) i że ona będzie w *każdym* inna.

Teraz stoją nauczyciel i uczniowie przed poważnem i niełatwem zadaniem ściślejszego określenia prędkości (przy ruchu zmiennym)

Dwa są powody trudności tego zadania. Jeden wynika z faktu, że nauka określa prędkość jako granicę, do której zdąża stosunek drogi do czasu, gdy czas maleje do zera — dla młodzieży zaś na tym stopniu nauczania pojęcie granicy jest za trudne. Trudność tę zmniejszamy, rezygnując z określenia prędkości jako granicy, a zatrzymując część procesu zbliżania się do granicy, t. j. biorąc szereg prędkości średnich dla coraz krótszych okresów czasu i urywając go na okresie dostatecznie małym (dostatecznie nie tylko dla danego praktycznego celu, ale i dla odczucia przez uczniów „nieskończonej małości“ tego okresu; dla tego celu wystarczy zejść do $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, najwyżej do $\frac{1}{1000}$ sekundy).

Druga trudność płynie stąd, że idzie o zjawisko ruchu, o wielkość ciągle zmienną, o trudno zrozumiałe dla uczniów bardzo krótkie okresy czasu, co sprawia, iż należyte uzmysłowienie rzeczy jest bardzo trudne (właściwie niemożliwe), i rzecz nabiera charakteru zbyt abstrakcyjnego. Usunąć tej trudności się nie da; możemy ją tylko złagodzić przez wprowadzenie — mimo wszystko — jak najsilniejszego elementu poglądowości. Uczynimy to przez ucieknienie się do sposobu, którego niestety musimy się chwycić niejednokrotnie: do doświadczeń — nie przerabianych istotnie z uczniami, zwykle nawet niemożliwych do urzeczywistnienia — których wyobrażenie tylko budzimy w uczniach („doświadczenia pomyślane“).

Dla wyjaśnienia roli „doświadczeń pomyślanych“ w nauczaniu fizyki należy zaznaczyć, że są one czemś odrębnem od „doświadczeń opowiadanych“. Te to są doświadczenia, które zostały dokonane, ale których w szkole dla braku środków lub czasu, albo dla zbytnej ich trudności, powtórzyć nie możemy, i o których dlatego uczniom tylko opowiadamy — czyniąc oczywiście to opowiadanie jak najbardziej plastycznym. „Doświadczenia pomyślane“ są to doświadczenia, które nigdy się nie odbyły. Mają one wielkie znaczenie w nauczaniu przy wprowadzaniu niektórych zasadniczych pojęć, będących produktem wielkiego kompleksu obserwacji i głębokiego procesu myślowego. Takie pojęcia bywają zwykle wynikiem nie obserwacji bezpośrednich, lecz doświadczeń pośrednich i rozumowań — niedostępnych dla młodzieży na pewnym poziomie nauczania. A doświadczenia, wiodące bezpośrednio do celu, które byłyby dla młodzieży zrozumiałe, są niemożliwe do wykonania. W takich wypadkach, chcąc młodzieży dane pojęcie przyswoić, musimy posłużyć się fikcyjnem doświadczeniem pośredniem, w którym wszystko jest prawdą, prócz tego, że doświadczenie takie nie tylko nigdy się nie odbyło, ale nawet zapewne nie mogłoby się odbyć. Za to doświadczenie takie jest proste, jasne, wiedzie prosto do celu i ono jedynie pozwala pokonać w szkole trudności,

a kie nastrocza uczniom opanowanie niektórych pojęć ogólnych, będących owocem doświadczeń i pracy myślowej pokoleń oraz geniuszu wielkich uczonych.

Przy posługiwaniu się „doświadczeniem pomyślanem” należy przestrzegać zasady, że — skoro już do niego się uciekamy — trzeba podać je uczniom w takiej formie, by wytworzyć w nich żywe poczucie odbywania się doświadczenia, wrażenie jakoby spostrzeżenia pomiaru były istotnie czynione, a podawane wyniki były rzeczywiście wynikami doświadczenia. Ten fragment nauczania musi być tak prowadzony, aby nie był tylko opowiadaniem, opisem (czem jednak jest w rzeczywistości), lecz stał się w świadomości uczniów niejako toczącą się akcją, w której klasa uczestniczy, jako czynny obserwator. O ile możliwości powinno się nawet przed oczami uczniów odbywać coś zbliżonego do omawianego zjawiska, powinny być zaznaczane czynione obserwacje i notowane ich rzekome wyniki, do czego liczby muszą być starannie z góry przygotowane. Oczywiście można — a nawet należy — powiedzieć uczniom, dlaczego nie pokazujemy im prawdziwego doświadczenia i pomiaru.

Przystępujemy teraz zatem do „doświadczenia pomyślanego”, mającego na celu wprowadzenie pojęcia prędkości, jaką ciało, poruszające się ruchem zmiennym, posiada w pewnym momencie, w pewnym miejscu (czy punkcie) swej drogi. Uczniowie mają sobie wyobrazić np. ruch pociągu, który — wyruszywszy ze stacji — przez pewien czas jedzie ruchem zmiennym (coraz szybszym — nim osiągnie przepisaną prędkość). Mają sobie dalej wyobrazić, że na torze kolejowym kreślimy poprzeczną kreskę w miejscu przez nas zupełnie dowolnie wybranem. Dobrze jest uzmysłowić pociąg wózką, ciągnioną wzdłuż krawędzi stołu, i na tej krawędzi zrobić ową kreskę kredą. Stawiamy problem: wyznaczyć prędkość, jaką posiada pociąg w chwili wjeżdżania na kreskę (np. przednimi kołami lokomotywy).

Należy najpierw doprowadzić uczniów do uświadomienia sobie, że odpowiedź na to pytanie może dać tylko obserwacja i że nie potrzebujemy obserwować ruchu pociągu pierwszej, nim dojedzie do kreski. W celu określenia prędkości pociągu w miejscu zaznaczonym kreską wystarczy zacząć pociąg obserwować dopiero z chwilą, gdy wjeżdża na kreskę.

Narzucamy uczniom (sztuczną nieco) myśl obserwowania pociągu od tej chwili przez minutę. Obrazowo przedstawiamy tę obserwację: pomiar czasu, zaznaczenie na torze drugiej kreski w miejscu, w którym pociąg znajdzie się z końcem minuty, pomiar wzajemnej odległości obu kresek. Notujemy na tablicy czas obserwacji (1 min.) i długość przebytej przez pociąg w tym czasie drogi (w metrach). Liczby, które

podajemy jako wynik tych fikcyjnych pomiarów (obecnego i dalszych), powinny być z góry starannie obmyślane. Polecamy uczniom wyrazić na podstawie wyniku tego pomiaru prędkość pociągu w $\frac{m}{sek}$, a następnie w $\frac{cm}{sek}$. Wyniki (ten i dalszy) zestawiamy systematycznie na tablicy.

Odpowiedniami pytaniami doprowadzamy uczniów do zrozumienia, że odpowiedź ich była błędna, gdyż to, co podali jako prędkość pociągu, wcale nią nie jest, pociąg bowiem w ciągu minuty miał nieskończenie wiele różnych prędkości. Zapytujemy następnie, czy to, co obliczyliśmy, nie mogłoby mieć mimo tego pewnego znaczenia praktycznego. Na podstawie prób odpowiedzi na to pytanie wprowadzamy pojęcie „prędkości średniej”. Uzyskana liczba jest „średnią prędkością” pociągu w uważanej minucie. Skąd nazwa „średnia prędkość” — czy jest ona słuszna? Czy można mówić o prędkości średniej tylko w ciągu minuty, czy i w ciągu innych okresów czasu? Jak się oblicza prędkość średnią ciała w danym okresie?

Zapytujemy następnie, czy wyznaczona przez nas prędkość średnia daje pojęcie o prędkości, jaką pociąg miał w chwili, gdy przejeżdżał przez zaznaczoną kreskę. Nietrudno będzie doprowadzić uczniów do odpowiedzi, że nie daje pojęcia, a przynajmniej bardzo niedokładne, gdyż okres 1 minuty jest zbyt długi i w ciągu niego prędkość pociągu (prawdziwa) prawdopodobnie uległa znacznym zmianom. Zapytujemy z kolei, czy prędkość pociągu w danym punkcie była mniejsza czy większa od wyznaczonej prędkości średniej i dlaczego. Nakoniec stawiamy pytanie, czy nie możnaby przy pomocy prędkości średniej dokładniej (z mniejszym błędem) zobrazować prędkości (prawdziwej) pociągu przy przejeździe przez kreskę (odpowiedź: tak — biorąc krótszy okres czasu).

Przerabiamy zupełnie w ten sam sposób (z tą samą starannością o uplastycznienie pomiaru) pomiar prędkości średniej pociągu za $\frac{1}{4}$ -minutowy okres czasu (od chwili wjazdu na pierwszą kreskę). Przy pomocy tych samych pytań doprowadzamy uczniów do stwierdzenia, że ta prędkość średnia daje już lepsze pojęcie o prawdziwej prędkości, jaką miał pociąg, wjeżdżając na kreskę, że jednak jeszcze bardzo nieściśle ją przedstawia, gdyż okres ćwierćminutowy jest jeszcze zbyt długi (w ciągu niego prędkość ulega jeszcze zbyt dużej zmianie).

Z kolei powtarzamy ten sam pomiar i to samo rozumowanie dla okresów coraz mniejszych: 1 sek., $\frac{1}{2}$ sek., $\frac{1}{10}$ sek., $\frac{1}{100}$ sek. Po przeprowadzeniu każdego pomiaru sprawdzamy, czy uczniowie mają jasną świadomość, że to, co za każdym razem wyznaczamy, to jest

tylko średnia prędkość ciała w danym okresie, że jednak ta średnia prędkość jest coraz lepszym obrazem prawdziwej prędkości pociągu w obranym punkcie — ale zawsze niezupełnie dokładnie.

Ażeby dopomóc wytworzeniu się tej świadomości, zapytujemy uczniów, dlaczego przy braniu coraz mniejszych okresów czasu otrzymujemy coraz mniejsze prędkości średnie (coraz mniejsza skala różnic między różnymi prędkościami, które przybiera ciało w ciągu okresu, coraz mniej różni się one wszystkie od prędkości w uważanym punkcie — najmniejszej ze wszystkich).

Obecnie już łatwo doprowadzimy uczniów do stwierdzenia, że — chcąc dokładnie wyrazić prędkość pociągu w uważanym punkcie — należałoby właściwie dalej okres obserwacji skracać — bez końca, że jednak dla celów praktycznych wystarczy zatrzymać się na okresie czasu bardzo krótkim, np. $\frac{1}{100}$ sek. (pomiar prędkości średniej już mamy), albo $\frac{1}{1000}$ sek. (jeszcze jeden pomiar robimy). Biorąc okres jeszcze krótszy, otrzymamy jeszcze ściślejszą miarę prędkości. Prędkość średnia, jaką pociąg w tym niezmiernie krótkim okresie czasu posiada, jest — praktycznie biorąc — dostatecznie ścisłą miarą prędkości pociągu w obranym punkcie.

W ten sposób — nie posuwając się do trudnego pojęcia granicy — wprowadzamy pojęcie prędkości przy ruchu zmiennym. Na podstawie procesu myślowego, przez który przeprowadziliśmy uczniów, powinni oni sami — przez nas tylko kierowani i naprowadzani pytaniami na właściwą drogę — sformułować taką definicję: miarą prędkości, jaką ciało, poruszające się ruchem zmiennym, posiada w pewnym momencie (w pewnym punkcie swej drogi), jest prędkość średnia jego ruchu, obliczona dla niezmiernie krótkiego okresu czasu, zaczynającego się od tego momentu (tego punktu).

Nie porzucając obranego przykładu (ruch pociągu), łatwo doprowadzamy uczniów do stwierdzenia, że moglibyśmy obrać na torze kolejowym inny punkt i dla niego przeprowadzić wszystkie takie same pomiary, a wtedy otrzymalibyśmy prędkość, jaką pociąg posiadał w chwili przejeżdżania przez ten nowy punkt; prędkość ta byłaby różna od poprzedniej. W ten sam sposób moglibyśmy wyznaczyć prędkość pociągu w każdym punkcie toru i w każdym okazałaby się inną. Biorąc przykładowo różne punkty, należy wziąć także punkt bardzo bliski pierwotnego, który pociąg osiągnie po ułamku sekundy; stwierdzenie, iż prędkość w nim jest już inna, może przyczynić się do usunięcia możliwego błędnego wyobrażenia, jakoby w obrębie jednej sekundy prędkość była stała.

Z kolei na tym samym przykładzie (na przeprowadzonym już pomiarze) uświadamiamy uczniów, iż liczba, wyrażająca prędkość ciała

w pewnym momencie (punkcie), wyraża zarazem (w odpowiedniej jednostce długości) drogę, którą ciało przebyłoby w ciągu jednostki czasu od tego momentu (punktu), gdyby od niego począwszy prędkość ciała przestała się zmieniać (t. j. była stale taka, jak w uważanym punkcie). Pełne zrozumienie przez uczniów tego faktu, a nawet samodzielne dojście do niego pod kierunkiem nauczyciela, nie powinno nastroczać trudności, fakt ten bowiem wynika wprost z określenia prędkości w danym punkcie, jako prędkości średniej w ciągu bardzo krótkiego okresu czasu, a rzecz przerabiamy nie ogólnie, tylko na szczegółowych liczbowych przykładach.

Opanowanie przez uczniów tej drugiej interpretacji prędkości ruchu zmiennego jest bardzo ważne, gdyż interpretacja ta jest znacznie bardziej obrazowa, niż właściwa definicja prędkości. Bez niej trudno byłoby nam doprowadzić uczniów do zupełnie jasnego zrozumienia ruchu zmiennego. Dlatego też — nie tylko w celu wyzyskania tej interpretacji, ale przede wszystkim w celu jej utrwalenia i doprowadzenia do jasności — w dalszym ciągu stale — a w każdym razie bardzo często — używamy tej interpretacji równolegle obok właściwej definicji prędkości. Oczywiście tkwi w tej interpretacji pewien błąd logiczny, ale uczniowie go nie dostrzegają, a interpretacja taka jest intuicyjnie zdrowa, a przede wszystkim konieczna.

Dla pełnego opanowania przez uczniów pojęcia prędkości ruchu zmiennego nie wystarczy oczywiście taka jedna serja „pomiarów pomyślnych“, jaką przeprowadziliśmy. Należy obmyślić kilka innych przykładów, przygotować liczby, które mają być wynikami fikcyjnych pomiarów i polecić uczniom samodzielne przeprowadzenie analogicznych do poprzednich „doświadczeń pomyślnych“. Przy przerabianiu tych dalszych przykładów można jako model ruchu zmiennego wziąć np. ruch ciężarka zawieszonego na przewieszonym przez blok sznurze, na którego drugim końcu wisi drugi — nieco mniejszy — ciężar. Z tych doświadczeń uczniowie wywodzą szeregi prędkości średnich, wartości prędkości w danych punktach, określenie prędkości oraz jego interpretację ostatnio poznaną. Przy ostatnich przykładach należy już zarzucić pomiar całego szeregu prędkości średnich, a wyznaczać prędkość ciała w danym momencie na podstawie wyznaczenia jego prędkości średniej w *jednym* — niezmiernie krótkim — okresie czasu. Wyznaczając tę prędkość średnią nie dzieleniem drogi przez czas ($v = \frac{s}{t}$), lecz zapomocą wnioskowania, wyprowadzamy równocześnie interpretację prędkości jako drogi, którąby ciało przebyło w jednostce czasu, gdyby przez całą tę jednostkę czasu poruszało się ruchem jednostajnym z tą prędkością.

Przy omawianiu w powyższy sposób różnych przykładów ruchu zmiennego, należy stale wzmacniać świadomość uczniów, że prędkość ciała jest w każdym momencie (punkcie) inna. Wśród przerabianych przykładów ruchu należy uwzględnić także przykład ruchu opóźnionego, np. ruch pociągu, dojeżdżającego do stacji. Przy przerabianiu tego przykładu należy wyzyskać — dla lepszego zrozumienia przez uczniów istoty tego ruchu — różnice, jakie zachodzą między tym ruchem coraz wolniejszym, a poznanym już ruchem coraz przyspieszonym. Należy w szczególności doprowadzić uczniów do dostrzeżenia samodzielnie faktu, iż kolejne prędkości średnie dla okresów coraz krótszych muszą być tutaj coraz większe.

Pojęcie prędkości ciała, poruszającego się ruchem zmiennym, nie jest łatwe dla ogółu uczniów. Wprowadzeniu go i utrwaleniu musimy poświęcić wiele rzetelnego wysiłku i dość czasu. Bez tego osiągniemy może opanowanie tego pojęcia przez kilku zdolniejszych uczniów; ogół klasy nie uzyska pojęcia jasnego, któremby mógł swobodnie władać i na którym moglibyśmy budować dalszą mocną i użyteczną wiedzę. To też nie możemy posunąć się dalej, dopóki nie stwierdzimy, że ogół klasy pojęcie to w zupełności opanował — tem bardziej, że na niem musimy zaraz budować pojęcie jeszcze trudniejsze.

Zarówno przy tym fragmencie nauczania, jak wogóle zawsze, a zwłaszcza wtedy, gdy wprowadzamy nowe pojęcia, należy zwracać baczną uwagę na wysławianie się uczniów. Równocześnie z dążeniem do innych celów nauczania musimy dążyć do nauczania uczniów swobodnego, poprawnego, ścisłego i jasnego wyrażania się w zakresie przerabianego materiału naukowego i ten cel musimy — na równi z innymi celami nauczania — osiągnąć. Spełnimy przez to jedno z ważnych zadań każdego przedmiotu szkolnego: uczenie języka polskiego — a bez świadomego i celowego współdziałania nauczycieli nauk ścisłych cel ten nie da się w pełni osiągnąć. Poza tem jednak troska o osiągnięcie tego celu ułatwi w wysokim stopniu samo zdobycie przez uczniów jasnych pojęć, ona też jedynie umożliwi nauczycielowi sprawdzanie, czy uczniowie rzecz istotnie opanowali.

Wszelki pośpiech, dążność do zbyt rychłego przejścia ponad takim zasadniczym punktem, jak np. właśnie pojęcie prędkości, bez uzyskania zupełnej pewności, iż cel nauczania został tu w pełni osiągnięty, byłoby fatalnym błędem, który zaciążyłby na całej dalszej nauce. Co więcej nawet wtedy, gdyśmy cel ten istotnie osiągnęli, musimy — dla zabezpieczenia jego trwałości — przy różnych sposobnościach powracać od czasu do czasu do sprawdzenia jasności pojęcia u uczniów, do wzmocnienia jej w razie potrzeby, do zwiększenia władania uczniów

pojęciem w coraz nowych skojarzeniach i zastosowaniach. Tylko w ten sposób osiągamy wiedzę istotną i trwałą. Uwagi te odnoszą się oczywiście nie tylko do pojęcia prędkości, ale do wszelkich pojęć i wogóle rzeczy zasadniczych i trudniejszych.

Przyspieszenie.

Obecnie stajemy przed zadaniem wprowadzenia pojęcia przyspieszenia. Jest to jedno z najtrudniejszych pojęć, z jakimi młodzież spotyka się na tym stopniu nauczania. Dlatego konieczny jest tu szczególnie wielki wysiłek nauczyciela oraz ostrożne postępowanie krok za krokiem i nie czynienie kroku następnego bez upewnienia się, że zamierzenia kroku poprzedniego zostały w pełni osiągnięte.

W celu uczynienia nowych pojęć jaśniejszemi posłużymy się graficznym przedstawianiem zależności. Uczniowie posiadają już potrzebne do tego przygotowanie, gdyż przy nauce matematyki w klasach IV-tej i V-tej zapoznali się z zależnościami wogóle i ich graficznym przedstawianiem, a w szczególności z funkcjami ax , $ax + b$ i ich wykresami, zaś w klasie VI-tej z funkcją $ax^2 + bx + c$ i jej wykresem. Mimo to jednak nauczyciel fizyki dobrze zrobi, jeśli potrzebne mu z tego zakresu wiadomości w umysłach uczniów odświeży.

Zaczynamy od przypomnienia uczniom całego szeregu zależności, zachodzących w życiu, w geometrii, w przyrodzie i ich przedstawień graficznych. Wśród tych przykładów uwzględniamy przede wszystkim zależności, przedstawiające się graficznie linią prostą — i to zarówno przechodzącą, jak nieprzechodzącą, przez początek układu. Oprócz nich jednak uwzględniamy zależności, przedstawiające się graficznie liniami krzywymi.

Przypominamy uczniom zależność zwaną proporcjonalnością prostą (definicja, przykłady) oraz fakty, iż jej graficzne przedstawienie jest zawsze prostą, przechodzącą przez początek układu, i — naodwrot — prosta, przechodząca przez początek układu, przedstawia zawsze proporcjonalność prostą. Przypominamy na koniec algebraiczny wyraz tej zależności, funkcję ax , oraz znaczenie współczynnika proporcjonalności a .

Podobnie przypominamy zależność liniową $ax + b$ i jej przedstawienie graficzne oraz znaczenie stałych a i b . Zwracamy uwagę, iż proporcjonalność prosta jest szczególnym przypadkiem funkcji liniowej, a przede wszystkim, iż już funkcja liniowa nie posiada własności, będącej cechą zasadniczą proporcjonalności prostej (ile razy zwiększy się zmienna, tyle razy zwiększy się wartość funkcji). Na przykładach

(liczbowych i graficznych) wykazujemy, że i inne funkcje, wyrażające się graficznie liniami krzywymi, nie posiadają tej własności.

Wszystkie te wiadomości z zakresu zależności wydobywamy z pamięci uczniów, stawiając im odpowiednie pytania, lub dając do rozwiązania odpowiednie zagadnienia.

Przy przerabianiu wszystkich powyższych przykładów proporcjonalności prostej i zależności linijowej, a więc wszelkich zależności, wyrażających się graficznie linją prostą, przechodzącą lub nie przechodzącą przez początek układu, uczniowie powinni wyszukiwać i zaznaczać na rysunku, będącym graficznym przedstawieniem zależności, zmiany zmiennej zależnej, odpowiadające równym zmianom zmiennej niezależnej (w szczególności także zmianom równym jednostce) i dojść do zrozumienia, że zmiany te muszą być sobie równe. Powinni dobrze zrozumieć, iż równość zmian zmiennej zależnej, odpowiadających równym zmianom zmiennej niezależnej, jest zasadniczą cechą wszystkich zależności, wyrażających się graficznie linją prostą. To jest najważniejszy cel tych powtórzeń z zakresu nauki o zależnościach. Na tych samych przykładach winni uczniowie również zrozumieć znaczenie mniejszego lub większego nachylenia prostej do osi odciętych i jego związek z wielkością zmiany zmiennej zależnej, odpowiadającej jednostkowej zmianie zmiennej niezależnej.

Przy przerabianiu przykładów zależności, wyrażających się graficznie linją krzywą, uczniowie winni wyszukiwać i zaznaczać na rysunku, będącym graficznym przedstawieniem zależności, zmiany zmiennej zależnej, odpowiadające równym zmianom zmiennej niezależnej (w szczególności także zmianom równym jednostce). Na podstawie tego poglądu uczniowie winni dojść do przekonania, że — gdy zależność przedstawia się linją krzywą — zmiany te są z reguły nierówne. Winni również zrozumieć, co oznacza mniej lub więcej stromy przebieg całej krzywej, lub poszczególnych jej części, względem osi odciętych.

Odświeżone wiadomości o zależnościach stosujemy do ruchów. Najpierw — na kilku podanych im przykładach — uczniowie przedstawiają graficznie zależność drogi przebytej przez ciało, poruszające się ruchem jednostajnym, od czasu zużytego na jej przebycie. Tłumaczą, dlaczego uzyskujemy zawsze linję prostą, przechodzącą przez początek układu (prosta proporcjonalność drogi do czasu przy ruchu jednostajnym). Równanie każdego z obranych za przykład ruchów jednostajnych interpretują jako algebraiczny wyraz proporcjonalności drogi do czasu i stwierdzają, iż prędkość ruchu jest współczynnikiem proporcjonalności (dlaczego?). Na rysunku (przedstawieniu graficznym) wyznaczają przyrosty drogi, odpowiadające równym okresom czasu,

stwierdzają, że są równe (linja jest prosta) i tłumaczą dlaczego muszą być równe (definicja ruchu jednostajnego). Wyznaczają na rysunku przyrosty drogi, odpowiadające jednostkom czasu, tłumaczą, co oznacza graficznie taki przyrost (prędkość ruchu), i co oznacza — wynikający z prostości linji — fakt równości tych przyrostów (stałość prędkości — jednostajność ruchu). Tłumaczą, co dla ruchu oznacza fakt większego lub mniejszego nachylenia prostej do osi odciętych (najpierw tłumaczą to przez wolniejsze lub szybsze narastanie przebytej drogi, potem przez wykazanie graficzne różnic prędkości).

Podajemy uczniom kolejno kilka przykładów ruchu zmiennego (przez podanie długości dróg przebywanych w równych okresach czasu — w jednym przypadku w jednostkach czasu) i polecamy im przedstawić graficznie zależność całkowitej przebytej drogi od czasu. Uczniowie winni sami wytłumaczyć (na podstawie poglądu), dlaczego ze zmienności ruchu wynika, iż linja otrzymana musi być krzywa. Zapytujemy, czy możemy tutaj — jak to czyniliśmy przy graficznym przedstawianiu ruchu jednostajnego — wyznaczyć rysunkiem prędkość ruchu? Dlaczego nie? Co oznaczałby tak samo wyznaczony odcinek, który przy graficznym przedstawieniu ruchu jednostajnego oznaczał prędkość?

Przechodzimy teraz do właściwego celu, dla którego przypominaliśmy uczniom zależności i ich graficzne przedstawienia, a mianowicie do graficznego przedstawiania zależności prędkości od czasu. Będziemy to robili z reguły na konkretnych przykładach różnych ruchów — przestrzegając przy tem następującego sposobu postępowania. Zaczynamy zawsze od narysowania prostej, będącej torem poruszającego się ciała, i od zaznaczenia na niej punktu (t. j. położenia ciała), od którego począwszy zaczynamy ruch obserwować („punkt początkowy“). Następnie podajemy te dane o ruchu, które chcemy podać, i które mają stanowić podstawę do graficznego przedstawienia zależności prędkości od czasu. Z kolei rysujemy układ współrzędnych i na jego osiach zaznaczamy odcinki, mające uzmysławiać jednostki czasu i prędkości. W dalszym ciągu wykonujemy równocześnie dwa rysunki: zaczynamy zawsze od uzmysłowienia odpowiedniej fazy ruchu ciała na torze (zaznaczamy drogę, przebytą przez ciało w ciągu rozważanego w danej chwili okresu czasu, a więc zarazem położenie ciała na początku i końcu tego okresu, oraz podpisujemy pod temi punktami (położeniami ciała) liczbowe wartości prędkości, jaką ciało w tych położeniach posiada); dopiero potem uzmysławiamy te prędkości na układzie współrzędnych — i tak naprzemiennie.

Dlatego nie poprzestajemy na rysowaniu samego diagramu, lecz równocześnie staramy się uzmysłowić uczniom ruch ciała na torze,

i — przed wrysowaniem każdej danej w diagram — unaocznąć, co się równocześnie dzieje z ciałem i co oznacza ta dana na torze, aby uczniowie mieli ciągle przed oczyma przebieg ruchu i nie zapominali o nim przy rysowaniu diagramu, lecz zawsze uprzytamniaли sobie plastycznie znaczenie różnych składników diagramu dla ruchu. Idzie także o to, by uczniowie, odmierzając na diagramie równe odcinki, przedstawiające równe okresy czasu, nie zapominali, że nie są to drogi przebywane przez ciało; zapobieżę temu równoczesne zaznaczanie na torze dróg przebytych, które np. przy ruchu zmiennym będą nierówne. Musimy też baczyć, by uczniowie zdawali sobie jasno sprawę, iż — przy rysowaniu diagramu — *uzmysławiają tylko* na mocy umowy okresy czasu oraz prędkości, przyjmując jakiś *dowolny* odcinek za *obraz* jednostki czasu, jakiś zaś (taki sam lub inny również dowolny) odcinek za *obraz* jednostki prędkości. Idzie o to, by uczniowie rozumieli, że to, co odmierzają na osiach, nie ma nic wspólnego z drogami przebywanymi przez ciało, że odmierzamy tam obrazy, symbole, czasów i prędkości, żeby nie myśleli np., że — gdy prędkość jest w danym przykładzie wyrażona w $\frac{cm}{sek}$ — musi się na osi rzędnych odmierzać centymetry i t. p.

Zaczynamy od graficznego przedstawiania zależności prędkości od czasu przy ruchu jednostajnym. Podajemy uczniom prędkość ciała, poruszającego się ruchem jednostajnym, np. $6 \frac{cm}{sek}$, i kažemy im przedstawić graficznie zależność prędkości od czasu. Powinni sami określić, jaką linię otrzymali (prosta równoległa do osi odciętych, odległa od niej o $6 cm$) i dlaczego (stałość prędkości ruchu jednostajnego). Dajemy z kolei do przerobienia w ten sam sposób kilka innych konkretnych przykładów ruchu jednostajnego (z tych parę umyślnie na tym samym diagramie), a następnie kažemy to samo zagadnienie rozwiązać ogólnie (ciało porusza się ruchem jednostajnym z prędkością $v \frac{cm}{sek}$; przedstawić graficznie zależność prędkości od czasu). Wyko-

nawszy rysunek, uczniowie powinni sformułować ogólne prawo. Zapytujemy z kolei: jakie znaczenie ma równoległość prostej do osi odciętych, co wyobraża odległość jej od tej osi, czy spoczynek możemy uważać za szczególny przypadek ruchu i jakiego oraz jak w tym wypadku wygląda graficzne przedstawienie zależności prędkości od czasu.

Z kolei pobudzamy uczniów do odgadnięcia, jak będzie wyglądało graficzne przedstawienie zależności prędkości od czasu przy ruchu zmiennym (jakakolwiek linia krzywa, lub prosta nierównoległa do osi odciętych) i dlaczego. Kažemy im rysować (ogólnie), jak będzie wy-

glądało to graficzne przedstawienie dla ruchu coraz szybszego (prosta lub krzywa wznosząca się), a jak dla ruchu coraz wolniejszego (prosta lub krzywa opadająca). Na diagramie kažemy pokazywać (rysunkiem) prędkości, które ciało posiada w różnych momentach.

Dajemy teraz uczniom zasadniczy problem do rozwiązania. Rysujemy układ współrzędnych. Na jego osiach obieramy odcinki, mające uzmysławiać: jednostkę czasu (na osi odciętych) i jednostkę prędkości (na osi rzędnych). Rysujemy linię prostą, przecinającą oś rzędnych w punkcie np. $v = 3$ i wznoszącą się niezbyt stromo (pod kątem od 20° do 30°). Mówimy uczniom, iż prosta ta ma uzmysławiać zależność prędkości ciała poruszającego się od czasu i zapytujemy ich najpierw, jakim ruchem porusza się ciało, następnie zaś czy prędkość ciała rośnie, czy maleje. Gdy na te pytania odpowiedzą, zadajemy im najważniejsze pytanie: czy z faktu, iż graficzne przedstawienie tej zależności jest linią prostą, nie można wywnioskować czegoś o sposobie (o szybkości) zmieniania się prędkości ciała. Uczniowie powinni na to pytanie samodzielnie odpowiedzieć. Jeśli nie, to naprowadzamy ich, każąc na osi odciętych obrać kilka odcinków, uzmysławiających równe, po sobie następujące, okresy czasu, następnie znaleźć rysunkiem zmiany, jakim w tych okresach ulega prędkość ciała i zmiany te ze sobą porównać. Gdy stwierdzą, że są równe, zapytujemy, skąd ta równość wynika (z faktu, iż linia jest prosta) i czy, gdyby linia była krzywa, prędkość mogłaby zmieniać się w ten sam sposób (pomocniczy rysunek).

Obecnie uczniowie powinni sformułować odpowiedź na postawione im pytanie (przy ruchu, o którym mowa, prędkość w równych okresach czasu ulega równym zmianom). Powinni również — na nasze pytanie — dać odpowiedź, iż dzieje się tak przy każdym ruchu zmiennym, przy którym zależność prędkości od czasu uzmysławia się linią prostą. Dla osiągnięcia pełnej jasności kažemy im to sprawdzić na kilku jeszcze graficznych przedstawieniach — wśród nich i na takich, które obrazują zmniejszanie się prędkości. Po każdym sprawdzeniu powinni to prawo sformułować.

Z kolei rysujemy (bez danych liczbowych) kilka przedstawień graficznych zależności prędkości od czasu, będących liniami krzywymi (wznoszącymi się, opadającymi). Zadajemy pytanie, czy przy tych ruchach także prędkość ciała ulega w równych okresach czasu jednakowym zmianom. Na rysunkach wykazują uczniowie, że nie. Formułują twierdzenie, iż przy każdym ruchu zmiennym, przy którym zależność prędkości od czasu uzmysławia się linią krzywą, prędkość w równych okresach czasu ulega niejednakowym zmianom.

Teraz już nietrudno będzie doprowadzić uczniów do przeprowadzenia samodzielnego i z pełnym zrozumieniem *podziału ruchów zmien-*

nych na jednostajnie zmienne i niejednostajnie zmienne. Możemy — jeśli okaże się potrzeba takiego ułatwienia — zacząć od przeprowadzenia podziału ruchów zmiennych na takie, przy których zależność prędkości od czasu przedstawia się linią prostą, i na takie, przy których przedstawia się linią krzywą (uczniowie zrozumieją, że trzecia możliwość nie istnieje). Stąd już — na podstawie poprzedniego — przejdą łatwo do właściwej definicji podziału ruchów zmiennych na takie, przy których prędkość ulega w równych okresach czasu równym zmianom (ruchy jednostajnie zmienne), i na takie, przy których prędkość ulega w równych okresach czasu nierównym zmianom (ruchy niejednostajnie zmienne). Każemy uczniom wytłumaczyć, co znaczy w tych nazwach wyraz „jednostajnie“ (prędkość zmienia się jednostajnie lub niejednostajnie).

Każemy uczniom dawać (liczbowe) przykłady ruchów jednostajnie zmiennych (t. j. podawać za każdym razem szereg prędkości, jakie ciało posiada w równych odstępach czasu; rozmyślnie tylko w jednym lub paru z tych przykładów jako ów odstęp czasu bierzemy jednostkę czasu). Następnie polecamy im przedstawić graficznie — w każdym z tych wypadków — zależność prędkości ciała od czasu. Wśród podawanych przykładów powinny się znaleźć zarówno takie ruchy, przy których prędkość ciała rośnie, jak i takie, przy których maleje. Na tle tych przykładów przeprowadzamy podział ruchów zmiennych na *przyspieszone i opóźnione*, a w szczególności podział ruchów jednostajnie zmiennych na jednostajnie przyspieszone i jednostajnie opóźnione.

Podajemy uczniom (w taki sam sposób) szereg przykładów ruchu niejednostajnie zmiennego. Dlatego sami podajemy liczby, aby osiągnąć różne pożądane kształty krzywych; jeden lub dwa przykłady możemy kazać uczniom obmyśleć. Polecamy im przedstawić graficznie — w każdym z tych wypadków — zależność prędkości od czasu. Na tle tych przykładów uzmysławiamy uczniom podział ruchów niejednostajnie zmiennych na niejednostajnie przyspieszone i niejednostajnie opóźnione.

Obecnie możemy już przystąpić do wprowadzenia pojęcia *przyspieszenia* przy ruchu jednostajnie zmiennym. Podajemy uczniom kilka (3) przykładów ruchu *jednostajnie* zmiennego (przez podanie *prędkości początkowej*, t. j. prędkości, którą ciało posiada w chwili, gdy zaczynamy obserwować jego ruch, oraz tych prędkości, które posiada po upływie jednej, dwóch, trzech i t. d. jednostek czasu). Rozmyślnie, uświadamiając to uczniom, przyjmujemy dla wszystkich ruchów jednakową prędkość początkową, oraz bierzemy — na razie — tylko ruchy przyspieszone. Zapytujemy, czy istotnie podane ruchy są jednostajnie zmienne i dlaczego. Polecamy uczniom przedstawić gra-

ficznie zależność prędkości każdego z tych ruchów od czasu — wszystko na jednym układzie współrzędnych. Nim przystąpią do rysunku, powinni stwierdzić, że wszystkie przedstawienia graficzne będą liniami prostymi; po narysowaniu każdego z graficznych przedstawień powinni wytłumaczyć, jakiej właściwości ruchu (jakemu sposobowi zmieniania się prędkości) odpowiada *prosty* kształt linii.

Zadajemy teraz uczniom pytanie, czym różnią się między sobą powyższe ruchy i czym się ta różnica objawia w nakreślonych diagramach. Uczniowie niewątpliwie różnicę tę — nawet bez naprowadzania przez nas — dostrzegą. Przy ewentualnej naszej pomocy formułują ją w następujący sposób. Różne ruchy jednostajnie zmienne różnią się między sobą wielkością zmiany, jakiej ulega ich prędkość w ciągu jednostki czasu. Tu trzeba oczywiście zapytać uczniów, czy dla danego ruchu taka zmiana prędkości w ciągu jednostki czasu istnieje tylko jedna, czy więcej; odpowiedź trzeba kazać umotywować — zarówno na podstawie określenia ruchu jednostajnie zmiennego, jak na podstawie diagramu. Teraz już łatwo będzie uświadomić uczniom, że dla każdego ruchu jednostajnie zmiennego istnieje jedna — przez cały czas ruchu nie zmieniająca się, stała — wielkość, która odróżnia ten ruch od innych ruchów jednostajnie zmiennych, a mianowicie „*zmiana, jakiej prędkość ruchu ulega w ciągu jednostki czasu*“. Na oznaczenie tej wielkości wprowadzamy nazwę „*przyspieszenie*“. Żądamy wysłowienia definicji przyspieszenia. Żądamy krótkiego wysłowienia, czym się różnią między sobą różne ruchy jednostajnie zmienne.

Wracając do rozważanego przykładu kilku ruchów jednostajnie zmiennych, zapytujemy uczniów, czyby nie potrafili inaczej — niż to w tej chwili uczynili — określić, czym się te ruchy między sobą różnią. Na podstawie diagramu zdołamy ich naprowadzić na odpowiedź, iż różnią się między sobą szybkością, z jaką zmienia się (rośnie) prędkość ciała. Czy ta szybkość ma jaki związek z „przyspieszeniem“ ruchu? (przyspieszenie jest jej miarą). Ze względów dydaktycznych jest nieraz korzystnie — obok właściwej definicji przyspieszenia — używać określenia: „*szybkość, z jaką zmienia się prędkość ciała*“, a nawet wyrażenia tego używać zamiast nazwy „przyspieszenie“.

Na zapytanie, czym się różnica rozważanych jako przykład ruchów zaznacza w ich diagramach, uczniowie wskażą niewątpliwie na mniejszą lub większą „stromość“ linii. Zapytujemy, jaki związek ma ta stromość z przyspieszeniem ruchu i dlaczego.

Podajemy uczniom kilka przykładów (liczbowych) ruchu jednostajnie opóźnionego o tej samej prędkości początkowej i polecamy im — na jednym układzie współrzędnych — przedstawić graficznie zależ-

ność prędkości każdego z poruszających się ciał od czasu. Zapytujemy, czym się różnią te poszczególne ruchy między sobą i czym się ta różnica objawia w diagramach. Tą samą — co poprzednio — drogą doprowadzamy uczniów do pojęcia „opóźnienia“, zamiast którego wprowadzamy „przyspieszenie“ ujemne.

Przypomniawszy uczniom, że wprowadziliśmy pojęcie przyspieszenia wyrażnie tylko dla ruchów *jednostajnie* zmiennych, i że przy każdym ruchu jednostajnie zmiennym ciało posiada przez cały czas ruchu jedno, stałe, przyspieszenie, zapytujemy ich, czy to nasze pojęcie przyspieszenia moglibyśmy zastosować do ruchu niejednostajnie zmiennego. Aby im ułatwić odpowiedź na to pytanie, kažemy im podać definicję ruchu niejednostajnie zmiennego i zapytujemy, jaki z tej definicji dałoby się wyprowadzić wniosek o przyspieszeniu przy ruchu niejednostajnie zmiennym, gdybyśmy dla takiego ruchu chcieli utrzymać to pojęcie przyspieszenia. Uczniów niewątpliwie da się doprowadzić do stwierdzenia, że w każdej jednostce czasu ciało miałoby inne przyspieszenie.

Teraz podajemy im przykład liczbowy ruchu niejednostajnie zmiennego i kažemy przedstawić graficznie zależność prędkości od czasu. Na tym diagramie raz jeszcze stwierdzają uczniowie wynik, do którego doszli właśnie na podstawie definicji ruchu niejednostajnie zmiennego i przyspieszenia. Wywoławszy w nich następnie przypomnienie, iż — przy ruchu jednostajnie zmiennym — przyspieszenie było miarą szybkości, z jaką się zmienia prędkość ciała, zapytujemy uczniów, czy i przy ruchu niejednostajnie zmiennym byłoby ono także taką miarą szybkości zmieniania się prędkości. Na podstawie diagramu będzie można doprowadzić uczniów do zrozumienia, że nie, gdyż prędkość ciała nawet w obrębie jednej jednostki czasu nie zmienia się wciąż jednakowo, tylko coraz z inną szybkością (stromość linii diagramu wciąż inna). To nam wystarczy do stwierdzenia, że naszego określenia przyspieszenia możemy używać tylko przy ruchu jednostajnie zmiennym, że przy ruchu niejednostajnie zmiennym trzeba by przyspieszenie określić inaczej, tak, aby było istotnie miarą szybkości, z jaką zmienia się przy takim ruchu prędkość ciała, a więc aby było w każdym momencie inne. Uświadomiwszy uczniom w ten sposób lepiej, co to jest ruch niejednostajnie zmienny, i wielką zawilłość tego ruchu (nie tylko prędkość, ale i przyspieszenie nieustannie się zmienia) zapowiadamy, iż takimi ruchami nie będziemy się wcale zajmowali.

Na zakończenie musimy wprowadzić jednostkę do mierzenia przyspieszenia (przy ruchu jednostajnie zmiennym). Zaczynamy od uświadomienia uczniom, że przyspieszenie jest wielkością zupełnie

różną od poznanych dotąd, że w szczególności jest zupełnie różne od prędkości, że pojęcie to jest zbudowane (złożone) z pojęcia prędkości i pojęcia czasu. Przypominamy, że każda wielkość może być mierzona tylko wielkością tego samego rodzaju, obraną za jednostkę (przykłady). A więc i przyspieszenie nie może być mierzone np. prędkością (jednostką obraną do mierzenia prędkości), lecz tylko jakimś przyspieszeniem obranym przez nas za jednostkę.

Zaznaczając, iż możemy dowolne przyspieszenie wybrać za jednostkę do mierzenia przyspieszeń, zwracamy uwagę, iż praktycznym będzie związać tę nową jednostkę w sposób prosty z jednostkami już wprowadzonymi. Każemy uczniom podać definicję przyspieszenia, a następnie zapytujemy ich, kiedy — na podstawie tej definicji — przyspieszenie będzie równe jednostce (gdy w jednostce czasu prędkość ciała zmienia się o jednostkę prędkości). Wyjaśniamy uczniom, że, obierając różne jednostki czasu i prędkości, możemy na tej podstawie zbudować sobie różne — odpowiadające im — jednostki przyspieszenia.

Biorąc naukowe jednostki czasu (sek.) i prędkości ($\frac{cm}{sek}$), wprowadzamy naukową jednostkę przyspieszenia (za naukową jednostkę przyspieszenia obieramy przyspieszenie ciała, którego prędkość w ciągu każdej sekundy zmienia się o jeden centymetr na sekundę). Określenie to budują sami uczniowie.

Dla doprowadzenia uczniów do dobrego zrozumienia tej jednostki przerabiamy z nimi kilka przykładów.

Przedewszystkiem kažemy im podać przykład ruchu jednostajnie zmiennego o przyspieszeniu równym naukowej jednostce przyspieszenia (przez podanie prędkości, jaką ciało posiada co sekundę) i przedstawić graficznie zależność prędkości od czasu.

Następnie kažemy podać przykład ruchu jednostajnie zmiennego o przyspieszeniu wynoszącym 5 jednostek naukowych, a więc 5 razy większym od poprzedniego, czyli inaczej takiego ruchu, którego prędkość zmienia się (rośnie) 5 razy szybciej (tych różnych sposobów wyrażania się używamy celowo równolegle). Uczniowie przedstawiają graficznie zależność prędkości od czasu.

Z kolei podają uczniowie przykład ruchu jednostajnie zmiennego o przyspieszeniu wynoszącym — 3 jednostki naukowe (opóźnienie) i przedstawiają graficznie zależność prędkości od czasu.

Przy wszystkich tych przykładach pilnujemy starannie sposobu wyrażania się uczniów. Idzie o to, by wyraźnie mówili — np. w drugim z tych przykładów — iż prędkość ciała w ciągu jednej *sekundy* zmienia się o 5 *centymetrów na sekundę*. Muszą zrozumieć, że — skoro

prędkość wyraża się w $\frac{cm}{sek}$ — i zmiana prędkości może się wyrażać także tylko w $\frac{cm}{sek}$ (podobnie jak zmiana długości w cm , zmiana czasu w sek); muszą widzieć jasno, że pojęcie czasu (sekunda) występuje tu dwukrotnie i muszą rozumieć dlaczego.

Teraz uświadamiamy uczniom, iż tej nowej jednostce przyspieszenia musimy nadać jakąś nazwę, oraz wprowadzić jakiś znak na oznaczanie jej w piśmie. Załatwimy to krótko, podając im do wiadomości nazwę i znak przyjęte w nauce: centymetr na kwadrat sekundy, $\frac{cm}{sek^2}$. Należy na tym stopniu stanowczo unikać wszelkich usiłowań tłumaczenia uczniom znaczenia tego rodzaju symbolów, jako symbolów, podających „wymiar” wielkości, oraz przedstawiania im ich jako wyniku działań na symbolach prostszych (np.: $\frac{cm}{sek^2} = \frac{cm}{sek} : sek$).

Trzeba im wyraźnie powiedzieć, że na oznaczenie jednostki przyspieszenia — zamiast wymyślenia jakiejś specjalnej nazwy, umyślnie na ten cel utworzonego nowego wyrazu, i zamiast wymyślenia jakiegoś nowego znaku — wprowadzono nazwę centymetr na kwadrat sekundy i znak $\frac{cm}{sek^2}$, że jednak należy tę nazwę i ten znak uważać jakby wyraz nowy i znak nowy, nie mający nic wspólnego z centymetrem lub sekundą. Należy wyraźnie uczniom powiedzieć, że symbol $\frac{cm}{sek^2}$ jest znakiem, stanowiącym nierozdzielalną całość, nie dającym się dzielić na części składowe, że — mimo wyglądu zewnętrznego — znak ten nie ma nic wspólnego z ułamkiem, lub dzieleniem. Można dodać krótkie wytłumaczenie korzyści, jaką przynosi wprowadzenie takiej właśnie nazwy i symbolu, które swą formą przypominają określenie jednostki przyspieszenia (prędkość ciała zmienia się o $1 \frac{cm}{sek}$ w ciągu każdej sek — sekunda występuje dwa razy).

Aby w dalszym ciągu zrozumienie nowej jednostki wzmacniać, polecamy uczniom przerobić jeszcze parę przykładów. Podajemy im przykład ruchu jednostajnie zmiennego, podając prędkość początkową ciała (np. $30 \frac{cm}{sek}$) oraz prędkości, które osiąga na końcu każdego czterosekundowego okresu (np. $38 \frac{cm}{sek}$, $46 \frac{cm}{sek}$, $54 \frac{cm}{sek}$, ...) — i każemy wyznaczyć przyspieszenie. Takich przykładów przerabiamy

kilka, z zakresu ruchów jednostajnie przyspieszonych i jednostajnie opóźnionych, używając różnych liczb — także ułamkowych.

Przerabiamy jeszcze kilka przykładów innego typu: podajemy prędkość początkową i przyspieszenie ruchu, a każemy obliczyć prędkości ciała po upływie pojedynczych sekund.

Przy tych wszystkich przykładach czuwamy, aby uczniowie dokładnie i poprawnie się wyrażali, tłumacząc krok za krokiem całe rozumowanie. Idzie o to między innymi, aby wielokrotnie musieli powtarzać wyrażenie: „prędkość ciała zmienia się na sekundę o... centymetrów na sekundę”, albo: „szybkość, z jaką prędkość ciała się zmienia, wynosi na sekundę... centymetrów na sekundę” i t.p. Idzie też o to, aby nigdy przyspieszenia nie wyrazili w $\frac{cm}{sek}$. Każdą uchybioną przez ucznia pomyłkę należy wykorzystać w celu podkreślenia błędu i wyjaśnienia.

Należy wreszcie uświadomić uczniom, że — opierając się na innych jednostkach czasu i prędkości — możemy na podstawie definicji przyspieszenia zbudować sobie inne jednostki przyspieszenia. Zapoznajemy uczniów tylko z jedną z takich jednostek: z metrem na kwadrat sekundy ($\frac{m}{sek^2}$). Robimy to w ten sam sposób, jak przy $\frac{cm}{sek^2}$, tylko krócej.

Uczymy wzajemnej zamiany tych dwóch jednostek. Czynimy to w formie zadania uczniom do rozwiązania problemu: ciało ma przyspieszenie $1 \frac{m}{sek^2}$; ile $\frac{cm}{sek^2}$ wynosi jego przyspieszenie?

Podkreślamy raz jeszcze, że $\frac{cm}{sek^2}$ jest jednostką przyspieszenia naukową; $\frac{m}{sek^2}$ i inne mają charakter pomocniczy, praktyczny. Zapytujemy uczniów, czy jednostka przyspieszenia $\frac{cm}{sek^2}$ jest jednostką zasadniczą, czy pochodną. Każemy uczniom uczynić przegląd wprowadzonych dotąd jednostek naukowych z podziałem na zasadnicze i pochodne i z podaniem — obok nich — także jednostek praktycznych.

Każemy uczniom powtórzyć dokonany dotąd podział ruchów (prostoliniowych) oraz sformułować — w sposób dotychczasowy — określenia poszczególnych rodzajów tych ruchów. Następnie każemy im sformułować określenia poszczególnych rodzajów ruchów wyłącznie przy pomocy pojęcia prędkości (prędkość stała — zmienna; prędkość zmieniająca się jednostajnie — niejednostajnie). Nakoniec polecamy raz

jeszcze określić poszczególne rodzaje ruchów wyłącznie przy pomocy pojęcia przyspieszenia (przyspieszenie równe zeru — różne od zera; przyspieszenie stałe — zmienne).

Równania ruchu jednostajnie zmiennego.

Przystąpimy teraz do wyprowadzenia równań ruchu jednostajnie zmiennego. Czynimy to — jak to winno być w takich sprawach regułą — w formie postawienia i pełnego uświadomienia uczniom problemu, który winni rozwiązać sami, lub przy naszej pomocy.

Nim przystąpimy do postawienia problemu, staramy się przygotować uczniów do pełnego zrozumienia go przez podanie im analogii z zakresu ruchu jednostajnego.

Kreślimy prostą, po której porusza się ciało (tor ciała). Wybieramy na niej jakiś punkt i oznajmiamy uczniom, że zaczniemy się interesować ruchem ciała dopiero od chwili, w której ono dojdzie do tego punktu. Podajemy uczniom o ruchu tego ciała dwie dane: a) że jest jednostajny, b) że odbywa się z prędkością np. $15 \frac{cm}{sek}$. Zapytujemy uczniów, czy, podając prędkość ruchu jednostajnego, określamy przez to ten ruch w zupełności, t. j. czy będziemy mogli odpowiedzieć na każde pytanie tego ruchu dotyczące. Zapytujemy, o jakie rzeczy można przy ruchu pytać i pomagamy uczniom do sformułowania tych możliwych pytań (o prędkość, jaką ciało posiada w dowolnej chwili, o długość drogi przebytej — od danego punktu początkowego — w dowolnym czasie, albo — innymi słowy — o położenie, jakie ciało po upływie tego czasu zajmie). Uczniowie podają następnie szczegółowe (liczbowe) przykłady takich pytań i usiłują na nie odpowiedzieć; przekonują się, że znajomość prędkości ruchu najzupełniej do tego wystarcza. Formułują wniosek: ruch jednostajny jest zupełnie określony, gdy dana jest prędkość tego ruchu.

Zapytujemy teraz, czy przy ruchu jednostajnie zmiennym można podać (liczbowo) jakąś *jedną* daną (podobnie, jak przy ruchu jednostajnym), któraby ten ruch zupełnie określała — tak abyśmy mogli odpowiedzieć na wszelkie pytania, ruchu tego dotyczące (te same pytania, które powyżej zadawaliśmy w stosunku do ruchu jednostajnego: o prędkość ciała w dowolnej chwili, o całkowitą drogę przebytą przez nie w dowolnym czasie, czyli o jego położenie w każdej chwili). Uczniowie — kierowani w razie potrzeby dodatkowymi pytaniami — domyślą się, nietylko, że takiej *jednej* danej nie ma, że jedna dana nie wystarczy, ale zaryzykują przypuszczenie, że do tego celu trzeba

dwóch danych: prędkości początkowej i przyspieszenia. Jeśli by nie dało się na to przypuszczenie ich naprowadzić, sami je stawiamy. Następnie potwierdzamy to przypuszczenie i oznajmiamy uczniom, że za chwilę przekonają się o jego prawdziwości, że przekonają się, iż — mając daną prędkość początkową i przyspieszenie ruchu jednostajnie zmiennego — możemy odpowiedzieć na wszelkie pytania, dotyczące tego ruchu (o prędkość i położenie ciała w każdym momencie, czyli o prędkość, jaką ciało posiada w dowolnym momencie, i o całkowitą drogę, którą przebędzie w dowolnym czasie).

Teraz dopiero przystępujemy do postawienia uczniom problemu, którego rozwiązanie ma dać wzory ruchu jednostajnie zmiennego. Rysujemy prostą, po której ciało się porusza (tor ciała). Zaznaczamy na niej jakiś punkt i oznajmiamy uczniom, iż zaczniemy interesować się ruchem dopiero od tego momentu, w którym poruszające się ciało dojdzie do tego punktu („punkt początkowy“). Podajemy uczniom o ruchu ciała trzy dane: 1) że jest jednostajnie zmienny, 2) że mijając punkt początkowy ciało posiadało „prędkość początkową“, wynoszącą v_0 jednostek prędkości (a więc $v_0 \frac{cm}{sek}$, $v_0 \frac{m}{sek}$ lub t. p.), 3) że ciało porusza się z przyspieszeniem (stałym, jednakowym przez cały czas ruchu, gdyż ruch jest *jednostajnie* zmienny), wynoszącym γ jednostek przyspieszenia (a więc $\gamma \frac{cm}{sek^2}$, $\gamma \frac{m}{sek^2}$ lub t. p.). Tłumaczymy uczniom, że zarówno v_0 , jak γ , przedstawiają nam jakieś zupełnie dowolne liczby i wyjaśniamy, dlaczego nie użyliśmy pewnych określonych liczb szczegółowych, lecz liczb ogólnych. Powyższe trzy dane wypisujemy systematycznie na tablicy. Stawiamy uczniom problem: obliczyć, jaką drogę przebędzie ciało (od „punktu początkowego“ licząc) w pewnym dowolnie przez nas wybranym czasie i jaką prędkość będzie posiadało po upływie tego czasu. Uświadamiemy uczniom, że — chcąc przystąpić do rozwiązania problemu — należy go postawić w następujący sposób. Obieramy pewien dowolny okres czasu, wynoszący t jednostek czasu (np. $t \text{ sek}$, $t \text{ min}$, lub t. p.); uważamy liczbę t za liczbę daną i wypisujemy ją na tablicy obok poprzednich danych, jako czwartą. Zapytujemy: 1) jaką długą drogę (ile jednostek długości) — od „punktu początkowego“ licząc — przebędzie ciało w ciągu owych t jednostek czasu; tę *nieznaną nam* ilość jednostek długości oznaczamy literą s (nieznana droga, którą ciało przebędzie, wynosi zatem $s \text{ cm}$, $s \text{ m}$, lub t. p., gdzie s jest liczbą nieznaną); 2) jaką wielką prędkość uzyska ciało po upływie tego czasu (na końcu tej drogi), t. j. ile jednostek prędkości ówczesna jego prędkość będzie wynosiła; tę *nieznaną* ilość jednostek prędkości oznaczamy

literą v (nieznana prędkość, którą ciało uzyska, wynosi więc $v \frac{cm}{sek}$, $v \frac{m}{sek}$, lub t. p., gdzie v jest liczbą nieznana). Te dwie wielkości nieznane: s i v wypisujemy osobno na tablicy, jako wielkości szukane ($s = ?$, $v = ?$). Na torze ciała zaznaczamy drogę s , pod jej punktami końcowymi wypisujemy prędkości v_0 i v . Wyjaśniamy uczniom, że — ponieważ dane problemu (v_0 , γ) są podane nie w liczbach szczegółowych, lecz ogólnych — przeto i wielkości nieznanych nie potrafimy wyznaczyć w liczbach szczegółowych. Wyznaczenie szukanych wielkości s , v będzie polegało na wyrażeniu ich przez wielkości znane: v_0 , γ , t ; podobnie jak przy ruchu jednostajnym wyznaczenie nieznanej drogi s polegało na wyrażeniu jej przez wielkości uważane za znane: v , t ($s = v \cdot t$). Powołując się na ten przykład ruchu jednostajnego zapytujemy uczniów, jaką korzyść odniesiemy z takiego postawienia naszego obecnego problemu w liczbach ogólnych, a nie w szczegółowych (na przykładzie).

Zaczynamy od wyznaczenia prędkości v . Każemy uczniom najpierw powtórzyć sformułowanie tej części problemu, która dotyczy prędkości. Rozwiązują go, t. j. wyprowadzają wzór $v = v_0 + \gamma t$, sami uczniowie, wychodząc z definicji przyspieszenia i przeprowadzając wnioskowanie. Pilnujemy przy tem, aby uczniowie przy każdym kroku czynionym w rozumowaniu zawsze stwierdzali wyraźnie, na której z danych problemu się opierają. W szczególności ważne jest, aby, stosując w rozumowaniu proporcjonalność przyrostów prędkości do czasu, zdali sobie jasno sprawę, iż wolno im stosować prawo proporcjonalności tylko dzięki pierwszej danej problemu, mówiącej, iż ruch jest *jednostajnie* zmienny (dlaczego?). Ważnem jest również, by zdali sobie sprawę, iż przy przeprowadzeniu całego rozumowania, doprowadzającego do wzoru na prędkość, skorzystali ze *wszystkich* danych problemu, wyczerpali je w zupełności. Winni sobie uświadomić, że dane te nie tylko były *wystarczające* do obliczenia prędkości (gdyż prędkość dała się na ich podstawie obliczyć), ale że wszystkie one były do obliczenia prędkości *konieczne*. Zapytujemy na koniec, czy istotnie v jest wyznaczone wyprowadzonym wzorem i dlaczego.

Najlepiej, jeżeli uczniowie wyprowadzą wzór na prędkość całkiem ogólnie, t. j. nie posługując się pewnym określonym kompleksem jednostek. Powinni więc rozumować w następujący sposób: prędkość ciała w ciągu każdej jednostki czasu zmienia się o γ jednostek prędkości, więc w ciągu t jednostek czasu zmieni się o γt jednostek prędkości i t. d. Jeśli byśmy sądzili, że takie ogólne traktowanie problemu utrudni uczniom osiągnięcie pełnej jasności istoty rozumowania, możemy je przeprowadzić,

posługując się jednostkami naukowymi $\left(cm, sek, \frac{cm}{sek}, \frac{cm}{sek^2} \right)$, a — po wyprowadzeniu wzoru — kazać uczniom wyprowadzić go powtórnie przy użyciu innych jednostek $\left(np. m, sek, \frac{m}{sek}, \frac{m}{sek^2} \right)$ i w ten sposób doprowadzić ich do przekonania, że wzór jest ogólny. Jakakolwiek drogę obierzemy, trzeba uświadomić uczniom ostatecznie, że — przy stosowaniu wzoru — można posługiwać się dowolnymi jednostkami, byle odpowiadającymi sobie (uczniowie dają przykłady układów odpowiadających sobie jednostek).

Przechodząc do rozwiązania drugiej części problemu, t. j. do wyznaczenia drogi odbytej przez ciało, polecamy uczniom przede wszystkim ponownie sformułować tę część problemu. Następnie oświadczamy im całkiem wyraźnie, iż nie potrafimy problemu tego rozwiązać, gdyż brak im potrzebnych do tego wiadomości matematycznych; że wobec tego musimy się posłużyć rozumowaniem, które da wynik dobry, choć nie będzie rozumowaniem ścisłym, lecz polegać będzie na porównaniu naszego problemu z innym, trochę podobnym, ale znacznie łatwiejszym.

Zadajmy uczniom następujące zagadnienie. Ktoś składa przez 7 dni codziennie po pięć złotych; jaką ilość złotych zbierze? Uczniowie winni dać odpowiedź w formie: zebrana ilość złotych: $k = 5 \times 7$. Tłumaczymy uczniom, iż zachodzi pewne podobieństwo między tem zagadnieniem, a zagadnieniem drogi przebytej przez ciało, poruszające się ruchem jednostajnym. Zachodzi analogia między prędkością ruchu, a kwotą codziennie składaną, która jest niejako prędkością składania pieniędzy. Czas składania pieniędzy (7 dni) jest analogiczny do czasu trwania ruchu. Całkowita zebrana kwota (ilość złotych) jest analogiczna do całkowitej odbytej drogi. I sposób obliczenia tej kwoty jest analogiczny do sposobu obliczenia drogi: $s = v \cdot t$ ($k = 5 \times 7$).

Przechodząc do ruchu jednostajnie zmiennego, zadajemy uczniom zagadnienie następujące. Ktoś składa pieniądze przez 7 dni, ale tempo składania nie jest jednostajne, lecz przyspieszone. W pierwszym dniu składa kwotę 5 zł, a każdego następnego dnia o 3 złote więcej, niż dnia poprzedniego (tempo składania przyspiesza się w sposób *jednostajny*). Jaką ilość złotych złoży przez 7 dni?

Polecamy najpierw uczniom przeprowadzić porównanie tego zagadnienia z zagadnieniem ruchu jednostajnie zmiennego, a w szczególności powiedzieć, jakie wielkości w naszym zagadnieniu odpowiadają jakim wielkościom przy ruchu jednostajnie zmiennym.

Zapytujemy z kolei, czy — jeśli idzie o całkowitą kwotę złożoną przez 7 dni — wynik składania nie byłby ten sam, gdyby ów czło-

wiek — zamiast składać pieniądze niejako „ruchem jednostajnie przyspieszonym“ — był je składał „ruchem jednostajnym“, t. j. po jednokowej kwocie dziennie; i ile dziennie musiałby składać, aby wynik składania był ten sam?

Możliwe jest, że uczniowie — zwłaszcza jeśli ich zwrócić dodatkowymi pytaniami i wyjaśnieniami naprowadzimy — wpadną na właściwy domysł. Jeśli nie, sami im nasuniemy domysł, że — zamiast zacząć od złożenia kwoty małej, a następnie codziennie kwotę składaną „jednostajnie“ powiększać — może osiągnęlibyśmy ten sam wynik, gdybyśmy składali codziennie kwotę jednakową, średnią między najmniejszą a największą z rzeczywiście złożonych, taką, jaką ów człowiek złożył istotnie w środkowym z owych siedmiu dni, t. j. w dniu czwartym. Oczywiście winniśmy uczniom jak najbardziej plastycznie wytłumaczyć, co nam taki pomysł nasuwa. Gdy uczniowie zrozumieli już pomysł i jego motywy, każemy im sprawdzić, czy jest on prawdziwy ($7 \times 14 = 5 + 8 + 11 + 14 + 17 + 20 + 23$).

Zadajemy uczniom cały szereg podobnych zagadnień (coraz inne liczby) i każemy na nich sprawdzić prawdziwość powyższego pomysłu, a następnie sformułować ogólne prawo (o wyniku składania pieniędzy tempem jednostajnie przyspieszonym). Następnie każemy im raz jeszcze przeprowadzić analogię między takim składaniem pieniędzy, a jednostajnie przyspieszonym ruchem ciała (która wielkość odpowiada której), i — opierając się na niej — sformułować dla obliczenia drogi przy ruchu jednostajnie przyspieszonym prawo analogiczne do prawa, jakie sformułowali dla obliczenia kwoty złożonej tempem jednostajnie przyspieszonym (droga przebyta w jakimś czasie ruchem jednostajnie przyspieszonym jest taka sama, jak droga, którąby ciało odbyło w tym samym czasie, gdyby poruszało się ruchem jednostajnym z taką prędkością, jaką przy ruchu jednostajnie przyspieszonym osiągnęło w środku uważanego okresu czasu).

Obecnie każemy uczniom raz jeszcze sformułować tę część naszego problemu, która dotyczy obliczenia drogi. Następnie każemy im podać plan rozumowania, zapomocą którego — opierając się na owym przez analogię sformułowaniem prawie — zdołają obliczyć drogę. Potem uczniowie przeprowadzają obliczenie: na podstawie już wyprowadzonego wzoru $v = v_0 + \gamma t$ obliczają prędkość, jaką ciało uzyska w środku okresu czasu, wynoszącego t jednostek czasu, t. j. po upływie $\frac{t}{2}$ jednostek czasu ($v_0 + \frac{\gamma t}{2}$), a następnie obliczają drogę, którą w ciągu t jednostek czasu przebyłoby ciało, poruszające się ruchem jednostajnym z prędkością $v_0 + \frac{\gamma t}{2}$. Wynikiem będzie wzór $s = v_0 t + \frac{\gamma t^2}{2}$. Zapy-

tujemy, czy wzór ten wyznacza nam istotnie szukaną drogę i dlaczego.

Nauczyciel może nie poprzestać na powyżej podanym sposobie wyprowadzenia wzoru na drogę (przez analogię do składania pieniędzy). Jeśli ma klasę zdolną, może uzmysłowić rzecz uczniom dodatkowo na diagramie, przedstawiającym graficznie zależność prędkości ciała od czasu w uważanym okresie czasu t . Powinno to jednak być tylko uzmysłowieniem; nie należy usiłować zamieniać tego w dowód — zbyt trudny. Spokojnie jednak można poprzestać na podanym sposobie wyprowadzenia wzoru. Uczniów on zadowolni, geneza wzoru będzie dla nich wystarczająco zrozumiała (na tym stopniu), wzór sam zupełnie jasny, a uniknie się mnożenia trudności, których i tak ten dział fizyki dosyć nasuwa.

Krótko zwracamy uwagę uczniom, że przy stosowaniu wzoru na drogę możemy używać dowolnych jednostek czasu, długości, prędkości i przyspieszenia — byle odpowiadających sobie — podobnie, jak to stwierdziliśmy wyrażnie przy wzorze na prędkość. Nie usiłujemy wykazać uczniom, iż tak jest istotnie. Przy użyciu wzorów stale przestrzegamy stosowania tylko odpowiadających sobie jednostek i to wystarczy nie tylko do wdrożenia uczniów do tego, lecz także i do uczynienia im tej sprawy jasną.

Wypisujemy na tablicy oba wzory: na prędkość i na drogę, i wprowadzamy na ich oznaczenie nazwę: „równania ruchu jednostajnie zmiennego“. Krótko wykazujemy i objaśniamy ich stosowność i sposób stosowania do ruchu jednostajnie opóźnionego.

Każemy uczniom raz jeszcze sformułować problem, który rozwiązaliśmy, i jego znalezione rozwiązanie. Każemy wymienić wielkości, które były dane, i wielkości nieznane, które mieliśmy wyznaczyć. Zapytujemy, czy wyznaczyliśmy je i na czym polega to wyznaczenie (na wyrażeniu wielkości nieznanych przez same znane, dane). Jakie znaczenie ma dla nas znalezienie takiego ogólnego rozwiązania problemu?

Przypominamy uczniom, iż — przed przystąpieniem do sformułowania problemu — zastanawialiśmy się, ile wielkości musimy mieć danych (i jakie), aby ruch jednostajnie zmienny był zupełnie określony, t. j. abyśmy — mając te wielkości dane — mogli odpowiedzieć na każde pytanie, dotyczące tego ruchu (przy ruchu jednostajnym wystarcza jedna: prędkość). Uczniowie winni przypomnieć sobie swoje ówczesne przypuszczenie, iż do określenia ruchu jednostajnie zmiennego trzeba dwóch wielkości: v_0 i γ . Zapytujemy uczniów, czy to przypuszczenie zostało potwierdzone i dlaczego (tak, bo — jeśli mamy dane v_0 i γ — możemy — dla dowolnego t — z wzorów obliczyć v i s). Zapytujemy

nakoniec, czy istotnie nie możemy pytać o nic więcej, tylko o v i s . Wniosek: do określenia w zupełności ruchu jednostajnie zmiennego trzeba dwóch danych: v_0 i γ i te dane wystarczają.

Zanim przystąpimy do szczegółowego omówienia, w jaki sposób należy z uczniami zastosowywać równania ruchu jednostajnie zmiennego, położymy przedewszystkiem nacisk na pewną zasadę ogólną, postawioną już poprzednio przy omawianiu ruchu jednostajnego. Na tym stopniu nauczania wszelkie *działania wykonuje się na liczbach czystych, a nie na liczbach mianowanych*. Już przy stawianiu naszego zasadniczego problemu i przy jego rozwiązywaniu umyślnie stawialiśmy sprawę w ten sposób, iż s , t , v_0 , v , γ były traktowane jako *czyste liczby*. A więc s było czystą liczbą, wyrażającą ilość jednostek długości (np. centymetrów), którą ciało w pewnym czasie przebędzie; t było liczbą czystą, wyrażającą ilość jednostek czasu (np. sekund), v_0 liczbą czystą, wyrażającą ile jednostek $\left(\text{np.: } \frac{\text{cm}}{\text{sek}}\right)$

wynosiła prędkość ciała na początku ruchu i t. d. Tak samo musimy i w dalszym ciągu naszego nauczania stać na stanowisku, że w równaniach ruchu jednostajnie zmiennego występują tylko czyste liczby, i — gdy używamy tych równań do jakichkolwiek obliczeń — musimy wykonywać działania wyłącznie na liczbach czystych.

Gdy więc na przykład mamy dane, iż prędkość początkowa wynosi $20 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$, a przyspieszenie $6 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}$, i chcemy obliczyć prędkość ciała po upływie pięciu sekund, stosujemy pierwsze z równań ruchu w następujący sposób:

$$v = 20 + 6 \times 5 = 50,$$

a nie w sposób

$$v = 20 \frac{\text{cm}}{\text{sek}} + 6 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2} \times 5 \text{ sek} = 50 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}.$$

Wogóle na tym stopniu nauczania nie wciągamy nigdy do wykonywanych działań symbolów, oznaczających jednostki, symbolów wymiarowych; nie podsuwamy nawet uczniom myśli, iż możnaby temi symbolami wykonywać działania, owszem wyraźnie zawsze stwierdzamy, że działa się tylko liczbami czystymi.

Takie traktowanie rzeczy nastręcza pewną trudność, którą objaśnimy na przytoczonym powyżej przykładzie. Wobec powyższego naszego stanowiska v , v_0 , γ , t mają być liczbami czystymi. Formułując więc temat zagadnienia, nie moglibyśmy właściwie pisać: $v_0 = 20 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$,

$\gamma = 6 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}$, $t = 5 \text{ sek}$, albowiem ściśle biorąc $v_0 = 20$, $\gamma = 6$, $t = 5$. Tak samo wyniku obliczenia nie możnaby napisać w formie $v = 50 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$, gdyż właściwie $v = 50$. Takie ściśle trzymanie się formy byłoby bardzo niedogodne. To też należy przy formułowaniu zagadnienia pisać swobodnie: $v_0 = 20 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$, $\gamma = 6 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}$, $t = 5 \text{ sek}$.

Tak samo wynik należy pisać w formie liczby mianowanej: $v = 50 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$, a tylko wszelkie działania zarówno zaznaczać, jak wykonywać, przy pomocy liczb czystych, niemianowanych.

Jeżeli — jak to się czyni istotnie w fizyce — wykonywa się działania nie na liczbach czystych, lecz mianowanych, a więc jeśli wciąga się w rachunek symbole wymiarowe występujących w rachunku wielkości, wtedy z rachunku otrzymujemy nie tylko wartość liczbową wyniku, ale i jego symbol wymiarowy (jednostkę, w jakiej wynik jest wyrażony). Wyrzekając się w nauczaniu działania liczbami mianowanymi, symbolami wymiarowymi, wyrzekamy się tej korzyści. Jako wynik rachunku otrzymujemy czystą liczbę. Nie nastręczy to jednak żadnej trudności, jak to wprost widać z przytoczonego ostatnio przykładu. Gdy tu z rachunku uczeń otrzyma liczbę 50, wtedy rozumuje (należy go do tego wdrożyć): obliczyłem prędkość ruchu, a więc wynik musi być wyrażony w jednostkach prędkości; dane były wyrażone w jednostkach naukowych, a więc i wynik wyraża się w jednostkach naukowych — w tym wypadku w naukowych jednostkach prędkości; jest więc $v = 50 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$.

Motywy, dla których postawiliśmy powyższą zasadę, są tak widoczne, iż nie wymagają szerszego omówienia. Działania symbolami wymiarowymi są stanowczo za trudne dla młodzieży na tym stopniu rozwoju. Wprowadzenie ich wywołałoby zamęt w umysłach. Wielkim wysiłkiem nauczyciela i uczniów możnaby osiągnąć mechaniczną wprawę w działaniu temi symbolami, zrozumienie tylko u nielicznych jednostek. A ogółowi uczniów wprowadzenie tej rzeczy — dla niego czysto formalnej i niezrozumiałej — utrudniłoby w wysokim stopniu pokonanie trudności istotnych: zrozumienie zasadniczych pojęć i praw przyrody. Pominiecie zaś działań symbolami wymiarowymi w niczem nie utrudni osiągnięcia tego właściwego celu nauczania.

Stosowanie równań ruchu jednostajnie zmiennego rozpoczynamy od przeprowadzenia z klasą dokładnego opisu takiego ruchu na kilku szczegółowych przykładach. Należytemu przeprowadzeniu tych opisów

należy poświęcić rzetelny wysiłek, one bowiem dopiero pozwolą nam osiągnąć u uczniów pełne zrozumienie istoty ruchu jednostajnie zmiennego, opanowanie trudnych dla nich pojęć prędkości i przyspieszenia, władanie ze zrozumieniem równaniami ruchu.

Rysujemy na tablicy prostą, będącą torem ciała, i zaznaczamy na niej jakiś punkt A ; oznajmiamy, iż zaczniemy się zajmować ruchem ciała dopiero od chwili, w której dojdzie do owego „punktu początkowego”. Podajemy 1) „prędkość początkową” ciała (prędkość jego w punkcie A — np. $v_0 = 15 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$). Każemy uczniom powiedzieć, co

to znaczy, iż prędkość ciała w punkcie A wynosi $15 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$ — i to wyrazić obu używanymi przez nas sposobami (średnia prędkość ciała w niezmiernie krótkim okresie czasu, liczoną od chwili dojścia ciała do punktu A ; droga, którąby ciało przebyło w ciągu sekundy, gdyby — od punktu A począwszy — prędkość jego przestała się zmieniać). Każemy uczniom uzmysłowić tę prędkość początkową przez narysowanie odcinka długiego na 15 cm (droga, którąby ciało przebyło w ciągu sekundy), równoległego do toru ciała, zaczynającego się w punkcie, leżącym tuż pod punktem A , a zaopatrzonego na drugim końcu strzałką, wskazującą kierunek ruchu (prędkości). W tej skali rysujemy na tablicy; uczniowie mogą rysować w zeszytach w skali dziesięciokrotnie zmniejszonej.

Z kolei podajemy uczniom dwie dalsze dane o ruchu: 2) że jest jednostajnie zmienny, 3) że przyspieszenie jego (stałe przez cały czas ruchu — dlaczego?) wynosi np. $4 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}$ ($\gamma = 4 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}$). Każemy uczniom wytłumaczyć co to znaczy, że przyspieszenie tego ruchu jednostajnie zmiennego wynosi $4 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}$. Żądamy wyliczenia wszystkich danych o omawianym ruchu i systematycznego wypisania ich na tablicy. Zapytujemy, czy te dane określają nam ruch w zupełności. Zapytujemy, co to znaczy, że określają (to znaczy, że dzięki nim możemy odpowiedzieć na wszelkie pytania, dotyczące tego ruchu, a w szczególności na pytania o prędkość ciała w dowolnym momencie i o drogę przebytą przez nie w dowolnym czasie). Zapowiadamy uczniom, że właśnie zadamy cały szereg pytań, dotyczących tego ruchu, i postaramy się dać na nie odpowiedź; w ten sposób poznamy i opiszemy ruch bardzo dokładnie.

Raz jeszcze zapytujemy uczniów, jaką prędkość ma ciało w punkcie A . Jak uzmysłowiliśmy tę prędkość na rysunku? Co oznacza narysowany tam odcinek? (drogę, którąby ciało przebyło w sekundzie,

gdyby...). Czy ciało w istocie w ciągu sekundy przebędzie drogę równą długości tego odcinka? Dlaczego nie? Czy potrafilibyśmy znaleźć drogę, jaką ciało przebędzie naprawdę w ciągu sekundy? W jaki sposób? Polecamy uczniom obliczyć (z równania ruchu) drogę, którą ciało istotnie przebyło w ciągu sekundy od punktu A licząc (17 cm). Odmierzamy tę drogę ($AB = 17 \text{ cm}$) na torze ciała. Punkt B , jak wogóle wszystkie punkty, do których ciało dochodzi po całkowitej liczbie sekund, zaznaczamy w sposób, odróżniający go wyraźnie od innych punktów, które również będziemy musieli na torze zaznaczać. Zapytujemy uczniów, czy droga AB , rzeczywiście przebyta w sekundzie, jest równa odcinkowi, przedstawiającemu prędkość v_0 , czy mniejsza, czy większa — i dlaczego.

Zapytujemy uczniów, jakie znaczenie dla ruchu posiada punkt B (położenie, w którym się znajdzie ciało po upływie pierwszej sekundy). Czy w punkcie B ciało ma taką samą prędkość, jak w punkcie A ? Dlaczego nie? Polecamy uczniom obliczyć (z równania ruchu) prędkość ciała w punkcie B , t. j. z końcem pierwszej sekundy ($19 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$).

Co to znaczy, że ciało, przechodząc przez punkt B , ma prędkość $19 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$? (na to pytanie uczniowie powinni odpowiedzieć na podstawie obu znanych im definicji prędkości). Polecamy uczniom uzmysłowić na rysunku prędkość ciała w punkcie B w ten sam sposób, w jaki uzmysłowili prędkość początkową (równoległy do toru odcinek długi na 19 cm , zaczynający się w punkcie, leżącym pod punktem B , i opatrzonego na drugim końcu strzałką, wskazującą kierunek tej prędkości). Co oznacza ten odcinek? (prędkość ciała w punkcie B , a zarazem drogę, którą ciało przebyłoby w ciągu sekundy, gdyby — począwszy od punktu B — prędkość jego przestała się zmieniać, lecz była stale taka, jak w punkcie B). Każemy uczniom porównać tę prędkość z prędkością ciała w punkcie A . Skąd pochodzi różnica? Jaka jest duża ta różnica i dlaczego? Skoro ciało ma w punkcie B prędkość $19 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$, uzmysłowioną na rysunku odcinkiem, to czy ciało to w ciągu drugiej sekundy (w ciągu sekundy od punktu B licząc) istotnie przebiegnie drogę 19 cm , równą temu odcinkowi? Dlaczego nie? Czy przebędzie drogę dłuższą, czy krótszą i dlaczego? Jak moglibyśmy znaleźć drogę, którą ciało istotnie przebędzie w drugiej sekundzie?

Wracamy teraz do rozważania ruchu znowu od początku, od punktu A . Zapytujemy uczniów, jaką ciało ma prędkość w punkcie A ($15 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$). Co to znaczy (na podstawie drugiej definicji)? Czy ciało

w rzeczywistości przebędzie w ciągu sekundy 15 cm ? Jaka drogę przebędzie w rzeczywistości w ciągu pierwszej sekundy? ($AB = 17\text{ cm}$). Jaka drogę przebędzie ciało — od punktu A licząc — w ciągu $\frac{1}{4}\text{ sek}$, czy może $1\frac{1}{4}\text{ cm}$, t. j. $4\frac{1}{4}\text{ cm}$? Czy dłuższą, czy krótszą i dlaczego? A może drogę $1\frac{3}{4}\text{ cm}$, t. j. $3\frac{3}{4}\text{ cm}$? Czy dłuższą, czy krótszą i dlaczego? Polecamy uczniom obliczyć drogę AC , którą ciało przebiegnie — od punktu A licząc — naprawdę w ciągu $\frac{1}{4}\text{ sek}$ ($3\frac{7}{8}\text{ cm}$). Porównujemy ją z dwiema dopiero co w formie domysłu postawionymi liczbami. Zaznaczamy punkt C na torze (na podstawie dokładnego odmierzenia). Jakie znaczenie ma punkt C dla ruchu? (położenie, w jakim się ciało znajdzie po upływie $\frac{1}{4}\text{ sek}$, licząc od punktu A). Jaka prędkość będzie ciało posiadało, przechodząc przez punkt C ? (idzie o jakościowe porównanie z prędkością w A i z prędkością w B : większą niż $15\frac{\text{cm}}{\text{sek}}$, mniejszą niż $19\frac{\text{cm}}{\text{sek}}$). Polecamy uczniom obliczyć

prędkość ciała w punkcie C ($16\frac{\text{cm}}{\text{sek}}$). Polecamy im uzmysłowić tę prędkość na naszym rysunku tak, jak uzmysławialiśmy prędkości poprzednie (odcinek długi na 16 cm , równoległy do toru, zaczynający się pod punktem C ; rysujemy go nieco niżej, aby się nie zlewał z uzmysłowieniami poprzednio wyznaczonych prędkości). Co oznacza jeszcze ten odcinek? (drogę, którą ciało przebyłoby...). Czy ciało istotnie w ciągu sekundy — od punktu C licząc — przebędzie tę drogę 16 cm ? Czy mniej, czy więcej i dlaczego? Jak moglibyśmy wyznaczyć drogę CD , którą ciało istotnie przebędzie w ciągu sekundy, licząc od punktu C ? (wyznaczyć drogę AD , jaką ciało przebędzie w ciągu $1\frac{1}{4}\text{ sekundy}$, licząc od punktu A). Polecamy uczniom wyznaczenie tej drogi, a więc zarazem wyznaczenie punktu D , w którym się ciało znajdzie po upływie $1\frac{1}{4}\text{ sekundy}$ po wyjściu z punktu A . Zaznaczamy punkt D na torze. Polecamy uczniom wyznaczyć prędkość ciała w punkcie D i uzmysłowić na rysunku. Polecamy uczniom porównać prędkość w punkcie D z prędkością w punkcie C i stwierdzoną (ilościowo) różnicę umotywować. Wskazujemy, że różnica prędkości na początku i na końcu pierwszej sekundy jest taka sama, jak różnica prędkości po $\frac{1}{4}\text{ sek}$ i po $1\frac{1}{4}\text{ sek}$. Dlaczego? Polecamy uczniom porównać drogę AB z drogą CD (obie przebyte w ciągu jednej sekundy) i wytłumaczyć skąd pochodzi różnica (jakościowo).

W takim, jak powyższe, opisywaniu ruchu zmiennego posuwamy się dalej. Polecamy uczniom obliczać kolejno drogę i prędkość po upływie 2 sek , 3 sek , 4 sek , $4\frac{1}{2}\text{ sek}$ i t. p., uzmysławiać je na rysunku, porównywać ze sobą, tłumaczyć dostrzeżone różnice. Po dokonaniu tego powinni zrobić porównawczy przegląd wszystkich dróg

i prędkości na rysunku uzmysłowionych. A przy tem wszystkim każemy im wciąż odwoływać się do definicji ruchu jednostajnego i zmiennego, prędkości średniej, prędkości w danym momencie, przyspieszenia i t. p. — i na ich podstawie zaobserwowane fakty tłumaczyć. To wszystko naodwrot rozjaśnia uczniom coraz bardziej te pojęcia i utrwała je, czyni im istotę ruchu jednostajnie zmiennego zupełnie jasną, doprowadza ich do swobodnego władania pojęciami i równaniami ruchu.

Aby ten cel w pełni osiągnąć, musimy przeprowadzić kilka jeszcze takich opisów ruchu jednostajnie zmiennego, na różnych — odpowiednio dobranych — przykładach (różne v_0 i γ dane). Wśród tych przykładów winny się także znaleźć przykłady na ruch jednostajnie opóźniony. Na nich uczniowie winni się nauczyć jasno pojmować wypadki, w których przyspieszenie jest ujemne i nauczyć się używać równań ruchu w tych wypadkach.

Przeprowadzenie z uczniami kilku takich opisów ruchu zabiera oczywiście dość czasu. Nie powinno nas to jednak zrażać do tego zabiegu dydaktycznego. Największym błędem jest pośpiech przy wprowadzaniu i gruntowaniu w umysłach uczniów pojęć — i wogóle rzeczy — zasadniczych i niełatwych. Nie można żałować czasu i wysiłku, gdy idzie o to, by uczniowie trudność — nie pozornie, lecz istotnie — pokonali, by doszli do istotnego i swobodnego władania danymi pojęciami czy prawami. Wtedy tylko nauczanie rozwija naprawdę umysły, urabia charaktery, rodzi głębsze zainteresowania. Wszelki pośpiech, prześlizgiwanie się nad trudnościami, zadawanie się niezupełną jasnością pojęć lub niepełnem władaniem nabywaną rzekomo wiedzą, nietylko uniemożliwia prawdziwy rozwój umysłu, ale zaszczerpia młodzieży zgubne nawyki umysłowe, uczy powierzchowności i niepoważnego stosunku do poważnych zagadnień, odbiera nauce jej wartość wychowawczą, może ją uczynić wychowawczo szkodliwą. Zresztą nawet ze stanowiska ekonomii czasu pośpiech przy przerabianiu rzeczy zasadniczych jest pomyłką. Poświęcenie na nie dostatecznej ilości czasu i wysiłku sprawia, że uczniowie — pokonawszy zupełnie trudności — pracują dalej z pełnem zrozumieniem, łatwo i szybko. Przeciwnie, braki w podstawowych pojęciach muszą coraz bardziej zwalniać tempo dalszej nauki, nawet gdy idzie o jej fragmenty i działy łatwiejsze.

W odniesieniu do sprawy przerobienia z uczniami kilku „opisów“ ruchu jednostajnie zmiennego należy zaznaczyć, że — po przerobieniu pierwszego — dalsze mogą być poprowadzone szybciej. Co więcej, przeprowadzenie ich jest dla nauczyciela lepszem znacznie sprawdzeniem wiedzy uczniów, niż zwyczajne „egzaminowanie“, oszczędza

więc nieco czasu, który trzeba by na egzaminowanie przeznaczyć. Ta uwaga stosuje się oczywiście nie tylko do omawianego wypadku, lecz rozciąga się na cały obszar nauczania fizyki. Zwyczajnego „egzaminowania”, polegającego na powtarzaniu przez uczniów rzeczy przerebionych w klasie, nie wyrzekamy się w zupełności, lecz dążymy do używania go jak najrzadziej, a zastąpienia go — o ile możliwości — sprawdzaniem wiedzy uczniów przy różnorodnym stosowaniu jej przez nich.

Teraz przystępujemy do rozwiązywania z uczniami przy pomocy równań ruchu jednostajnie zmiennego różnorodnych zagadnień, dotyczących tego ruchu. Uczniowie zaczynają od stwierdzenia, że w dwóch równaniach ruchu występuje pięć wielkości v_0 , γ , v , s , t , że więc rozwiązanie jakiegokolwiek zagadnienia może polegać tylko na tym, że z powyższych pięciu wielkości trzy (dowolne) będą dane, a pozostałe dwie — nieznane — wyznaczy się przez rozwiązanie układu dwóch równań. Polecamy uczniom zestawić wszystkie dziesięć możliwych rodzajów zagadnień, odnoszących się do ruchu jednostajnie zmiennego. Powinni wskazać, z którym z tych rodzajów mieli dotychczas do czynienia.

Dajemy uczniom dość długi szereg zagadnień do rozwiązania przy pomocy równań ruchu. Winny one dotyczyć zarówno ruchu jednostajnie przyspieszonego, jak jednostajnie opóźnionego. Winny być dawane i rozwiązywane zarówno w liczbach ogólnych, jak szczegółowych. Należy wydatnie uwzględnić zagadnienia z zakresu ruchu jednostajnie zmiennego bez prędkości początkowej. Przy rozwiązywaniu ich powinny być stosowane częściowo ogólne równania ruchu jednostajnie zmiennego, częściowo ich forma uproszczona (dla $v_0=0$); tę ostatnią formę powinni uczniowie również zapamiętać.

Przy przerabianiu zagadnień należy najczęściej stosować jednostki naukowe: cm , sek , $\frac{cm}{sek}$, $\frac{cm}{sek^2}$. Należy jednak stosować i jednostki

praktyczne — głównie jednostki: m , sek , $\frac{m}{sek}$, $\frac{m}{sek^2}$ (ze względu na przyszłe zastosowanie przy wolnym spadaniu). Należy wdrażać uczniów do stosowania w tem samym zagadnieniu tylko jednostek odpowiadających sobie.

Przy przerabianiu tych wszystkich zagadnień trzeba baczyć, by lekcje fizyki nie przerodziły się w zupełności w lekcje algebry. W tym celu trzeba zawsze stawiać zagadnienie w formie problemu fizycznego (nie algebraicznego) i jak najsilniej ten charakter podkreślać. Stanowczo więc nie można dawać zagadnień w formie np. następującej: dana prędkość początkowa ruchu $v_0 = 5 \frac{m}{sek}$,

prędkość końcowa $v = 17 \frac{m}{sek}$, czas trwania ruchu $t = 20 sek$; obliczyć przyspieszenie γ i przebytą drogę s . Należy zagadnienie postawić jak najbardziej obrazowo, aby w wyobrażeniu uczniów zarysowało się odbywające się zjawisko. W tym celu należy się posłużyć rysunkiem, naśladowaniem ruchu, plastycznym opisem — jak tego przykłady podawaliśmy poprzednio. Uczniowie winni sobie uprzytomnić, iż idzie tu o problem fizyczny, zdać sobie jasno sprawę z jego fizycznego znaczenia, zaciekawić nim, a nie traktować go jako zagadnienie matematyczne. Po rozwiązaniu zagadnienia należy tak samo plastycznie zobrazować fizyczne znaczenie wyników.

Przy stawianiu zagadnień, rozwiązywaniu ich, omawianiu wyników, należy często korzystać ze sposobności w celu zapytania uczniów o znaczenie (definicję) występujących w zagadnieniu wielkości, żądać od nich różnostronnego oświeclania, porównywania i t. p. — wszystko w celu nie tylko sprawdzenia wiadomości i coraz lepszego ich utrwalenia, ale w celu doprowadzenia uczniów do coraz większej jasności i gruntowności pojmowania i do coraz swobodniejszego władania wiedzą, i to nie pojedynczych uczniów, ale ogółu klasy.

Przy dawaniu uczniom do rozwiązywania zagadnień nie należy czerpać przykładów z zakresu wolnego spadania lub rzutów — wogóle z dziedziny ruchów, odbywających się pod wpływem siły ciężkości. Nie należy teraz uczniom mówić o tych zjawiskach. W szczególności nie należy mówić, że wolne spadanie ciał odbywa się ruchem jednostajnie przyspieszonym. Ważna dziedzina zjawisk ciężkości musi być systematycznie badana z uczniami, na podstawie doświadczeń. Lepiej nie zamącać jasności pojęć ucznia przez przedwczesne podawanie — dla celów ubocznych — pewnych wiadomości, wyrwanych z naturalnego ich związku z całością problemu. Gdy w przyszłości uczniowie zapoznają się ze zjawiskami ciężkości i wolnego spadania, będzie odpowiednia pora do rozwiązywania całego szeregu zagadnień z zakresu wolnego spadania i rzutów. Zagadnienia te będą wtedy pożądanym odświeżeniem nabytych obecnie wiadomości o ruchu jednostajnie zmiennym. Lepiej na ich rzecz ilość rozwiązywanych obecnie zagadnień zmniejszyć.

Takie postawienie sprawy jest pod pewnym względem niekorzystne. Z zakresu przerabianych obecnie zagadnień na temat ruchu jednostajnie zmiennego wyłącza ono zagadnienia, dotyczące wolnego spadania, rzutu i t. p., a więc jedyne zagadnienia ze sfery rzeczywistości. Wskutek tego zmuszeni jesteśmy ograniczyć się do zagadnień fikcyjnych, do mówienia o ruchach możliwych wprawdzie, ale istnieją-

cych tylko w naszej wyobraźni, jak np. ruch *jednostajnie* przyspieszony czy opóźniony pociągu, roweru i t. p. Ważniejszy wzgląd jednak — powyżej wymieniony — skłania nas do tego.

Ruch jednostajnie przyspieszony bez prędkości początkowej.

Resztę czasu przeznaczonego na naukę o ruchach zmiennych poświęćmy rozważaniu pewnego szczególnego przypadku tych ruchów, a mianowicie rozważaniu ruchów jednostajnie zmiennych bez prędkości początkowej. Zapytujemy uczniów, jaką właściwie nazwę należałoby dać takim ruchom, czy wyrazu „zmienny“ nie możnaby tu zastąpić innym i dlaczego (ruchy jednostajnie przyspieszone bez prędkości początkowej). Zapytujemy uczniów, jaką formę przybiorą równania ruchu jednostajnie zmiennego dla tego szczegółowego przypadku. Polecamy im napisać na tablicy równania ruchu jednostajnie przyspieszonego bez prędkości początkowej.

Zadajemy uczniom następujące zapytania. Ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej. Ile danych potrzeba (i wystarcza), aby ten ruch był w zupełności określony, t. j. aby można odpowiedzieć na każde pytanie, dotyczące tego ruchu (o prędkość w dowolnej chwili i o drogę przebytą w dowolnym czasie). Zapomocą jakiej danej można np. ten ruch określić (pytanie drugie, zadane po otrzymaniu odpowiedzi na pierwsze). Uczniowie — na podstawie poprzedniej nauki — powinni odpowiedzieć, że wystarczy w tym celu jedna dana, np. przyspieszenie.

Z kolei zadajemy uczniom następujące zagadnienie. Ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej. Przyspieszenie jego (stałe przez cały czas ruchu — dlaczego?) wynosi $8 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}$ (co to znaczy?). Obliczyć drogi, które ciało przebędzie w poszczególnych sekundach. Narysować tor ciała i zaznaczyć na nim te drogi. W jakim stosunku pozostają te drogi do siebie?

Rozwiązanie zagadnienia nie nastręcza trudności i uczniowie — przy niewielkiem pokierowaniu przez nauczyciela — łatwo je rozwiązają. Trzeba się tylko — jak zawsze — starać o osiągnięcie u nich pełnej jasności zarówno samego problemu, jak metody rozwiązania i wyniku rozwiązania. W tym celu trzeba — jak zawsze — przestrzegać jasnego i systematycznego znakowania (np. oznaczać przez $s_1, s_2, s_3, \dots$ drogi przebyte przez ciało w jednej, dwóch, trzech, ... sekundach, a przez $d_1, d_2, d_3, \dots$ drogi przebyte przez nie w pierwszej, drugiej, trzeciej ... sekundzie). Trzeba następnie przestrzegać porządku i przejrzystego

układu w tem, co się pisze na tablicy. Trzeba наконец wszystko w miarę możliwości uzmysławiać rysunkiem: najpierw — ogólnie — metodę rozwiązywania zagadnienia, którą oczywiście sami uczniowie winni podać, potem — szczegółowo — wynik osiągnięty.

Gdy już uczniowie obliczą drogi przebyte w poszczególnych sekundach, lepiej jest nie żądać od nich od razu znalezienia stosunku, w jakim do siebie pozostają. Lepiej pytać kolejno o stosunek drogi pierwszej do drugiej, pierwszej do trzeciej, pierwszej do czwartej i t. d. Następnie można — na tej podstawie — polecić uczniom wszystkie te drogi wyrazić w wielokrotnościach pierwszej z nich, a wtedy już bez trudu uzyska się ostateczną odpowiedź. Uczniowie winni ten wynik uzmysłowić rysunkiem, zaznaczając na torze w sposób szczególnie wyraźny drogi przebyte przez ciało w poszczególnych sekundach, a następnie — mniej dobitnie — podział każdej z tych dróg na odcinki równe pierwszej z nich.

Po tem wszystkim należy zażądać od uczniów sformułowania prawidłowości tu dostrzeżonej. Najlepiej sformułować ją tak: drogi, które ciało, poruszające się ruchem jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej, przebywa w poszczególnych, po sobie następujących, sekundach, są kolejnymi nieparzystymi wielokrotnościami drogi przebytej w pierwszej sekundzie. Można nie żądać — zawiłego nieco — formułowania tej prawidłowości słowami, a poprzestać na sformułowaniu jej symbolami, np. w następujący sposób: jeśli przez s_1 oznaczymy drogę przebytą przez ciało, poruszające się ruchem jednostajnie przyspieszonym, w pierwszej sekundzie, to drogi odbyte przez nie w pierwszej, drugiej, trzeciej, czwartej i t. d. sekundzie są: $1 s_1, 3 s_1, 5 s_1, 7 s_1, \dots$ i t. d.

Zapytujemy uczniów, czy powyższe prawo zostało już istotnie udowodnione dla wszelkich ruchów jednostajnie przyspieszonych bez prędkości początkowej. Gdy uzyskamy odpowiedź, że nie, gdyż sprawdziliśmy je tylko na jednym przykładzie, każemy im najpierw sprawdzić je na innym jeszcze szczegółowym przykładzie, a następnie udowodnić ogólnie. Dowód nie przedstawia trudności. W dalszym ciągu oznajmiamy uczniom, że prawo to, udowodnione przez nas dla dróg odbywanych w poszczególnych jednostkach czasu, jest prawdziwe także dla dróg odbywanych w dowolnych równych, a następujących po sobie okresach czasu (niekoniecznie jednostkach). Każemy je uczniom sformułować w tej ogólniejszej postaci, sprawdzić najpierw na szczegółowym przykładzie, a następnie udowodnić ogólnie. Dowód nie przedstawia trudności i — przy kierownictwie nauczyciela — uczniowie potrafią go przeprowadzić. Przy przeprowadzaniu obu dowodów ogólnych należy przestrzegać wszystkich tych wskazań dydaktycznych, które podaliśmy powyżej przy omawianiu zagadnień szczegółowych z tej dziedziny.

Uświadamiamy uczniom, iż poznaliśmy bardzo zasadniczą własność wszelkich ruchów jednostajnie przyspieszonych bez prędkości początkowej. Każemy im sformułować ją. Mówimy im, że ruchy jednostajnie przyspieszone bez prędkości początkowej rozpoznajemy — odróżniamy od innych ruchów — najłatwiej właśnie według tego, czy mają powyższą własność, czy nie.

Zadajemy uczniom następujące pytanie. Ciało porusza się ruchem zmiennym, np. przyspieszonym. W jaki sposób moglibyśmy sprawdzić, czy ruch ten jest *jednostajnie* przyspieszony, czy też *niejednostajnie* przyspieszony (bez pomocy świeżo poznanego prawa)? Należy uczniów naprowadzić na sposób sprawdzenia, wynikający wprost z definicji ruchu jednostajnie zmiennego (pomiar szeregu prędkości ciała w równych odstępach czasu). Zapytujemy, jak wyglądałyby takie pomiary, na czym polegałyby. Czy byłyby one łatwe? Czy możemy uznać powyższy sposób za praktyczny, możliwy?

Zapytujemy z kolei uczniów, czy poznane prawo daje nam łatwiejszy sposób sprawdzenia, czy dany ruch przyspieszony (bez prędkości początkowej) jest jednostajnie przyspieszony. Na czym polegałoby takie sprawdzenie? Dlaczego ten sposób sprawdzania jest łatwiejszy od poprzedniego? (trudny pomiar prędkości zastępuje znacznie łatwiejszym pomiarem dróg). Czy ten sposób sprawdzania da się zastosować do wszelkich ruchów jednostajnie zmiennych, czy też tylko do pewnej ich kategorii? (tylko do ruchów bez prędkości początkowej). Polecamy uczniom sformułować dokładnie nowo poznaną metodę sprawdzania, czy odbywający się ruch przyspieszony bez prędkości początkowej jest ruchem jednostajnie przyspieszonym, czy też nie.

Podając uczniom tę metodę, popełniamy oczywiście pewną nieścisłość rozumowania: warunek, o którym udowodniliśmy tylko, że jest konieczny, podajemy jako zarazem wystarczający. Nieścisłość ta nie jest wielka, gdyż warunek stanie się wystarczającym, jeśli będzie spełniony dla wszelkich równych okresów czasu. Uczniowie nieścisłości nie spostrzegą, z problemem warunków koniecznych i wystarczających zapoznają się przy innych, łatwiejszych tematach, a podana metoda sprawdzania jednostajnej zmienności jest nam niezbędnie potrzebna.

Dajemy uczniom następujące zadanie: pociąg rusza ze stacji ruchem przyspieszonym; sprawdzić, czy jest to ruch jednostajnie przyspieszony. Żądamy od uczniów, aby — pod naszym kierunkiem — jak najbardziej plastycznie przedstawili przebieg potrzebnych obserwacji i pomiarów. Jako równe okresy czasu przyjmujemy np. okresy 10-cio sekundowe. Ruch pociągu obrazujemy ruchem wózka ciągniętego po stole. Podajemy uczniom liczby, mające być wynikiem ich fikcyjnych pomiarów. Dobieramy je tak, aby przez szereg początkowych okresów

były nieparzystymi wielokrotnościami drogi przebytej w pierwszym okresie, później zaś były mniejsze od odpowiednich wielokrotności. Uczniowie wyprowadzają stąd wniosek o ruchu pociągu.

Raz jeszcze zapytujemy uczniów, czy — jeśli mają do czynienia z ruchem przyspieszonym bez prędkości początkowej — potrafią sprawdzić, czy ten ruch jest jednostajnie przyspieszony, czy nie. W jaki sposób to sprawdzają? Czy po stwierdzeniu, że ruch jest jednostajnie przyspieszony, znają już ruch dokładnie? Co trzeba jeszcze znać, aby znać ruch dokładnie, t. j. aby móc odpowiedzieć na każde pytanie, dotyczące ruchu? (przyspieszenie). W jaki sposób dałoby się przyspieszenie tego ruchu zmierzyć? Uczniowie, kierowani przez nas, powinni podać sposób pomiaru przyspieszenia, oparty bezpośrednio na jego definicji, t. j. dwa pomiary prędkości ciała w momentach oddalonych od siebie o jednostkę czasu. Czy dwa takie pomiary wystarczą, czy trzeba ich więcej? (wystarczą, bo ruch jest jednostajnie zmienny). Czy taki pomiar przyspieszenia jest łatwy? Czy wprost jest możliwy w praktyce do przeprowadzenia? Oznajmiamy uczniom, że poznają sposób łatwiejszy.

Zadajemy uczniom zadanie. Ciało porusza się ruchem jednostajnie zmiennym bez prędkości początkowej; przyspieszenie ruchu jest γ . Obliczyć drogę, przebytą w pierwszej jednostce czasu (od chwili wyruszenia ciała ze spoczynku).

Uczniowie obliczają bez trudu, że ta droga: $s_1 = \frac{\gamma}{2}$. Każemy uzyskane prawo wysłowić (droga przebyta w pierwszej jednostce, np. sekundzie, równa się połowie przyspieszenia). Wyjaśniamy uczniom, że droga jest wielkością zupełnie innego rodzaju, niż przyspieszenie, i innemi się mierzy jednostkami. Przypominamy, że litery, występujące w równaniach, oznaczają czyste liczby, niemianowane. Uzyskane prawo należy tak rozumieć, że droga s_1 ma dwa razy mniej jednostek długości, niż przyspieszenie odpowiednich jednostek przyspieszenia.

Jeśli np. przyspieszenie ciała wynosi $10 \frac{cm}{sek^2}$, to ciało w pierwszej sekundzie odbędzie drogę 5 cm . Jeśli $\gamma = 8 \frac{m}{sek^2}$, to ciało w pierwszej sekundzie przebędzie drogę $s_1 = 4 \text{ m}$. Jeśli $\gamma = 30 \frac{m}{min^2}$, to ciało w pierwszej minucie przebędzie drogę $s_1 = 15 \text{ m}$.

Każemy uczniom przerobić kilka szczegółowych przykładów dla sprawdzenia powyższego ogólnego prawa (podajemy wartość przyspieszenia, każemy z równania ruchu — nie z wzoru $s_1 = \frac{\gamma}{2}$ — obliczyć drogę, przebytą w pierwszej jednostce czasu).

Polecamy uczniom nadać równaniu $s_1 = \frac{1}{2} \dots$ inną formę, przez uwolnienie od ułamka ($\gamma = 2 s_1$). Każemy wysłowić prawo w tem równaniu zawarte. Zapytujemy ich, czy to prawo nie daje nam łatwiejszego sposobu pomiaru przyspieszenia? Na czem ten pomiar polega? Do jakich ruchów tylko można ten sposób pomiaru stosować?

Zadajemy uczniom dwa szeregi krótkich pytań, na które winni szybko ustnie odpowiadać. Po pierwsze podajemy im kolejno różne wartości przyspieszenia ruchu jednostajnie przyspieszonego bez prędkości początkowej, wyrażone w różnych jednostkach przyspieszenia, i każemy im podać długość drogi, którą ciało przebędzie w pierwszej (odpowiedniej) jednostce czasu. Po drugie podajemy im drogi przebyte takim samym ruchem w pierwszej jednostce czasu i każemy podać wielkość przyspieszenia. Przy wszystkich przykładach starannie przestrzegamy poprawności odpowiedzi co do jednostek.

Zadajemy nakoniec uczniom następujące pytanie. Ciało, znajdujące się w spoczynku, zaczyna się poruszać ruchem coraz szybszym (przyspieszonym). Chcemy zbadać, jaki to jest ruch. Ile pytań musimy sobie zadać? (dwa). Jakie jest pierwsze pytanie? (czy ruch jest *jednostajnie* przyspieszony). O ile ma cel zadawanie sobie drugiego pytania? (O tyle tylko, o ile na pierwsze uzyskamy odpowiedź dodatnią). Jakie jest drugie pytanie? (o wielkość przyspieszenia). Jaki pomiar musimy przeprowadzić, aby na te oba pytania odpowiedzieć? Na podstawie czego odpowiadamy na pierwsze, a na podstawie czego na drugie pytanie? Jak odpowiadamy?

Wprowadziliśmy ten „łatwiejszy“ sposób sprawdzania, czy ruch jest jednostajnie przyspieszony, oraz pomiaru przyspieszenia, nie tylko dlatego, że takie pomiary dadzą się czasem istotnie wykonać w szkole (spadkownica Atwooda, spadanie po płaszczyźnie pochyłej). Ważniejszym celem było uczynić umysłom uczniów pojęcie „jednostajnej zmienności“ ruchu i pojęcie przyspieszenia bardziej uchwytnem, wpoić w nie poczucie, że to są pojęcia, dopuszczające istotnie pomiar, podać im sposób pomiaru, któryby sobie łatwo wyobrażali (mimo, że niełatwo jest go zrobić). To skonkretyzowanie pojęć odda nam duże usługi przy „doświadczeniach pomyślnych“, zapomocą których musimy pokonywać poważne trudności, jakie nastroją uczniom zasady dynamiki.

Kończymy naukę kinematyki odbyciem z uczniami przeglądu wprowadzonych pojęć, praw, metod, jednostek.

A. DMOCHOWSKI.

Dyrektor Szkolnej Pracowni Przyrodniczej w Wilnie.

Przyrządy do ćwiczeń uczniów z mechaniki.

WSTĘP.

A. Uwagi o pracowni.

W nauczaniu fizyki i przyrody martwej najważniejszą rzeczą jest zorganizowanie ćwiczeń dla II i III klasy szkół średnich i dla VI i VII oddziału szkół powszechnych. W szkołach średnich ćwiczenia (własnoręczne) uczniów zaczynać należy od klas niższych i stopniowo wprowadzać je w klasy starszych. Wprowadzenie ćwiczeń od razu do klas starszych nie daje rezultatów dodatnich.

Przy urządzaniu pracowni uważam za najgłówniejszą rzecz uzyskanie od dyrekcji szkoły osobnego pokoju, o powierzchni $10 \times 9 \text{ m.}^2$, aby pracować w nim mogła cała klasa, składająca się z 42—45 dzieci. Pokój powinien być widny, lecz najwyżej o 3 oknach, gdyż przy większej ich ilości trudno będzie zaciemnić salę przy ćwiczeniach ze światłem.

Do pracowni dyrekcja szkoły powinna przydzielić woźnego lub woźną, których inne prace muszą być odpowiednio zmniejszone. Woźny nie tylko opala i sprząta pracownię, lecz przygotowuje przyrządy i materiały do każdego ćwiczenia, czyści je i chowa po ukończeniu lekcji. Podczas ćwiczenia pomaga nauczycielowi.

Umeblowanie pracowni powinno być najprostsze: 6 zwyczajnych stołów do ćwiczeń, pomalowanych ciemną farbą olejną (pokostową), rozmiarów $2 \text{ m.} \times 93 \text{ cm.} \times 81 \text{ cm.}$, dla 6—8 uczniów każdy, 1 zapasowy

stół takich samych rozmiarów przeznaczony do ustawiania zbytecznych przyrządów, naczyń, statywów, i 1 stół dla nauczyciela rozmiarów 2, 8 m. $\times$ 70 cm. $\times$ 81 cm. Ten ostatni stół, posiadający szufladki i półki, należałoby umieścić na podwyższeniu 4 m. $\times$ 1, 85 m. $\times$ 23 cm. Przed stołami na ścianie trzeba umieścić 2 tablice, rozmiarów 1, 4 m. $\times$ 1 m. Odległość tablic od stołu musi wynosić 1 m. 30 cm., żeby nie krępować ruchów nauczyciela. Prócz stołów i tablic w pracowni powinno być 12 zydli, 12 taboretów, duża etażerka, 1 większa szafa, lub 2 mniejsze, rozmiarów 2 m. $\times$ 1 m. 20 cm. $\times$ 50 cm. z 4 półkami. Okna muszą posiadać okienice wewnętrzne, zrobione z bardzo suchego drzewa. Takie urządzenie pracowni będzie kosztowało około 1000 zł. (szczegółowy wykaz kosztów dołączony na końcu tej pracy).

Bardzo często przy urządzeniu pracowni szkolnej nauczyciele wzorują się na pracowniach szkół wyższych, co jest zupełnie błędne, a podnosi znakomicie koszt urządzenia pracowni. Zadania szkoły wyższej z jednej strony, a szkoły średniej i powszechnej z drugiej, są zupełnie odmienne, podobnie jak wiek młodzieży, studjującej swą specjalność w uczelni wyższej i uczniów, uczęszczających do szkół średnich i powszechnych w celach ogólnego wykształcenia.

Uważam również za nieodpowiednie dla nas wzorowanie się na szkołach zagranicznych, gdzie rozporządza się zazwyczaj dużymi środkami materjalnymi i można łatwo i stosunkowo tanio nabyć na miejscu wszelkiego rodzaju urządzenia, instalacje, przyrządy. My jesteśmy pod tym względem w zupełnie odmiennych warunkach i musimy się do nich zastosować.

Ze względów zarówno oszczędnościowych, jak i pedagogicznych, unikać trzeba w szkolnej pracowni urządzeń kosztownych i przyrządów drogiej, bez których można się zupełnie obyć. Tak np. instalację gazową uważam za zupełnie zbyteczną i nawet niebezpieczną, gdy chodzi o ćwiczenia młodszych dzieci. Do ogrzewania przyrządów i jako źródła ciepła używamy stale w Pracowni Wileńskiej lampek spirytusowych i maszynki naftowej „Primus”. Przy ogrzewaniu podczas ćwiczeń niewielkich ilości materiałów korzystamy z powodzeniem z płomyka świecy. Podobnie można się obyć bez instalacji elektrycznej, wodociągu i zlewu.

Jeżeli zaś szkoła rozporządza pewnymi środkami, to zamiast urządzeń kosztownych i przyrządów drogiej, korzystniej jest nabyć cały szereg drobnych rzeczy, bez których nie można prowadzić ćwiczeń — np. małych zwyczajnych wałek żelaznych, kompletów odważników, termometrów, szklanek z odlewem, measurek, statywów

drewnianych, zbiorów mineralogicznych (po 12 dużych egzemplarzy każdego okazu) i t. d.

Uważam, że jeżeli szkoła w ciągu 6 lat będzie w możności wydawać po 500 zł. rocznie na pracownię dla ćwiczeń z fizyki i przyrody martwej, to będzie mogła zaopatrzyć się w przyrządy do wszystkich działów fizyki na 12 grup. W pierwszym roku jedynie należałoby wyasygnować 1000 zł., w 4 zaś następne po 500 zł.

Pracownia ma być miejscem stałej, codziennej pracy, nie zaś uroczystym eleganckim gabinetem. Każda lekcja z fizyki lub przyrody martwej powinna być przeprowadzona w pracowni, t. j. nie tylko ćwiczenia, lecz i omówienie ich, bo zawsze nadarzy się okazja pokazania dzieciom, czy to tablicy, czy przyrządu, czy nawet jakiegoś doświadczenia.

B. Ogólne uwagi o przyrządach.

Opisane niżej przyrządy do ćwiczeń uczniowskich z zakresu mechaniki pozwalają objąć prawie całokształt zagadnień tego działu fizyki, mianowicie: składanie sił, równowagę ciała podpartego, maszyny proste (dźwignię, wagę, kołowrót, bloki i równię pochyłą), siłę dośrodkową i odśrodkową.

Przyrządy te są stale używane do ćwiczeń w Pracowni Wileńskiej przez szkoły powszechne. Przypuszczam jednak, iż nadają się one i dla szkół średnich. Ze szkołami powszechnymi przerabiany tylko część opisanych tu ćwiczeń, wybierając najbardziej charakterystyczne dla każdego zagadnienia.

Historję powstania tych przyrządów wyświetlają następujące wyjaśnienia.

Już od lat 5 systematycznie, pod moim kierunkiem i kontrolą, odbywają się w Pracowni Wileńskiej własnoręczne ćwiczenia uczniów z dziedziny fizyki, chemii i mineralogii dla VI i VII oddziałów szkół powszechnych. Również systematycznie prowadzę osobiście co tydzień z nauczycielami szkół powszechnych konferencje, które mają na celu opracowywanie tych ćwiczeń.

Przy organizowaniu powyższych prac zauważyłem brak w Polsce odpowiednich przyrządów fizycznych i przekonałem się o niemożności zastosowania w naszych warunkach wyrobów zagranicznych ze względu na ich kosztowność i trudność sprowadzenia. Wobec tego stopniowo z materiałów tanich skonstruowałem cały szereg przyrządów prostych do ćwiczeń z mechaniki, ciepła, światła i elektrostatyki.

Sporządzając powyższe przyrządy byłem powodowany również względami pedagogicznymi, gdyż przy posługiwaniu się przyrządem prostym uwaga dziecka nie rozprasza się na oglądanie zbytecznych szczegółów samego przyrządu, lecz skupia się tylko na badanym zjawisku. Uczeń stopniowo przekonywa się, że zjawiska fizyczne zachodzą wszędzie dokoła niego, a nie wyłącznie w pokoju z napisem „gabinet fizyczny“ i nie tylko w przyrządach, jakie się tam znajdują.

Moje zadanie ułatwiała i ta okoliczność, że przy ćwiczeniach własnoręcznych pracuje jednym przyrządem tylko kilku uczniów, którzy obserwują zjawiska zbliżone. A więc przyrząd może być nieduży i bez takich urządzeń dodatkowych, które czyniłyby badane zjawisko widocznym zdaleka, jednocześnie dla całej klasy.

Do takich prostych przyrządów należą opisane niżej przyrządy z mechaniki. Przy konstruowaniu ich starałem się, aby każdy przyrząd mógł być zrobiony na miejscu, w szkole. W tym celu, oprócz użycia materiałów, które wszędzie można znaleźć, wykorzystywałem umiejętność jedynie przeciętnego stolarza i ślusarza. Uważam, że te proste roboty, zwłaszcza stolarskie, mogą wykonać uczniowie podczas lekcji robót ręcznych. Ułożenie skali i podziałek na przyrządach powinno być wykonane przez nauczyciela lub pilnego ucznia, mającego zamiłowanie do fizyki. Każdy przyrząd musi być jak najstaranniej wykończony, a nawet polerowany. Poza względami estetycznymi bowiem, praktyka wykazała mi, że takie przyrządy uczniowie bardziej szanują.

Nasze przyrządy do ćwiczeń z mechaniki różnią się nieco od używanych zazwyczaj wyrobów fabrycznych.

1) Do wszystkich prawie ćwiczeń z mechaniki używamy dynamometrów własnej konstrukcji, czułości do 10 gr. Dynamometry te posiadają ostrza, którymi przyczepiamy je do stołów. Dzięki temu składanie sił i badanie maszyn prowadzimy w płaszczyźnie *poziomej*, t. j. bezpośrednio na stole do ćwiczeń. O ile te stoły są kosztowne, ćwiczenia można odbywać na deskach, w rodzaju rysunkowych, rozmiarów 75 cm. × 80 cm., ułożonych na tych stołach.

2) Użycie dynamometrów i poziome rozmieszczenie przyrządów daje możliwość szybkiego i łatwego zmieniania kierunków i wielkości działających sił, jak również dokładnego obliczania dróg, odbytych przez punkty zaczepienia tych sił. Tym sposobem uczniowie na każdym przyrządzie mogą sprawdzić, że praca oporu i praca siły czynnej są jednakowe.

3) Powyżej przytoczone okoliczności pozwalają nam obyć się bez statywów, bloków i ciężarków, t. j. znacznie uprościć ćwiczenia.

4) Do badania siły dośrodkowej i odśrodkowej używamy również dynamometrów, lecz z rękojeścią i specjalną wskazówką. Taki dynamometr z zawieszonym u dołu ciałem wprowadzamy ręką w ruch wirowy lub wahadłowy. Po zatrzymaniu przyrządu położenie wskazówki daje nam od razu zarówno wielkość badanych sił, jak i zależność ich od masy ciała, prędkości ruchu i od promienia koła, zakreślanego przez ciało. Przy użyciu naszego przyrządu uczniowie spostrzegą, że nawet b. lekkie ciała wywołują podczas szybkiego wirowania potężną siłę odśrodkową (np. 10 gr. przy 2–3 obrotach na sekundę daje siłę odśrodkową do 550 gr.).

5) Przy równi pochyłej dzięki dynamometrowi możemy łatwo zauważyć stopniową zmianę siły, utrzymującej ciało na równi, w związku ze zmianą nachylenia tej równi.

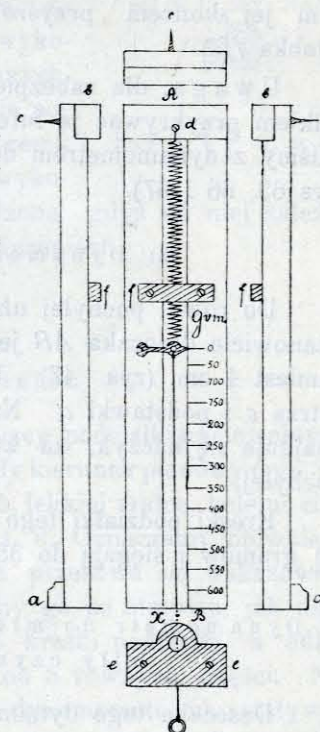
6) Do badania czułości wagi, jak również pewności równowagi ciała podpartego używamy także przyrządów prostych, łatwych do wykonania i praktycznych w użyciu.

Rozdział I. Dynamometry.

a) Dynamometr do mierzenia wypadkowej przy składaniu sił i oporu przy maszynach.

Dynamometr ten (rys. 1) składa się ze zwiniętej sprężyny stalowej, umocowanej na drewnianej klonowej deseczce AB, rozmiarów 20 cm. × 4 cm. × 1 cm. Do górnej części tej deseczki przymocowane jest u dołu ostrze c, za pomocą którego dynamometr przytwierdza się do stołu. Podstawa a w dolnej części dynamometru nadaje mu pozycję poziomą.

Górny koniec sprężyny jest przymocowany do środka d listewki b, przyklejonej do deseczki AB. Sprężyna układa się swobodnie w rowku, wyłobionym pośrodku wzdłuż deseczki AB. Sprężyna zwinięta jest z drutu stalowego, grubości 0,65 mm., długości 4 m. i składa się ze 166 zwojów, których średnica wynosi 0,6 cm. Długość nierozciągniętej sprężyny = 9,2 cm. Największe możliwe rozciągnięcie sprężyny stanowi podwójną długość jej, t. j. 18,4 cm. Grubość pręta metalowego, na którym nawijamy sprężynę, wynosi



Rys. 1. ($\frac{1}{3}$ w. n.)

$4\frac{1}{2}$ mm. Kąt nachylenia zwojów stanowi 85° w przybliżeniu w stronę sprężyny.

Do dolnego końca sprężyny przylutowana jest wskazówka, która przy rozciąganiu sprężyny porusza się wzdłuż podziałki z 60 kreskami, odpowiadającymi każda 10 gramom, a więc cała podziałka odpowiada 600 gr. W ten sposób czułość dynamometru przewyższa 10 gr.

Do wspomnianej wyżej wskazówki przywiązany jest sznurek jedwabny, który kończy się kółkiem metalowym *p*. Sznupek ten przechodzi przez otwór kawałka blachy cynkowej *ee*, która przyśrubowana jest do dolnego końca deseczki *AB*. Na odległości 3 cm. od kółka *p* sznurek obwiązany jest nitką kolorową, co stanowi kolorowy punkt *x*, grający poważną rolę przy określaniu drogi, odbytej przez siłę, a więc i pracy siły.

Aby sprężyna dynamometru nie zsuwała się na bok, nad dolnym jej końcem przyśrubowana jest do deseczki *AB* metalowa sztabka *ff*.

U w a g a: dla zabezpieczenia sprężyny od uszkodzeń zamierzamy całkiem przykrywać ją futerałem metalowym, jak to częściowo zrobiliśmy z dynamometrem do badania siły odśrodkowej i dośrodkowej (rys 63, 66 i 67).

b) Dynamometr do równi pochyłej.

Do równi pochyłej używamy dynamometru nieco zmienionego, mianowicie deseczka *AB* jest w nim trochę szersza i wynosi 6 cm. zamiast 4 cm. (rys. 47). Prócz tego dynamometr ten nie posiada ostrza *c* i podstawki *a*. Natomiast na górnym końcu dynamometru znajduje się haczyk, za który przyczepiamy dynamometr do równi pochyłej.

Kreski podziałki tego dynamometru umieszczone są również co 10 gramów i sięgają do 350 gr.

c) Dynamometr do mierzenia sił składowych, jak również siły czynnej przy maszynach.

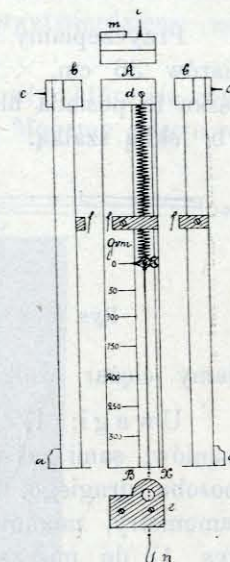
Deseczka tego dynamometru ma szerokość tylko 2, 7 cm., zwężono bowiem tę stronę deseczki, która nie zawiera podziałki (rys. 2). Sprężyna przymocowana jest nieco z boku, w punkcie *d*. Wobec tego i ostrze *c* znajduje się również nie w środku, a równowagę przyrządowi zapewnia podstawa *m*. Nieco zmieniony kształt posiadają blaszki metalowe *ee* i *ff*; sznurek dynamometru kończy się ha-

czykiem *n*. Na odległości 3-ch centymetrów od haczyka znajduje się na sznurku kolorowy punkt *x*.

Jedne z tych wąskich dynamometrów mają podziałkę z lewej strony, jak wskazuje rys. 2, inne zaś z prawej. Zrobiono to w tym celu, ażeby przy składaniu sił rozbieżnych sprężyny dynamometrów można było umieścić tuż obok siebie, a więc kąt między siłami składowymi możliwie zbliżyć do 0° (rys. 11).

Kreski podziałki tego dynamometru, umieszczone co 10 gramów, sięgają do 300 gr. Grubość drutu stalowego, użytego na sprężynę, wynosi 0,55 mm.

Drewniane części tych dynamometrów może wykonać stolarz, a metalowe — ślusarz, który zmontuje cały dynamometr. Uważam, że takie dynamometry mogą być również wykonane przez uczniów na lekcjach robót ręcznych. Nauczycielowi pozostanie tylko sporządzenie podziałki, co można polecić również dobremu uczniowi. Podziałka jednak musi być wykonana bardzo starannie, a następnie sprawdzona, gdyż od niej zależy otrzymanie dobrych rezultatów przy ćwiczeniach.



Rys. 2. ($\frac{1}{4}$ w. m.)

Ćwiczenie 1.

Sporządzanie podziałki.

Zawieszamy dynamometr nie posiadający podziałki na dowolnym statywie tak, ażeby sprężyna i sznurek przyjęły kierunek pionowy (rys. 3). Następnie zawieszamy na dynametrze, na b. lekkiej szalce, kolejno ciężarki 50 gr., 100 gr., 150 gr. i t. d. Oznaczamy ołówkiem miejsca na deseczce, do których przesuwa się wskazówka dynamometru. Potem zdejmujemy go ze statywu, jak najdokładniej kreślimy wyznaczone kreski podziałki, a odległości między nimi dzielimy na 5 równych części. Na zakończenie znów zawieszamy dynamometr na statywie i sprawdzamy działki pośrednie, t. j. 60 gr., 70 gr., 100 gr., 120 gr. i t. d.



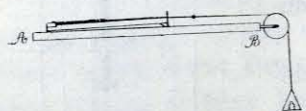
Rys. 3.

U w a g a: Przy sporządzeniu podziałki uwzględniamy ciężar szalki — np. 6 gr., mianowicie nakładamy na nią jeszcze 4 gr., otrzymujemy razem 10 gr. Szalka wykonana jak u wagi — patrz rys. 28.

Ćwiczenie 2.

Sporządzanie podziałki.

Przyczepiamy dynamometr nie posiadający skali do deski, rozmiarów $36 \text{ cm.} \times 10 \text{ cm.} \times 2 \text{ cm.}$, ułożonej na brzegu stołu (rys. 4). Deska ta posiada blok stały, przez który przerzucony jest sznurek z b. lekką szalką. Układamy na niej kolejno ciężarki 50 gr., 100



Rys. 4.

gr., 150 gr. i t. d. i otrzymujemy odpowiednie kreski podziałki. Następnie dzielimy odległość między temi kreskami na 5 równych części i sprawdzamy działki pośrednie, to j. 60 gr., 70 gr., 110 gr., 120 gr., 160 gr. i t. d. Przy tem również uwzględniamy ciężar szalki (patrz: uwaga w poprzednim ćwiczeniu).

Uwagi: 1) sposobu pierwszego używamy przy ćwiczeniach uczniów; sami zaś przy sporządzaniu dynamometrów korzystamy ze sposobu drugiego; 2) dla każdej grupy uczniów potrzebne są 4 dynamometry, mianowicie 1 do równi pochyłej (rys. 47), 1 szerszy (rys. 1) do mierzenia wypadkowej lub oporu i 2 wąskie (rys. 2) do mierzenia sił składowych i siły czynnej przy maszynach. Prócz tego musimy mieć w zapasie 12 dynamometrów dla ćwiczeń w sporządzaniu podziałki. Podziałkę rysuje się na deseczce AB ołówkiem zwyczajnym i przed każdym nowym ćwiczeniem ściera się ją.

Rozdział II. Składanie sił rozbieżnych.

Przyrządy. Przyrząd składa się z 3-ch dynamometrów: szerszego, z podziałką do 600 gr., zaopatrzonego w kółeczko metalowe p (rys. 1) i dwóch wąskich, z podziałką do 300 gr., zaopatrzonych w haczyki n (rys. 2). Jeden z tych wąskich dynamometrów ma skalę z prawej strony, a drugi z lewej. Punkt przytwierdzenia do stołu szerszego dynamometru nie zmienia się podczas ćwiczeń, przesuwa się natomiast dynamometry wąskie.

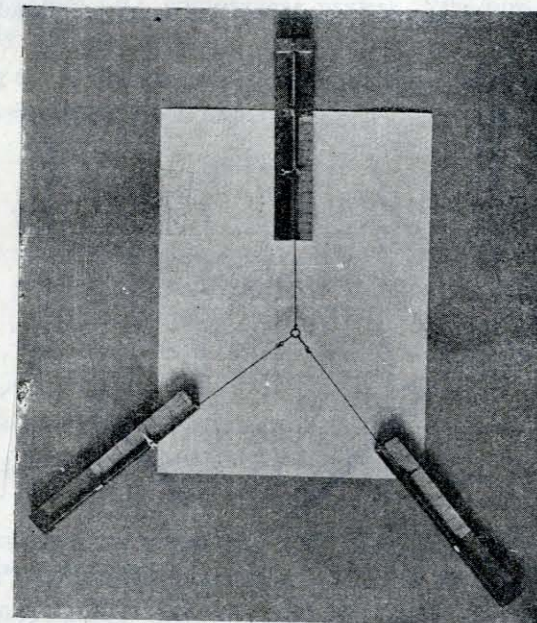
Ćwiczenie 1.

Siły składowe, siła równoważna, siła wypadkowa.

Przytwierdzamy do stołu szerszy dynamometr, a do jego kółeczka p przyczepiamy 2 wąskie. Następnie układamy pod kółkiem metalowym $\frac{1}{4}$ arkusza papieru, który przymocowujemy do stołu pluskiewkami. A teraz, trzymając lewy wąski w lewej ręce, a prawy — w prawej, odciągamy je powoli od kółeczka metalowego p tak, ażeby

prawy wskazał 200 gr., lewy — 150 gr., a kąt między sznurami tych dynamometrów był bliski 90° . Wtenczas szeroki dynamometr wskaże 250 gr. (rys. 5). Po otrzymaniu tego wyniku przytwierdzamy wąskie dynamometry do stołu.

Dyskusja. Na kółko metalowe p działają 3 siły, które się równoważą, gdyż kółko znajduje się w spoczynku. Możemy więc uważać, że:

Rys. 5. ($\frac{1}{7}$ w. n.)

- 1) siły 150 gr. i 200 gr. są siłami składowymi, a w takim razie siła 250 gr. jest siłą równoważną;
- 2) siły 250 gr. i 150 gr. są składowe, siła 200 gr. jest równoważną;
- 3) siły 250 gr. i 200 gr. są składowe, siła 150 gr. jest równoważną.

Uwaga. Siła, przeciwna co do kierunku równoważnej, a co do wielkości jej równa, nazywa się siłą wypadkową.

Wniosek:

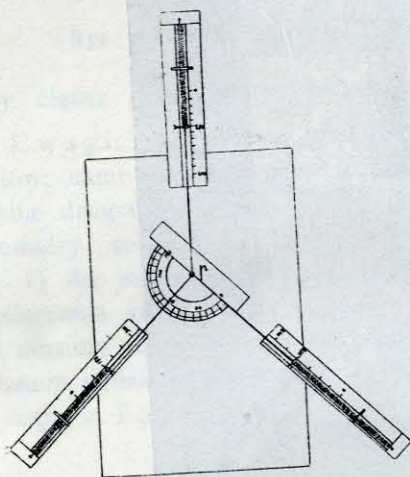
- a) równoważna, a więc i wypadkowa, jest mniejsza, niż suma składowych (np. $150 \text{ gr.} < 250 \text{ gr.} + 200 \text{ gr.}$; $250 \text{ gr.} < 150 \text{ gr.} + 200 \text{ gr.}$).

b) równoważna, a więc i wypadkowa, jest większa, niż różnica składowych (np. 150 gr. > 250 gr. — 200 gr.; 200 gr. > 250 gr. — 150 gr.).

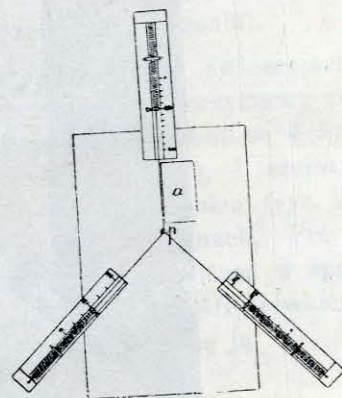
Ćwiczenie 2.

Równoległobok sił.

W celu ściślejszego otrzymania kąta 90° między siłami składowymi, układamy pod kółkiem metalowym p zwyczajny kątomierz tak, ażeby pod środkiem kółka znalazł się dokładnie środek łuku kątomierza (rys. 6). Następnie średnicę kątomierza układamy wzdłuż



Rys. 6. ($\frac{1}{8}$ w. n.)



Rys. 7. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

sznurka prawego dynamometru. Wtenczas sznurek lewego powinien wskazać kąt 90° ; w przeciwnym razie należy lewy dynamometr odpowiednio przesunąć.

Uwaga. Dla uniknięcia błędów paralaksy trzeba patrzeć na kątomierz pionowo z góry, a nie z boku.

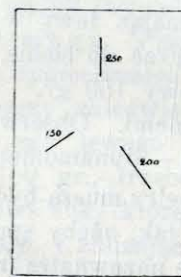
Następnie usuwamy kątomierz i, posługując się bryłką drewnianą a (rys. 7) rozmiarów 8 cm. $\times$ 4 cm. $\times$ 5 cm., kreślimy ołówkiem na podłożonym papierze kierunki trzech sznurków od dynamometrów i obok każdego nakreślonego odcinka prostej zaznaczamy wielkość siły.

Uwaga. Ostrożnie i powoli przysuwamy bryłkę a do zetknięcia się ze sznurkiem dynamometru (rys. 7) i następnie kreślimy ołówkiem, ostro zatemperowanym, prostą wzdłuż dolnej krawędzi naszej bryłki. Kreślenie to trzeba wykonać bardzo starannie.

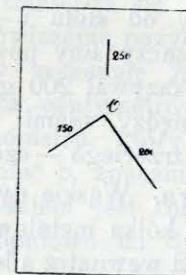
Usuwamy teraz bryłkę a i papier z pod sznurków. Na papierze spostrzegamy (rys. 8) trzy odcinki prostych, które wskazują kie-

runki sił składowych i równoważnej. Przedłużamy kierunki sił składowych — 150 gr. i 200 gr. do przecięcia się w punkcie O — rys. 9. Na tych przecinających się prostych kreślimy równoległobok o bokach $OA = 75$ mm. (odcinek 75 mm. oznacza siłę 150 gr.) i $OB = 100$ mm. (odcinek 100 mm. oznacza siłę 200 gr.). Z punktu A kreślimy łuk promieniem 100 mm. (rys. 10), a z punktu B — promieniem 75 mm. Punkt C przecięcia się łuków łączymy z punktami O , A i B i otrzymujemy równoległobok $OACB$. Mierzymy papierem milimetrowym długość przekątnej OC , wynoszącą prawie 125 mm., co odpowiada wielkości siły 250 gr.

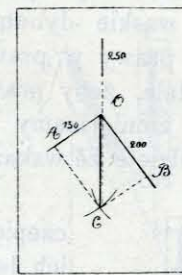
Uwaga. O ile ćwiczenie wykonaliśmy starannie, różnica nie powinna przekraczać 1–2 mm.



Rys. 8. ($\frac{1}{10}$ w. n.)



Rys. 9. ($\frac{1}{10}$ w. n.)



Rys. 10. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

Wnioskujemy, że przekątna OC wielkością odpowiada sile wypadkowej. Przedłużamy przekątną OC . O ile ćwiczenie wykonaliśmy starannie, to kierunek siły 250 gr. musi się złąć z przedłużeniem OC , lub bardzo mało odeń się różnić. Wnioskujemy, że przekątna OC co do kierunku również przedstawia siłę wypadkową.

Ogólny wniosek: wypadkowa dwóch sił rozbieżnych wyraża się, co do wielkości i kierunku, przekątną równoległoboku, wystawionego na danych siłach.

Ćwiczenie 3.

Zależność równoważnej od kąta między siłami rozbieżnymi.

Mierzymy na papierze (rys. 10) kątomierzem kąty pomiędzy siłami składowymi oraz wielkość siły równoważnej — we wszystkich trzech możliwych wypadkach. Otrzymujemy 90° , 125° i 145° .

Dyskusja.

1) siły	{ 150 gr.	kąt między	równoważna (wy-
składowe	{ 200 gr.	niemi 90°	padkowa) = 250 gr.

2) siły składowe	$\begin{cases} 150 \text{ gr.} \\ 250 \text{ gr.} \end{cases}$	$\begin{cases} \text{kąt między} \\ \text{niemi } 125^\circ \end{cases}$	$\begin{cases} \text{równoważna (wy-} \\ \text{padkowa)} \end{cases} = 200 \text{ gr.}$
3) siły składowe	$\begin{cases} 200 \text{ gr.} \\ 250 \text{ gr.} \end{cases}$	$\begin{cases} \text{kąt między} \\ \text{niemi } 145^\circ \end{cases}$	$\begin{cases} \text{równoważna (wy-} \\ \text{padkowa)} \end{cases} = 150 \text{ gr.}$

Wniosek. Przy powiększaniu kąta między siłami rozbieżnymi, równoważna, a więc i wypadkowa zmniejsza się, nawet wtedy, gdy obie składowe lub jedna z nich nieco się zwiększa.

Ćwiczenie 4.

Zmniejszenie kąta między siłami rozbieżnymi.

Ustawiamy dynamometry zgodnie z rys. 5. Następnie odczepiamy wąskie dynamometry od stołu i — trzymając lewy w lewej ręce, a prawy w prawej — zaczynamy powoli zbliżać do siebie, uważając stale, żeby prawy wskazywał 200 gr., a lewy 150 gr. W ten sposób zmniejszamy kąt między siłami rozbieżnymi. Obserwujemy co się dzieje ze wskazówką trzeciego — szerszego — dynamometru.

Uwaga. Wąskie dynamometry muszą być przyćepione do kółka metalowego p tak, ażeby sprężyny ich leżały od wewnątrz a ich skale nazewnątrz (rys. 5).

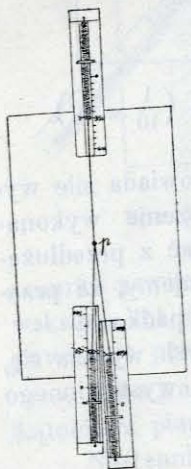
Wniosek. Przy zmniejszaniu się kąta między siłami składowymi, równoważna, a więc i wypadkowa zwiększa się.

Zmniejszamy nadal kąt między siłami składowymi, o ile się da, t. j. umieszczamy wąskie dynamometry jeden obok drugiego (rys. 11). W tym przypadku kąt między siłami składowymi będzie bliski 0° (na naszym przyrządzie można zmniejszyć ten kąt do 6°).

Zauważymy teraz, że równoważna równa się 350 gr., t. j. sumie sił składowych 150 gr. i 200 gr.

Wniosek. Równoważna, a więc i wypadkowa dwóch sił, działających w kierunku zgodnym, równa się sumie tych sił.

Jeżeli w tym przypadku siły 350 gr. i 150 gr. uważać za składowe, to kąt między niemi jest b. bliski 180° (w naszym przyrządzie 178°), a więc będą to siły, których kierunki są przeciwnie. Równoważną tych sił będzie w danym razie napięcie trzeciego dynamometru, wynoszące 200 gr., co stanowi różnicę między siłami składowymi (350 gr. — 150 gr. = 200 gr.).



Rys. 11. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

Wniosek. Równoważna, a więc i wypadkowa dwóch sił o kierunkach przeciwnych równa się różnicy tych sił.

Ćwiczenie 5.

Zwiększenie kąta między siłami rozbieżnymi.

Ustawiamy dynamometry zgodnie z rys. 5. Następnie odczepiamy od stołu wąskie dynamometry i — trzymając prawy w prawej ręce, a lewy w lewej — zaczynamy powoli odsuwać lewy od prawego, uważając, ażeby lewy wskazywał stale 150 gr., a prawy 200 gr. Obserwujemy, co się dzieje ze wskazówką trzeciego — szerszego — dynamometru.

Wniosek. W miarę powiększania kąta między siłami rozbieżnymi, równoważna (wypadkowa) zmniejsza się.

Uwaga. Przy tem ćwiczeniu pozycję prawego dynamometru, który wskazuje 200 gr., zmieniamy zaledwie o kilka centymetrów. Pozycję zaś lewego dynamometru, który wskazuje 150 gr., trzeba zmieniać b. znacznie, kreśląc nim łuk, którego środkiem jest kółko metalowe p , i zbliżając go stopniowo do dynamometru szerszego.

Odsuwamy lewy dynamometr od prawego jak najdalej, mianowicie tak, ażeby kąt między niemi zbliżył się, o ile się da, 180° (w naszym przyrządzie 178° — rys. 12). Zauważymy, że równoważna zbliża się do 50 gr., t. j. do różnicy między siłami składowymi (200 gr. — 150 gr. = 50 gr.).

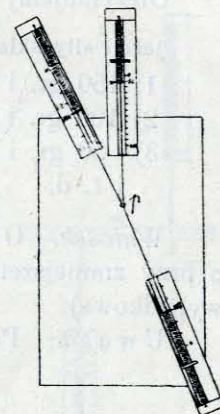
Wniosek. Równoważna, a więc i wypadkowa dwóch sił o kierunkach przeciwnych równa się różnicy tych sił.

Ćwiczenie 6.

Zależność równoważnej od wielkości sił składowych.

Ustawiamy dynamometry zgodnie z rys. 5. Następnie odczepiamy wąskie dynamometry od stołu i — trzymając lewy w lewej ręce, a prawy w prawej — zaczynamy powoli odciągać je od kółka metalowego p , starając się jednocześnie nie zmieniać kąta 90° (w przybliżeniu) między siłami składowymi.

Zauważymy, że — przy kącie między siłami rozbieżnymi, wynoszącym 90° —



Rys. 12. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

jeżeli siły składowe są:

- 1) 150 gr. i 200 gr.
- 2) 180 gr. i 240 gr.
- 3) 200 gr. i 280 gr.
- i t. d.

to siła równoważna wynosi:

- 1) 250 gr.
- 2) 300 gr.
- 3) 350 gr.

Wniosek. Jeżeli kąt między siłami rozbieżnymi nie zmienia się, to z powiększeniem sił składowych zwiększa się odpowiednio i równoważna (wypadkowa).

Uwaga. Rezultaty, otrzymane w rzeczywistości, nieco różnią się od obliczonych teoretycznie, gdyż prócz pewnej niedokładności dynamometrów kąt 90° otrzymujemy tylko w przybliżeniu.

Powtarzamy poprzednie ćwiczenie, lecz siły składowe zmniejszamy, nie zmieniając kąta 90° między nimi.

Otrzymujemy np. następujące wyniki:

jeżeli siły składowe są:

- 1) 150 gr. i 200 gr.
- 2) 100 gr. i 150 gr.
- 3) 50 gr. i 100 gr.
- i t. d.

to siła równoważna wynosi:

- 1) 250 gr.
- 2) 185 gr.
- 3) 120 gr.

Wniosek. O ile kąt między siłami rozbieżnymi nie zmienia się, to przy zmniejszeniu tych sił, zmniejsza się odpowiednio i równoważna (wypadkowa).

Uwaga: Patrz poprzednią uwagę.

Ćwiczenie 7.

Rozkład siły.

Ustawiamy dynamometry zgodnie z rys. 5. Spostrzegamy, że siła 250 gr. równoważy się dwoma siłami rozbieżnymi 150 gr. i 200 gr., których kierunki tworzą kąt 90° . Siła 250 gr. może jednak być zrównoważoną przez siłę również 250 gr., lecz o kierunku przeciwnym. A więc działania dwóch rozbieżnych sił 150 gr. i 200 gr. i jednej siły 250 gr. są identyczne, t. j. siłę 250 gr. można zamienić na 2 rozbieżne 150 gr. i 200 gr. Taka zamiana nazywa się rozkładem siły.

Będziemy teraz zmniejszali nasze siły 150 gr. i 200 gr., jednocześnie tak zmniejszając kąt między nimi, ażeby szerszy dynamometr wskazywał 250 gr. Otrzymujemy rozkład siły 250 gr. na szereg par sił składowych, mianowicie na siły:

- 1) 150 gr. i 200 gr., przy kącie między nimi $= 90^\circ$
- 2) 115 gr. i 165 gr., " " " " $= 67^\circ$
- 3) 110 gr. i 150 gr., " " " " $= 49^\circ$ i t. d.

Powtarzamy to doświadczenie, ale zwiększamy każdą z sił składowych, zwiększając jednocześnie i kąt między nimi. Otrzymujemy nowy rozkład siły 250 gr. na szereg par sił składowych, mianowicie na siły:

- 1) 150 gr. i 200 gr., przy kącie między nimi $= 90^\circ$
- 2) 170 gr. i 250 gr., " " " " $= 112^\circ$
- 3) 170 gr. i 300 gr., " " " " $= 127^\circ$ i t. d.

Wniosek. Każdą siłę można rozłożyć na dwie składowe najrozmaitszymi sposobami, t. j. zadanie rozłożenia danej siły na dwie inne ma nieograniczoną ilość rozwiązań, czyli jest zadaniem nieokreślonym.

Rozdział III. Składanie sił równoległych.

Przyrządy. Jako ciała, do którego przykładamy siły równoległe, używamy deseczki *AB* (rys. 13) z klonu, rozmiarów 30 cm. $\times$ 1,5 cm. $\times$ 0,5 cm.

W deseczce tej są osadzone 4 osie:

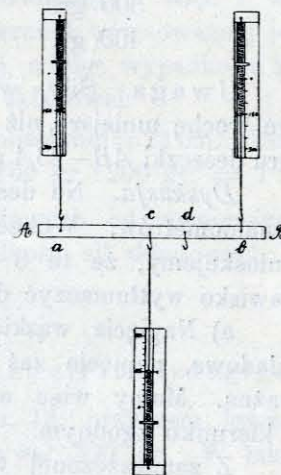
1) 2 boczne *a* i *b*, między którymi odległość $= 24$ cm., umieszczone o 3 cm. od końców deseczki,

2) pierwsza środkowa oś *c* — w środku ciężkości deseczki na połowie odległości (12 cm.) między osiami bocznymi,

3) druga środkowa oś *d* tak umieszczona, iż dzieli odległość między osiami bocznymi na części równe $\frac{1}{3}$ i $\frac{2}{3}$ całkowitej odległości, t. j. o 8 cm. od osi *b* i o 16 cm. od osi *a*.

Boczne osie *a* i *b* posiadają strzemionka, a środkowe *c* i *d* — haczyki.

Do dwóch bocznych osi przyczepiamy dynamometry wąskie, a do jednej ze środkowych — dynamometr szerszy. Rysunki 13 — 17 dają wyraźny obraz całego układu.



Rys. 13. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

A. Punkt zaczepienia siły środkowej połowi odległość między punktami zaczepienia sił skrajnych.

Ćwiczenie 1.

Kierunek sił jest prostopadły do prostej, łączącej punkty zaczepienia.

Przytwierdzamy do stołu 2 wąskie dynamometry, w odległości 24 cm. jeden od drugiego. Haczyki tych dynamometrów zaczepiamy za strzemionka *a* i *b* naszej deseczki *AB* (rys. 13). Do haczyka zaś

c tej deseczki przyczepiamy dynamometr szerszy i odciągamy go powoli w kierunku prostopadłym od deseczki, ażeby utworzyła się figura, przedstawiona na rys. 13. Jeżeli przytem szerszy dynamometr wskaże np. 200 gr., to każdy z dynamometrów wąskich będzie wskazywać około 100 gr.

U w a g a. Deseczka AB powinna przytem nie dotykać stołu, lecz wisieć w powietrzu.

Następnie odciągamy stopniowo i powoli coraz dalej szerszy dynamometr i notujemy wielkości sił, wskazywane przez 3 nasze dynamometry.

Otrzymujemy tabliczkę:

dynamometr szerszy	lewy wąski	prawy wąski
200 gr.	100 gr.	100 gr.
300 gr.	150 gr.	150 gr.
400 gr.	200 gr.	200 gr. i t. d.

U w a g a. Siły, wskazywane przez wąskie dynamometry, mogą być trochę mniejsze, niż przytoczone powyżej, z powodu działania ciężaru deseczki AB—23,4 gr. Różnica nie powinna przekraczać 5—10 gr.

Dyskusja. Na deseczkę AB działają 3 siły — napięcia naszych dynamometrów. Wobec tego, że deseczka pozostaje w spoczynku, wnioskujemy, że te 3 siły wzajemnie się równoważą. Możemy to zjawisko wytłumaczyć dwoma sposobami.

a) Napięcia wąskich dynamometrów można przyjąć, jako siły składowe, napięcie zaś szerszego dynamometru — jako siłę równoważną. Mamy więc w danym przypadku 2 składowe równoległe o kierunku zgodnym.

Z zamieszczonej wyżej tabliczki wnioskujemy, że równoważna, a więc i wypadkowa, takich sił równa się ich sumie; np.

$$\begin{aligned} 200 \text{ gr.} &= 100 \text{ gr.} + 100 \text{ gr.} \\ 300 \text{ gr.} &= 150 \text{ gr.} + 150 \text{ gr. i t. d.} \end{aligned}$$

Prócz tego równoważna, a więc i wypadkowa, jak widać z rys. 13, są równoległe do sił składowych. Równoważna ma kierunek przeciwny składowym, a więc kierunek wypadkowej jest zgodny z kierunkiem sił składowych. Punkt zaczepienia równoważnej, a więc i wypadkowej, znajduje się pomiędzy punktami zaczepienia sił składowych.

Odległości punktów zaczepienia sił składowych od punktu zaczepienia równoważnej są: 12 cm. i 12 cm. Stosunek tych odległości = 12 cm. : 12 cm. = 1 : 1. Stosunek sił składowych jest np. 100 gr. : 100 gr. = 1 : 1.

Wniosek. Stosunek wielkości sił składowych jest prosty lub odwrotny do stosunku ich odległości od równoważnej (wypadkowej).

U w a g a. Z ćwiczeń dalszych wywnioskujemy, że ten stosunek jest odwrotny, nie prosty.

b) Możemy jednak za siły składowe uważać napięcie dynamometru szerszego i np. lewego wąskiego. Wtenczas napięcie prawego wąskiego będzie równoważną. Teraz mamy 2 równoległe siły składowe o przeciwnych kierunkach.

Wspomniana wyżej tabliczka wykazuje nam, że równoważna, a więc i wypadkowa = różnicy składowych, np.

$$\begin{aligned} 100 \text{ gr.} &= 200 \text{ gr.} - 100 \text{ gr.} \\ 200 \text{ gr.} &= 400 \text{ gr.} - 200 \text{ gr. i t. d.} \end{aligned}$$

Równoważna (wypadkowa) jest i w danym wypadku równoległa do sił składowych. Punkt zaczepienia równoważnej, a więc i wypadkowej leży za większą siłą składową. Kierunek równoważnej jest przeciwny kierunkowi większej siły składowej, a więc wypadkowa ma kierunek, zgodny z kierunkiem większej siły składowej.

Stosunek odległości sił składowych od równoważnej = 24 cm. : 12 cm. = 2 : 1. Stosunek sił składowych jest np. 100 gr. : 200 gr. = 1 : 2.

Wniosek. Stosunek odległości sił składowych od równoważnej (wypadkowej) jest odwrotny do stosunku wielkości sił składowych.

Ćwiczenie 2.

Równowaga ciała nie zależy od kierunku sił równoległych.

Ustawiamy dynamometry zgodnie z rys. 13, przyczem szerszy dynamometr odciągamy o tyle, żeby wskazywał 300 gr. W takim razie każdy z wąskich dynamometrów wskaże po 150 gr.

Odczepiamy teraz od stołu szerszy dynamometr i odsuwamy go nieco w lewo; w tym samym kierunku posuną się również wraz z deseczką i oba wąskie dynamometry. Otrzymamy figurę wyznaczoną na rys. 14.

U w a g a. Trzeba przesunąć o parę milimetrów w lewo lub w prawo dolne końce deseczek wąskich dynamometrów, ażeby sznurki przechodziły dokładnie przez środek metalowych blaszek ee. To samo trzeba zrobić z dynamometrem szerszym, przesuwając tylko górny koniec jego deseczki.

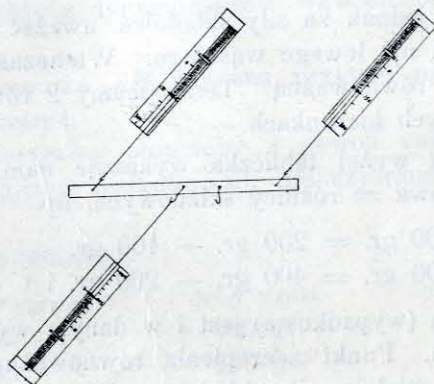
Odcągamy teraz stopniowo i powoli szerszy dynamometr coraz dalej, nie zmieniając kierunku sznurków, i zapisujemy rezultaty, wskazane przez nasze trzy dynamometry. Otrzymujemy taki sam szereg liczb, jak i w poprzednim ćwiczeniu np.

szerszy dynamometr wskazuje:

- 1) 200 gr.
- 2) 300 gr.
- 3) 400 gr.

każdy z wąskich dynam. wskazuje:

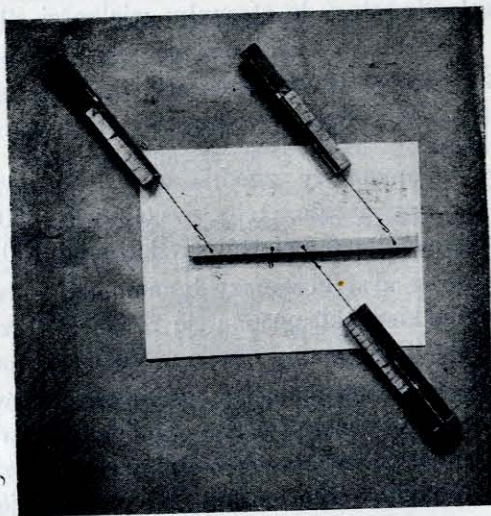
- 1) 100 gr.
- 2) 150 gr.
- 3) 200 gr. i t. d.



Rys. 14. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

U w a g a. Patrz drugą uwagę w ćwiczeniu poprzednim.

Wniosek. Równowaga ciała nie zależy od kierunku działających na nie równoległych sił, t. j. innymi słowami: jeżeli na ciało działa



Rys. 15. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

kilka sił równoległych i ciało pozostaje w spoczynku, czyli siły te równoważą się, to stan równowagi nie ulegnie zmianie, gdy zmienią się kierunki wszystkich sił, o ile te siły pozostaną nadal równoległe.

Dla sprawdzenia tego wniosku, powtarzamy ostatnie ćwiczenie, lecz szerszy dynamometr, a co zatem idzie deseczkę i wąskie dynamometry przesuwamy nieco w prawo, jak wskazuje rys. 15.

B. Punkt zaczepienia siły środkowej dzieli odległość między punktami zaczepienia sił skrajnych w stosunku 1:2.

Ćwiczenie 3.

Kierunek sił jest prostopadły do prostej, łączącej punkty zaczepienia.

Ustawiamy dynamometry zgodnie z rys. 13, lecz szerszy dynamometr przyczepiamy do osi d naszej deseczki AB . Odciągamy następnie szerszy dynamometr od deseczki, dopóki nie wskaże on 300 gr. Wówczas lewy wąski wskaże prawie 100 gr. i będzie mniej rozciągnięty, niż prawy, który wskaże prawie 200 gr.

U w a g a. Różnica nie powinna być większa, niż 5 — 10 gr.

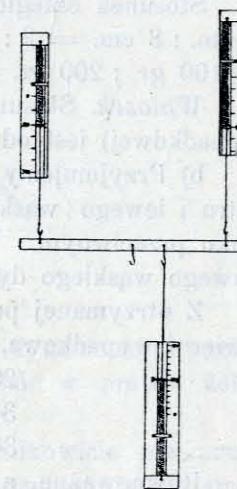
Dzięki niejednakowemu rozciągnięciu sprężyn wąskich dynamometrów deseczka AB nie będzie już prostopadłą do sznurków dynamometrów. Wobec tego odczepiamy od stołu wąskie dynamometry i trzymając je w dwóch rękach—prawy w prawej, a lewy w lewej, przesuwamy je w dół lub w górę o kilka centymetrów tak, ażeby deseczka stała prostopadle do sznurów i napięcie dynamometrów było jak najbliższe 100 gr. i 200 gr. Szerszy dynamometr wskaże wówczas ściśle 300 gr (rys. 16).

U w a g a. Deseczka AB powinna nie dotykać stołu, lecz wisieć w powietrzu; ciężar tej deseczki (23, 4 gr.) wpływa nieco na zmniejszenie napięcia dynamometrów wąskich.

Następnie stopniowo i powoli odciągamy coraz dalej od deseczki szerszy dynamometr, uważając, żeby nie zmienić jego kierunku, i jednocześnie zapisujemy napięcie wszystkich dynamometrów. Otrzymujemy tabliczkę:

szerszy dynamometr	lewy wąski	prawy wąski
1) 300 gr.	1) 100 gr.	1) 200 gr.
2) 360 gr.	2) 120 gr.	2) 240 gr.
3) 420 gr.	3) 140 gr.	3) 280 gr. i t. d.

Dyskusja. Na deseczce AB działają 3 siły równoległe; deseczka pozostaje w spoczynku, a więc siły te równoważą się. Możemy to zjawisko wytłumaczyć dwoma sposobami.



Rys. 16. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

a) Przyjmujemy napięcie wąskich dynamometrów jako siły składowe; w takim razie napięcie szerszego dynamometru będzie siłą równoważną i siły składowe będą równoległe o kierunkach zgodnych. Z otrzymanej tabliczki wnioskujemy, że równoważna, a więc i wypadkowa są równe sumie składowych, np.

$$300 \text{ gr.} = 100 \text{ gr.} + 200 \text{ gr.}$$

$$450 \text{ gr.} = 150 \text{ gr.} + 300 \text{ gr.}$$

$$540 \text{ gr.} = 180 \text{ gr.} + 360 \text{ gr. i t. d.}$$

Następnie spostrzegamy, że równoważna, a więc i wypadkowa, jest równoległa do składowych. Kierunek równoważnej jest przeciwny kierunkowi sił składowych; stąd wynika, że kierunek wypadkowej jest zgodny z kierunkiem sił składowych. Punkt zaczepienia równoważnej, a więc i wypadkowej znajduje się między punktami zaczepienia sił składowych.

Stosunek odległości sił składowych od siły równoważnej wynosi $16 \text{ cm.} : 8 \text{ cm.} = 2 : 1$. Stosunek wielkości sił składowych stanowi np. $100 \text{ gr.} : 200 \text{ gr.} = 1 : 2$.

Wniosek. Stosunek odległości sił składowych od siły równoważnej (wypadkowej) jest odwrotny do stosunku wielkości sił składowych.

b) Przyjmujemy jako siły składowe napięcie szerszego dynamometru i lewego wąskiego, t. j. mamy dwie siły równoległe o kierunku przeciwnym. W tym wypadku równoważną będzie napięcie prawego wąskiego dynamometru.

Z otrzymanej poprzednio tabliczki spostrzegamy, że równoważna, a więc i wypadkowa, równa się różnicy sił składowych, np.

$$200 \text{ gr.} = 300 \text{ gr.} - 100 \text{ gr.}$$

$$300 \text{ gr.} = 450 \text{ gr.} - 150 \text{ gr.}$$

$$360 \text{ gr.} = 540 \text{ gr.} - 180 \text{ gr. i t. d.}$$

Równoważna, a więc i wypadkowa, jest równoległa do składowych. Równoważna działa w kierunku mniejszej siły, a więc wypadkowa działałaby w kierunku większej składowej. Punkt zaczepienia równoważnej, a więc i wypadkowej leży za większą składową. Stosunek odległości sił składowych od równoważnej wynosi $24 \text{ cm.} : 8 \text{ cm.} = 3 : 1$. Stosunek wielkości odpowiednich sił składowych = np. $100 \text{ gr.} : 300 \text{ gr.} = 1 : 3$

Wniosek. Stosunek odległości sił składowych od równoważnej jest odwrotny do stosunku sił składowych.

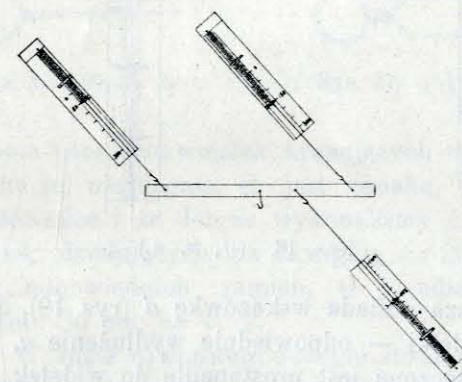
Ćwiczenie 4.

Równowaga ciała nie zależy od kierunku sił równoległych.

Ustawiamy dynamometry zgodnie z rys. 16, rozciągając szerszy dynamometr do 300 gr.; wtenczas dynamometry wąskie wskażą prawie 100 gr. i 200 gr.

Przesuwamy szerszy dynamometr z początku na prawo (rys. 17), a później na lewo o 25—35 cm., nie zmieniając jego napięcia. Wówczas i wąskie dynamometry przesuną się odpowiednio w prawo lub w lewo, lecz napięcia ich 100 gr. i 200 gr. pozostaną bez zmiany. Deseczka AB, po nieznacznym przesunięciu w prawo lub w lewo, pozostaje nadal w spoczynku, a więc te trzy siły równoważą się.

Wniosek. Równowaga ciała nie zmieni się, jeżeli zmienimy kierunek sił równoległych, działających na to ciało, o ile wielkość tych sił nie zmieni się i siły te nadal pozostaną równoległe.



Rys. 17. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

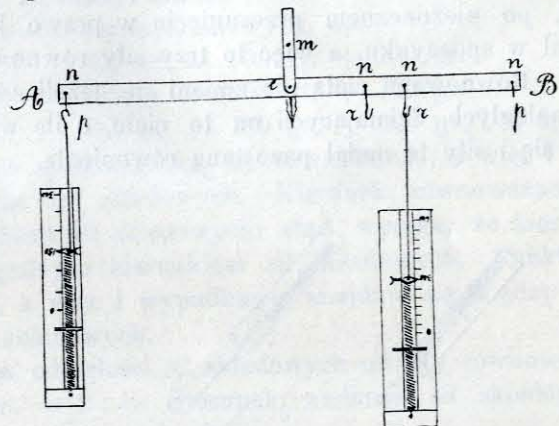
Uwaga. Przy tem ćwiczeniu lewy wąski dynamometr trzeba będzie przesunąć o parę centymetrów w lewo lub w prawo, żeby sznury wszystkich dynamometrów były równoległe.

Ażebymy przy tem ćwiczeniu deseczka AB całkowicie nie przesunęła się w lewo lub w prawo, można przymocować ją do stołu zapomocą dwójga widełek (rys. 21). Następnie zmieniamy kierunek szerszego dynamometru, a potem dwóch wąskich, odczepiając je od stołu i uważając, żeby napięcia ich pozostało bez zmiany i sznury były równoległe. Po usunięciu widełek spostrzegamy, że deseczka pozostaje w spoczynku, t. j. siły równoważą się. A więc wyprowadzamy poprzednie wnioski.

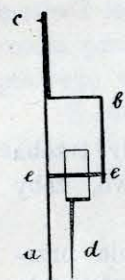
Rozdział IV. Dźwignia.

Przyrządy. Dźwignię naszą stanowi pręt AB (rys. 18) z drzewa klonowego, rozmiarów $42 \text{ cm.} \times 1,8 \text{ cm.} \times 0,9 \text{ cm.}$ Oś ϵ umocowana jest nieruchomo w punkcie, leżącym o parę milimetrów wyżej od środka ciężkości pręta. Pręt ten wraz z osią może obracać

się w widełkach żelaznych *ebca* (rys. 19), które przytwierdzamy do stołu zapomocą ostrza *c* i zatyczki (rys. 20), przystosowanej do otworu *m* widełek (rys. 18). Dzięki takiej konstrukcji dźwignia może obracać się w płaszczyźnie poziomej.

Rys. 18. ($\frac{1}{6}$ w. n.)

Dźwignia nasza posiada wskazówkę *d* (rys. 19), długości 3,7 cm., a widełki — odpowiednie wydłużenie *a*. O ile dźwignia umieszczona jest prostopadle do widełek (rys. 18), wskazówka znajduje się ściśle nad tem wydłużeniem.

Rys. 19.
($\frac{1}{3}$ w. n.)

Prócz głównej osi dźwignia posiada jeszcze 4 dodatkowe... *n* (rys. 18): dwie w jednakowej odległości 20 cm. od głównej osi i dwie na lewym ramieniu dźwigni, w odległości 10 cm i $6\frac{2}{3}$ cm. od głównej osi, co stanowi $\frac{1}{2}$ i $\frac{1}{3}$ ramienia dźwigni.

Końcowe osie posiadają strzemionka *p* (rys. 18) z cienkiego drucika żelaznego, a na środkowych osiach znajdują się haczyki *r*. Te strzemionka i haczyki mogą swobodnie poruszać się dokoła swych osi.

A. Dźwignia dwustronna.

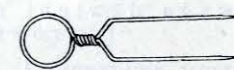
Ćwiczenie 1.

Warunek równowagi. Stosunek ramion 1:2. Siły są prostopadle do dźwigni.

Przytwierdzamy dźwignię do stołu, a belkę ustawiamy tak, ażeby wskazówka była umieszczona ściśle nad wydłużeniem widełek. Następnie nad prawym końcem belki wciskamy do stołu zaostrome na końcach widełki (rys. 21), ażeby belka była nieruchomą.

Przyczepiamy szerszy dynamometr do prawego ramienia dźwigni w punkcie, leżącym o 10 cm. od osi. Dynamometr zaś wąski przyczepiamy do końca lewego ramienia belki, t. j. w odległości 20 cm. od osi (rys. 18).

Szerszy dynamometr odciągamy prostopadle od dźwigni o tyle, aby wskazywał 200 gr. i przytwierdzamy go do stołu. Wąski zaś dynamometr odciągamy do 100 gr. i również przymocowujemy do stołu. W takim razie kierunki sił będą prostopadle do dźwigni, jak wskazuje rys. 18.

Rys. 20. ($\frac{2}{3}$ w. n.)Rys. 21. ($\frac{1}{3}$ w. n.)

Po ostrożnem usunięciu widełek, krępujących ruchy dźwigni, zauważymy, że belka jej nie drgnie, co jest oznaką, że dźwignia znajduje się w równowadze i że dobrze wykonaliśmy ćwiczenie.

Stosunek sił, działających na dźwignie = 200 gr.: 100 gr. = 2:1. Stosunek odpowiednich ramion, t. j. odległości sił od osi dźwigni = 10 cm.: 20 cm. = 1:2.

Wniosek. W razie równowagi dźwigni stosunek sił, działających na dźwignię, jest odwrotny do stosunku ramion.

Powtarzamy nasze ćwiczenie, lecz z większymi siłami, t. j. więcej odciągamy dynamometry od dźwigni, i spostrzegamy równowagę dźwigni przy siłach:

- 1) 300 gr. i 150 gr.
- 2) 400 gr. i 200 gr.
- 3) 500 gr. i 250 gr. i t. d.

A więc równowaga dźwigni nie zależy od wielkości sił, lecz od ich wzajemnego stosunku.

Cwiczenie 2.

Stosunek ramion 1:3.

Powtarzamy ćwiczenie 1 z tą różnicą, że szerszy dynamometr umieszczamy w odległości $6\frac{2}{3}$ cm. od osi, co stanowi $\frac{1}{3}$ ramienia dźwigni. Otrzymujemy równowagę dźwigni przy siłach:

- 1) 150 gr. i 50 gr.
- 2) 300 gr. i 100 gr.
- 3) 450 gr. i 150 gr. i t. d.

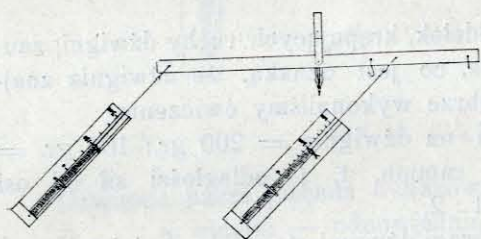
Teraz stosunek sił = 3:1, a stosunek odpowiednich ramion = $6\frac{2}{3}$:20 cm. = 1:3, t. j. znów stosunek sił jest odwrotny do stosunku ramion.

Dyskusja. 1) Jeżeli napięcie szerokiego dynamometru stanowi opór, który musimy pokonać, to napięcie wąskiego dynamometru będzie przedstawiać siłę czynną. A więc dzięki dźwigni możemy małą siłą pokonać wielki opór. 2) Siła czynna działa wdół na koniec lewego ramienia dźwigni. Działanie tej siły zapomocą dźwigni przenosi się na dowolny punkt prawego ramienia w górę. A więc dźwignia daje możliwość przenosić działanie siły z jednego miejsca na inne, dogodniejsze dla nas, jak również pozwala zmieniać kierunek siły.

Ćwiczenie 3.

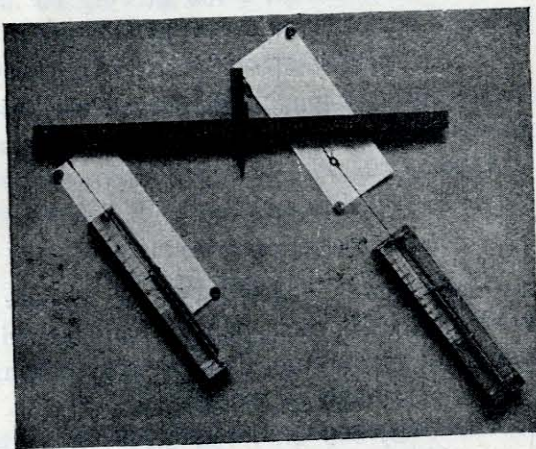
Równowaga dźwigni nie zależy od kierunku sił równoległych.

Powtarzamy ćwiczenie 1, ustawiając dynamometry na 300 gr. i 150 gr. Następnie, nie usuwając widełek, krępujących ruchy dźwigni, przesuwamy oba dynamometry w lewo, jak wskazuje rys. 22, uważając jedynie, żeby sznury dynamometrów były równoległe. Usuwamy teraz widełki i konstatujemy równowagę dźwigni.



Rys. 22. $(\frac{1}{10}$ w. n.)

Przerabiamy to ćwiczenie na nowo, lecz przesuwamy dynamometry w prawo tak, ażeby sznury były równoległe (rys. 23). Po usunięciu widełek znów otrzymujemy równowagę dźwigni.



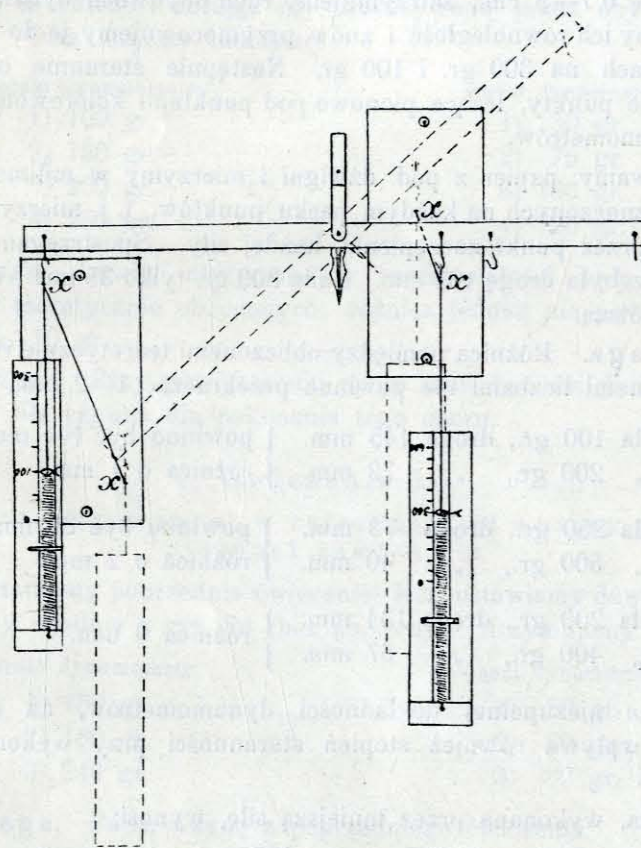
Rys. 23. $(\frac{1}{7}$ w. n.)

Wniosek. Równowaga dźwigni nie zależy od kierunku działających na dźwignię sił, o ile tylko te siły są równoległe.

Ćwiczenie 4.

Praca oporu = pracy siły czynnej.

Ustawiamy dźwignię zgodnie z rys. 24, rozciągając dynamometry do 300 gr. i 100 gr. Następnie podkładamy pod punkty zaczepienia sił paski papieru, rozmiarów 18 cm. $\times$ 6 cm., i przymocowujemy je do stołu pluskiewkami.



Rys. 24. $(\frac{1}{5}$ w. n.)

Po usunięciu widełek, oznaczamy ołówkiem b. starannie na papierze punkty, leżące pionowo pod punktami kolorowymi x, znajdującymi się na sznurach dynamometrów.

Uwaga: przy tem oznaczaniu umieszczamy oko nasze ściśle nad odpowiednim punktem sznurka, żeby uniknąć błędu paralaksy.

Następnie odczepiamy oba dynamometry od stołu i — trzymając lewy dynamometr w lewej ręce — zaczynamy powoli i stopniowo odciągać go od dźwigni, ażeby dźwignia zaczęła się obracać koło osi.

Jednocześnie pozwalamy szerszemu dynamometrowi posuwać się ku dźwigni, trzymając go w prawej ręce i uważając, aby stale wskazywał 300 gr., t. j. żeby opór stawiany przezeń ruchowi dźwigni stanowił niezmiennie 300 gr. W takim przypadku lewy dynamometr będzie wskazywał siłę 100 gr.

Po paru chwilach, kiedy kolorowy punkt lewego dynamometru posunie się o 7—8 cm., zatrzymujemy ruch obydwóch dynamometrów, poprawiamy ich równoległość i znów przymocowujemy je do stołu przy wskazówkach na 300 gr. i 100 gr. Następnie starannie oznaczamy na papierze punkty, leżące pionowo pod punktami kolorowymi x sznurków dynamometrów.

Usuujemy papier z pod dźwigni i mierzymy w milimetrach odległości oznaczonych na każdym pasku punktów, t. j. mierzymy drogę, przebytą przez punkt zaczepienia każdej siły. Spostrzegamy, że siła 100 gr. przebyła drogę 105 mm., a siła 300 gr. tylko 35 mm., t. j. drogę 3 razy krótszą.

U w a g a. Różnica pomiędzy obliczonemi teoretycznie rezultatami i otrzymanymi liczbami nie powinna przekraczać 1—2 mm. np.

1) siła 100 gr., droga 145 mm.	} powinno być 144 mm. różnica o 1 mm.
„ 200 gr., „ 72 mm.	

2) siła 250 gr., droga 78 mm.	} powinno być 80 mm. różnica o 2 mm.
„ 500 gr., „ 40 mm.	

3) siła 200 gr., droga 134 mm.	} różnica 0 mm.
„ 400 gr., „ 67 mm.	

Prócz niezupełnej dokładności dynamometrów, na otrzymane rezultaty wpływa również stopień staranności przy wykonaniu ćwiczenia.

Praca, wykonana przez mniejszą siłę, wynosi;
 $100 \text{ gr.} \times 105 \text{ mm.} = 10500 \text{ (gr.} \times \text{mm.)}$.

Praca większej siły stanowi:

$$300 \text{ gr.} \times 35 \text{ mm.} = 10500 \text{ (gr.} \times \text{mm.)}$$

Wniosek. Prace obydwóch sił są jednakowe.

Dyskusja. Aby zwalczyć opór 300 gr. na przestrzeni 35 mm. bez dźwigni, trzeba wykonać pracę $300 \text{ gr.} \times 35 \text{ mm.} = 10500 \text{ (gr.} \times \text{mm.)}$. Aby zwalczyć ten sam opór na tej samej przestrzeni przy pomocy dźwigni, możemy użyć znacznie mniejszej siły, np. 100 gr., lecz praca tej siły będzie taka sama $100 \text{ gr.} \times 105 \text{ mm.} = 10500 \text{ (gr.} \times \text{mm.)}$, gdyż wzrośnie odpowiednio droga, przebyta pod działaniem siły.

Ćwiczenie 5.

Zmiana siły czynnej w zależności od zmiany oporu.
 Stosunek ramion 1:2.

Ustawiamy dźwignię i dynamometry zgodnie z rys. 18. Wąski dynamometr pozostawiamy przyczepiony do stołu, a szerszy odczepiamy i powoli pociągamy go w dół, prostopadłe do dźwigni, zatrzymując się co chwilę i notując siły, wskazywane przez obydwie dynamometry. Otrzymujemy tabliczkę:

szerszy dynamometr:

- 1) 100 gr.
- 2) 150 gr.
- 3) 200 gr.
- 4) 250 gr.

wąski dynamometr:

- 1) 50 gr.
- 2) 75 gr.
- 3) 100 gr.
- 4) 125 gr. i t. d.

Uwaga. Liczby otrzymane w rzeczywistości będą się nieco różnić od teoretycznie obliczonych; różnica jednak nie powinna przekraczać 5—10 gr.

Wniosek. Przy powiększeniu oporu musi być zwiększona odpowiednio i siła czynna dla pokonania tego oporu.

Ćwiczenie 6.

Zmiana siły czynnej w zależności od zmiany oporu.
 Stosunek ramion 1:3.

Powtarzamy poprzednie ćwiczenie, lecz ustawiamy dźwignię i dynamometry zgodnie z rys. 24 (bez papieru). Otrzymujemy tabliczkę:

szerszy dynamometr:

- 1) 150 gr.
- 2) 180 gr.
- 3) 240 gr.

wąski dynamometr:

- 1) 50 gr.
- 2) 60 gr.
- 3) 80 gr. i t. d.

U w a g a: Patrz uwagę z poprzedniego ćwiczenia.

Wniosek — jak w ćwiczeniu 5.

B. Dźwignia jednostronna.

Ćwiczenie 7.

Warunki równowagi. Stosunek ramion 1:3.
 Siły — prostopadłe do dźwigni.

Wąski dynamometr przyczepiamy do końca prawego ramienia dźwigni (rys. 25). Szeroki dynamometr przyczepiamy również do prawego ramienia dźwigni w odległości $6\frac{2}{3}$ cm. od osi, t. j. w od-

ległości, odpowiadającej $\frac{1}{3}$ prawego ramienia dźwigni. Dynamometr szeroki skierowujemy w jednym, dynamometr wąski we wprost przeciwnym kierunku — obu prostopadle do dźwigni, jak wskazuje rys. 25.

Widelki, umocowane na lewym końcu dźwigni, utrzymują belkę nieruchomą.

Rozciągamy sprężynę szerokiego dynamometru do 300 gr., a wąskiego do 100 gr. i następnie usuwamy widelki. Spostrzegamy równowagę dźwigni i wnioskujemy, że stosunek sił ($300 \text{ gr.} : 100 \text{ gr.} = 3 : 1$) jest odwrotny do stosunku ramion ($6\frac{2}{3} \text{ cm.} : 20 \text{ cm.} = 1 : 3$).

Obie siły leżą tu po jednej stronie osi i dlatego dźwignię nazywamy jednostronną.

Następnie spostrzegamy równowagę dźwigni przy siłach:

- 1) 450 gr. i 150 gr.
- 2) 600 gr. i 200 gr. i t. d.

A więc nasz wniosek nie zależy od wielkości sił równoległych, o ile tylko stosunek między nimi nie zmienia się.

Ćwiczenie 8.

Warunki równowagi. Stosunek ramion 1:2.

Powtarzamy poprzednie ćwiczenie, lecz szerszy dynamometr umieszczamy w odległości 10 cm. od osi, t. j. w odległości, odpowiadającej $\frac{1}{2}$ prawego ramienia dźwigni.

Otrzymujemy równowagę dźwigni przy następujących siłach:

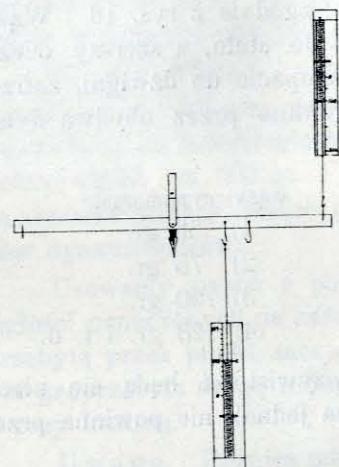
- 1) 200 gr. i 100 gr.
- 2) 300 gr. i 150 gr.
- 3) 400 gr. i 200 gr. i t. d.

Wyprowadzamy wniosek, jak w poprzednim ćwiczeniu.

Ćwiczenie 9.

Niezależność równowagi dźwigni od kierunku sił równoległych.

Ustawiamy dźwignię i dynamometry zgodnie z poprzednim ćwiczeniem. Nie usuwając widelki, przesuwamy szerszy dynamometr w lewo o kilkanaście centymetrów, a wąski — w prawo, uważając,

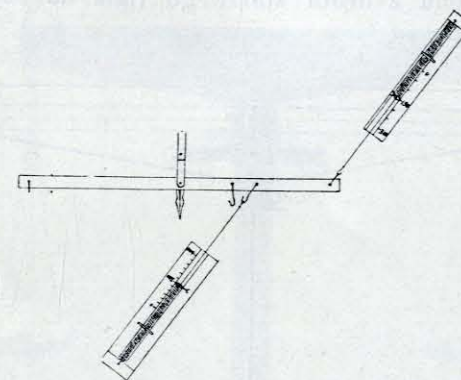


Rys. 25. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

ażby sznurki dynamometrów pozostały równoległe, zgodnie z rys. 26 i żeby dynamometry wskazywały 300 gr. i 150 gr. Po usunięciu widelki dźwignia ani drgnie, to znaczy, że znajduje się w równowadze.

Powtarzamy to ćwiczenie, lecz przesuwamy szerszy dynamometr w prawo, a wąski w lewo. Znowu zauważymy równowagę dźwigni.

Wniosek. Równowaga dźwigni nie zależy od kierunku sił, o ile tylko te siły są równoległe.



Rys. 26. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

Ćwiczenie 10.

Praca oporu = pracy siły.

Powtarzamy ćwiczenie 4 (rys. 24), lecz umieszczamy dynamometry zgodnie z rys. 25. Wyprowadzamy wniosek, że — używając dźwigni — nie zyskujemy na pracy, tylko na sile, tracąc jednocześnie na drodze.

Ze wszystkich tych ćwiczeń wyprowadzamy następujące wnioski:

- 1) dla równowagi dźwigni dwustronnej równoległe siły muszą być skierowane w jedną stronę;
- 2) dla równowagi dźwigni jednostronnej równoległe siły powinny działać w kierunkach przeciwnych;

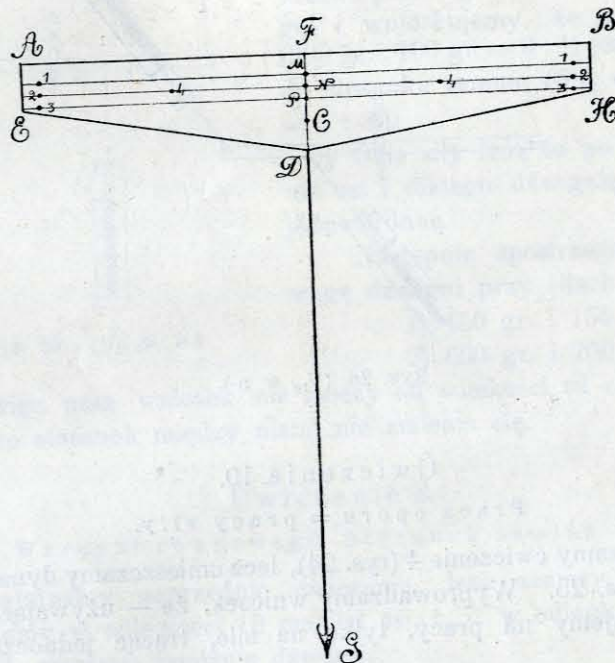
3) punkt oparcia dźwigni musi być o tyle mocny, ażby utrzymał działanie sumy sił w razie użycia dźwigni dwustronnej i różnicy sił dla dźwigni jednostronnej.

Uwaga: dla otrzymania przy ćwiczeniach dobrych wyników trzeba uważać, żeby dynamometry funkcjonowały prawidłowo (trzeba je sprawdzić przed ćwiczeniami), a siły były równoległe, t. j. żeby dynamometry były ustawione należycie.

Rozdział V. Waga¹⁾.

(Badanie czułości).

Przyrządy. Belka wagi (rys. 27), o ciężarze 30 gr., grubości 4 mm., zrobiona jest z b. suchego drzewa orzechowego (np. stara pokrywa fortepianu), wymiarów $AB = 30$ cm., $AE = BH = 2\frac{1}{2}$ cm., $FD = 5$ cm., $ED = DH = 15$ cm. Długość strzałki $DG = 28$ cm.; strzałka jest zrobiona z drutu stalowego (igła do szycia). C — środek

Rys. 27. ($\frac{1}{4}$ w. n.)

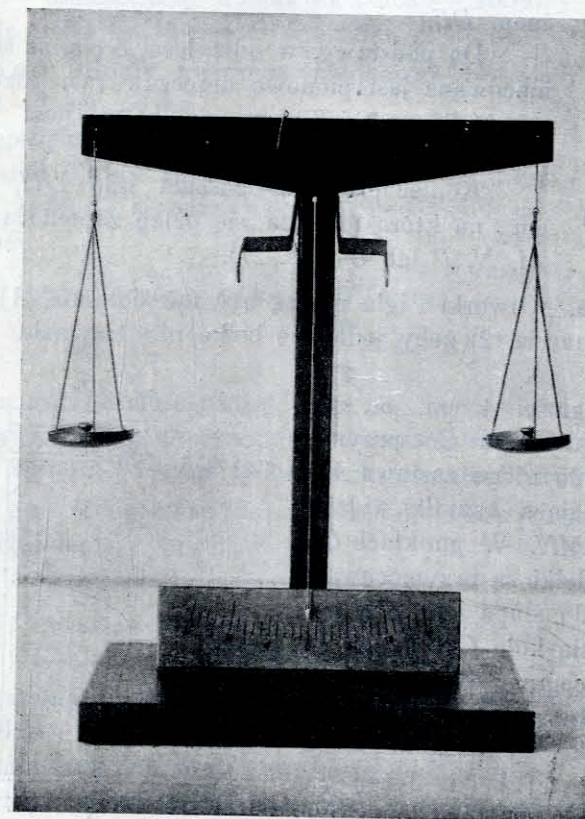
dek ciężkości belki znajduje się w odległości 1,5 cm. od punktu D . W punktach C, M, N i P zrobione są okrągłe otwory, średnicy 1 mm. Odległość $FM = 1$ cm., a $MP = PC$.

Przez M, N i P przeprowadzone są proste, równoległe do AB ; na każdej z tych linii znajdują się również małe otwory, średnicy 1 mm.; otwory te oznaczone są liczbami 1,1 — 2,2 — 3,3 i znajdują się w odległości 14 cm. od punktów M, N i P . Prócz tego, na prostej, przechodzącej przez N , zrobione są 2 otwory, średnicy 1 mm., oznaczone liczbami 4,4 i znajdujące się w odległości 7 cm. od N .

¹⁾ Modyfikacja przyrządu prof. W. Lermantowa (patrz „Objaśnienia praktycznych robót po fizyce” Piotrogród 1903 r., zeszyt I, str. 56).

Tak urządzonych, zupełnie identycznych belek, mamy dwie.

Szalki (rys. 28) mają średnicę 5,3 cm., głębokości $\frac{1}{2}$ cm. Szalki najłatwiej zrobić z pokrywek od pudełek z pasty do obuwia. Każda szalka wisi na trzech sznurkach, długości 15 cm. Sznurki przywią-

Rys. 28. ($\frac{1}{5}$ w. n.)

zane są do małego kółeczka metalowego E , średnicy 0,6 cm., do którego przyczepia się również i haczyk $ACDE$, kształtu oznaczonego na rys. 29.

Wsuwamy do odpowiednich otworków koniec A haczyka i przesuwamy go prawie do punktu C . Wtenczas część haczyka CD nie dotyka belki i szalki wiszą swobodnie, lecz wypaść z otworu nie mogą.

Uwaga. Część CD powinna o 1 mm., lub nawet trochę więcej, być oddalona od belki; w takim razie tarcie ograniczy się tylko do otworu, o który zaczepiony jest haczyk.

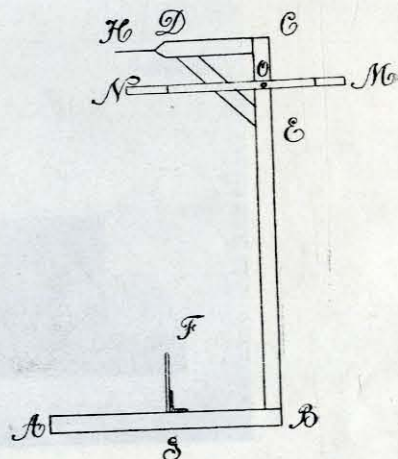
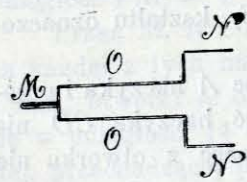
Statyw wagi (rys. 30) składa się z podstawy AB , rozmiarów $27 \text{ cm.} \times 22,5 \text{ cm.} \times 2,5 \text{ cm.}$ i słupa pionowego BC , wysokości 34 cm. , o przekroju $2,5 \text{ cm.} \times 2 \text{ cm.}$. Do górnej części tego słupa przymocowany jest pręt poziomy CD , długości 8 cm. , o przekroju $2 \text{ cm.} \times 1,5 \text{ cm.}$, z połączeniem ukośnym DE .

Do podstawy, w odległości 8 cm. od słupa, przymocowana jest pionowo deseczka FG , rozmiarów $19 \text{ cm.} \times 5 \text{ cm.} \times 3 \text{ mm.}$, na której jest nakreślona podziałka.

Koniec pręta CD posiada igłę DH , długości 4 cm. , na którą nasadza się belkę zapomocą otworków M , N , P lub C (rys. 27).

Uwaga. Otworki i igła muszą być tak dobrane, 1) ażeby nie było dużego tarcia, 2) żeby jednakże belka nie trzymała się na igle zbyt luźno.

W odległości 4 cm. od górnego końca C słupa CB przymocowana jest do niego zastawa MN (rys. 31), mająca kształt widełek żelaznych NMN . W punktach OO (rys. 31) widełki są przymocowane prostopadle do słupa CB , lecz mogą obracać się koło OO . Jeżeli rękojeść M pociągnąć w dół (rys. 30), to końce podnoszą się w górę i podtrzymują belkę, t.j. służą do zatrzymania wahań tej belki. Jeżeli zaś M podnieść do góry, to końce NN opuszczają się w dół i zwolnią belkę. Na końce NN włożone są kawałki rurki gumowej, ażeby łagodzić zetknięcie się ich z belką.

Rys. 30. ($\frac{1}{7}$ w. n.)Rys. 31. ($\frac{1}{5}$ w. n.)

Ogólna postać belki z szalkami, jak również statywu z zastawą widoczna jest na rys. 28 (końce NN zastawy opuszczone są w dół).

Do wagi należy konik A ($0,3 \text{ gr.}$), kształtu wskazanego na rys. 32. Prócz tego waga posiada jeszcze 2 małe ciężarki $B-B$, wynoszące $0,4 \text{ gr.}$ i $0,2 \text{ gr.}$, zrobione z drucika i mające kształt wskazany na rys. 32, ułatwiający wkładanie tych ciężarków na szalki i zdejmowanie ich z powrotem.

Ćwiczenie 1.

Czułość wagi.

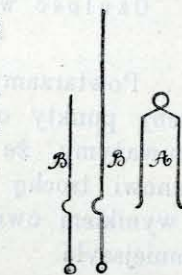
Zawieszamy belkę w punkcie P , a szalki w punktach 3—3. Na każdej z szalek umieszczamy po 10 gramów . Następnie opuszczamy zastawę i — umieszczając konika na belce — staramy się, aby wskazówka stała ściśle na kresce O podziałki.

Uwaga. Konik powinien znajdować się nie dalej niż $1-2 \text{ cm.}$ od osi.

Następnie umieszczamy na prawej szalce dodatkowy ciężarek $0,4 \text{ gr.}$ i spostrzegamy, że — po kilku waniach belki — strzałka wskazuje odchylenie np. 10° . A więc:

ciężarek $0,4 \text{ gr.}$ odchyła belkę o 10° , przeto

$$0,1 \text{ gr.} \quad " \quad " \quad o \frac{10^\circ}{4} = 2\frac{1}{2}^\circ.$$

Rys. 32. ($\frac{1}{2}$ w. n.)

Ta liczba wyraża czułość naszej wagi.

Dla sprawdzenia umieszczamy na prawej szalce ciężarek $0,2 \text{ gr.}$; odchylenie wynosi wówczas tylko 5° , t.j. czułość znów wynosi $2\frac{1}{2}^\circ$.

Uwaga. Zdejmować i nakładać dodatkowy ciężarek trzeba bardzo delikatnie.

Ćwiczenie 2.

Czułość wagi, a odległość punktu oparcia od środka ciężkości belki.

Zawieszamy belkę w punkcie M , który leży 2 razy dalej od środka ciężkości belki, niż punkt P . Szalki umieszczamy w punktach 1—1 i podnosimy zastawę. Następnie układamy na szalkach ciężarki po 10 gr. , opuszczamy zastawę i umieszczamy konika na belce tak, ażeby strzałka wskazywała ściśle na 0° .

Teraz umieszczamy na prawej szalce $0,4 \text{ gr.}$ i spostrzegamy odchylenie tylko o 5° . Porównujemy otrzymany rezultat z ćwiczeniem 1 i wnioskujemy, że czułość wagi zmniejszyła się 2 razy.

Wniosek. Czułość wagi jest w stosunku odwrotnym do odległości punktu oparcia belki od jej środka ciężkości.

Ćwiczenie 3.

Zbliżenie punktu oparcia do środka ciężkości belki.

Dla sprawdzenia tego wniosku zawieszamy belkę w punkcie N , t.j. nieco bliżej środka ciężkości belki, niż leżał punkt M . Szalki wieszamy w punktach 2—2. Kładziemy po 10 gr. na szalkach, a prócz

tego — po zrównoważeniu konikiem — 0,4 gr. na prawej szalce i uważamy, że strzałka wskazuje prawie 6° , t. j. nieco więcej, niż w ćwiczeniu poprzednim. Przez zbliżenie punktu podparcia belki do jej środka ciężkości zwiększyliśmy nieco czułość wagi.

Ćwiczenie 4.

Czułość wagi, a położenie punktów oparcia belki i szalek nie na jednej prostej.

Powtarzamy ćwiczenie 3, lecz zawieszamy szalki w punktach 3—3, ażeby punkty oparcia belki i szalek nie leżały na jednej prostej. Zauważymy, że — przy dodatkowym ciężarku 0,4 gr. — odchylenie stanowi trochę więcej, niż 4° . Porównujemy otrzymamy wynik z wynikiem ćwiczenia 3 i wnioskujemy, że czułość wagi nieco się zmniejszyła.

Ćwiczenie 5.

Wpływ długości belki.

Powtarzamy ćwiczenie 3, lecz umieszczamy szalki w punktach 4—4, czyli 2 razy zmniejszamy długość belki w porównaniu z ćwiczeniem 3. Przy dodatkowym ciężarku 0,4 gr. na prawej szalce, spostrzegamy odchylenie trochę mniejsze, niż 3° . Porównujemy otrzymany rezultat z ćwiczeniem 3; wnioskujemy, że czułość wagi zmniejszyła się 2 razy.

Wniosek. Czułość wagi jest w stosunku odwrotnym do długości belki.

Ćwiczenie 6.

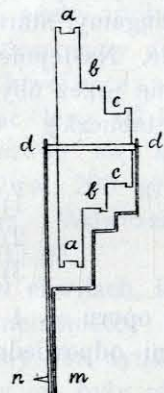
Wpływ ciężaru belki.

Zakładamy na oś w punkcie *N* dwie belki, jedną tuż obok drugiej, wieszamy szalki, przeprowadzając haczyki przez odpowiednie otworki 2—2 obu belek i obciążamy je ciężarkami po 10 gr. Następnie, umieszczając konika na odpowiednim miejscu, konstatujemy, że strzałka wskazuje 0° . Wtenczas nakładamy na prawą szalkę 0,4 gr. i otrzymujemy odchylenie o 3° . Porównujemy otrzymany wynik z wynikiem ćwiczenia 3 i wnioskujemy, że czułość wagi zmniejszyła się 2 razy.

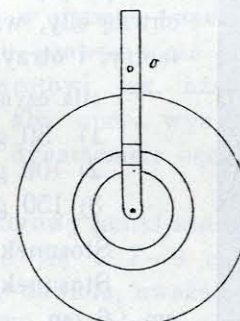
Wniosek. Czułość wagi jest w stosunku odwrotnym do ciężaru belki.

Łącząc otrzymane wyniki w całość, wnioskujemy: czułość wagi jest tem większa, im belka jest lżejsza, dłuższa, a punkt oparcia belki leży bliżej jej środka ciężkości. Prócz tego punkty oparcia belki i szalek powinny leżeć na jednej prostej.

Jeżeli używamy belki długiej, to musi ona być jednocześnie dostatecznie gruba, aby się nie wyginała przy obciążeniu. A więc w miarę zwiększania długości belki, a co zatem idzie i jej grubości, ciężar belki będzie wzrastał prędzej, niż długość i w rezultacie czułość wagi będzie się zmniejszała. Wobec tego można osiągnąć większą czułość, używając krótszej belki, lecz jednocześnie znacznie cieńszej, a więc i lżejszej.



Rys. 33. ($\frac{1}{4}$ w. n.)



Rys. 34. ($\frac{1}{4}$ w. n.)

Rozdział VI. Kołowrót.

Przyrządy. Kołowrót nasz jest bryłą, wyciętą z klonu (rys. 33), która składa się z 3-ch współśrodkowych kół *aa*, *bb*, *cc*, o promieniach 12 cm., 6 cm. i 4 cm., osadzonych nieruchomo na wspólnej osi *dd*.

Oś ta opiera się na widelkach żelaznych *dmd*, odpowiedniego kształtu, które posiadają ostrze *n* dla przymocowania do stołu i otwór *o* (rys. 34) do wstawienia zatyczki (rys. 20). Po przytwierdzeniu do stołu oś stoi pionowo, a cała bryła może obracać się w płaszczyźnie poziomej.

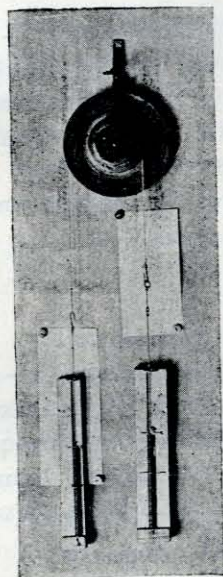
Na obwodzie każdego koła znajduje się małe haczyk, za który zaczepiamy pętlę sznurka jedwabnego. Na bryłę nawija się jednocześnie tylko 2 sznury: jeden, długości 60 cm., na duże koło, a drugi, długości 22 cm. na jedno z mniejszych kół. Te sznury nawija się w kierunkach odwrotnych, ażeby jeden odwijał się, podczas gdy drugi się nawija. Długi sznurek posiada na swym końcu kółko metalowe, za które zaczepia się dynamometr wąski; na końcu krótkiego sznura znajduje się haczyk, za który zaczepia się dynamometr szerszy.

A. Warunki równowagi.

Ćwiczenie 1.

Stosunek promieni kół 1:2.

Nawijamy sznurki na koła o promieniach 12 cm. i 6 cm. i przy-
czepiamy dynamometry, jak wskazuje rys. 35. Dynamometr wąski
będzie wskazywał siłę czynną, która jest niezbędna do zwalczania
oporu, a opór ten będzie wskazywany przez dynamometr szerszy.



Ten dynamometr przyczepiamy do stołu, a wąski
powoli i stopniowo odciągamy, starając się, ażeby
sznury były równoległe. Następnie notujemy co
chwilę siły, wskazywane przez obydwa dynamo-
metry, i otrzymujemy tabliczkę:

siła czynna	opór
1) 50 gr.	1) 100 gr.
2) 100 gr.	2) 200 gr.
3) 150 gr.	3) 300 gr. i t. d.

Stosunek siły do oporu = 1:2.

Stosunek promieni odpowiednich kół = 12 cm. : 6 cm. = 2:1.

Wniosek. Podczas równowagi kołowrotu
stosunek siły do oporu jest odwrotny do stosunku
promieni odpowiednich kół.

Ćwiczenie 2.

Stosunek promieni kół 1:3.

Powtarzamy ćwiczenie 1, lecz mały sznur
nawijamy na koło o promieniu 4 cm., i do niego przyczepiamy szer-
szy dynamometr (rys. 36). Otrzymujemy wyniki:

siła czynna	opór
1) 50 gr.	1) 150 gr.
2) 100 gr.	2) 300 gr.
3) 150 gr.	3) 450 gr. i t. d.

Stosunek siły i oporu = 1:3.

Stosunek promieni odpowiednich kół = 12 cm. : 4 cm. = 3:1.

Wniosek: jak w poprzednim ćwiczeniu.

B. Praca siły i oporu.

Ćwiczenie 3.

Stosunek promieni kół 1:2.

Nawijamy sznury na koła o promieniach 12 cm. i 6 cm. i przy-
czepiamy odpowiednie dynamometry, jak wskazuje rys. 35. Następnie

odciągamy te dynamometry do 100 gr. i 200 gr. i przyczepiamy je
do stołu.

Pod sznury obydwu dynamometrów podkładamy paski papieru,
rozmiarów 18 cm. $\times$ 6 cm. i przyczepiamy ten papier do stołu plu-
skiewkami. Następnie dokładnie oznaczamy na pa-
pierze punkty, leżące pionowo pod kolorowymi punk-
tami, znajdującymi się na sznurkach dynamometrów.

Uwaga. Zaleca się patrzeć na ten kolorowy punkt
prosto z góry, ażeby uniknąć błędu paralaksy.

Teraz odczepiamy oba dynamometry i — trzyma-
jąc wąski w lewej ręce, a szerszy w prawej — zaczy-
namy odciągać lewy od kołowrotu, prawemu zaś po-
zwalamy posuwać się ku kołowrotowi tak, ażeby
stałe wskazywał 200 gr., t. j. aby opór wynosił
wciąż 200 gr. Wówczas wąski dynamometr będzie
wskazywał 100 gr.

Po kilku chwilach, kiedy kolorowy punkt sznura
wąskiego dynamometru przesunie się o 7—9 cm.,
przytwierdzamy oba dynamometry do stołu, uważając,
aby 1) sznury ich były równoległe i 2) szerszy wska-
zywał 200 gr.; wtenczas wąski wskaże 100 gr.

Następnie znów b. starannie oznaczamy ołów-
kiem na papierze punkty, leżące pionowo w dół pod
kolorowymi punktami, oznaczonymi na sznurach dynamometrów. Te-
raz usuwamy papier z pod sznurów i mierzymy papierem milimetro-
wym odległości kresek na każdym pasku. Te odległości będą ozna-
czały drogi, które przebyły punkty zaczepienia siły czynnej i oporu.
Spostrzegamy, że droga siły jest 2 razy dłuższa, niż droga
oporu, gdy wielkość siły jest 2 razy mniejsza, niż opór. A więc
praca siły i praca oporu będą jednakowe, t. j. dzięki kołowrotowi
zyskujemy nie na pracy, lecz na sile, tracąc jednocześnie na drodze.

Przykłady:

Siła czynna = 100 gr., odbyta droga = 74 mm.

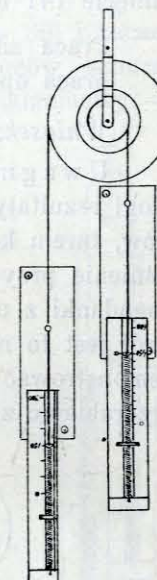
opór = 200 gr., odbyta droga = 37 mm.

Praca siły czynnej = 100 gr. $\times$ 74 mm. = 7400 (gr. $\times$ mm.)Praca oporu = 200 gr. $\times$ 37 mm. = 7400 (gr. $\times$ mm.).

Ćwiczenie 4.

Stosunek promieni kół 1:3.

Powtarzamy ćwiczenie 3, lecz przymocowujemy sznury do kół
o promieniach 12 cm. i 4 cm. (rys. 36). Następnie rozciągamy dyna-
mometry do 100 gr. i 300 gr.

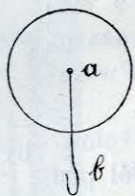
Rys. 36. ($1/10$ w.n.)

Po przeprowadzeniu ćwiczenia, mierzymy drogę punktu zaczepienia siły i drogę punktu zaczepienia oporu. Znajdujemy, że droga punktu zaczepienia siły jest 3 razy większa, niż droga punktu zaczepienia oporu. Np. pod działaniem siły 100 gr. dokonało się przesunięcie 141 mm., a pod działaniem oporu 300 gr. — 47 mm.

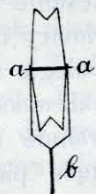
$$\begin{aligned} \text{Praca siły} &= 100 \text{ gr.} \times 141 \text{ mm.} = 14100 \text{ (gr.} \times \text{mm.)}, \\ \text{praca oporu} &= 300 \text{ gr.} \times 47 \text{ mm.} = 14100 \text{ (gr.} \times \text{mm.)} \end{aligned}$$

Wniosek: praca siły i praca oporu w kołowrocie są jednakowe.

Uwagi: 1) W ćwiczeniach 3 i 4 otrzymujemy przy pomiarach drogi rezultaty mylne o 1–2 mm. dzięki niedokładności dynamometrów, tarcia kołowrotu o oś, oraz tarcia sznura o obwód kół. Wyjaśnienie przyczyny powyższych błędów daje materiał do ożywionej pogadanki z uczniami. 2) Trzeba zwrócić uwagę uczniów, że kołowrót jest to również dźwignia, tylko w innej postaci. 3) Należy zademonstrować uczniom kołowrót drewniany o postaci koła i wału, nie przerabiając z nim ćwiczeń.



Rys. 37. ($\frac{1}{3}$ w. n.)



Rys. 38. ($\frac{1}{3}$ w. n.)



Rys. 39. ($\frac{1}{2}$ w. n.)

Rozdział VII. Bloki.

Przyrządy. Blok nasz jest krążkiem z klonu (rys. 37) o promieniu 4 cm., grubości na brzegach 8 mm., opatrzonym na obwodzie w rowek dla założenia sznura (rys. 38). Kształt naszego bloku w przekroju widoczny jest również z rys. 38.

Blok ten jest umocowany nieruchomo na osi *aa*, umieszczonej w nasadzie widelkowej *aba* z cienkiego drutu (rys. 38). Nasada ta zakończona jest haczykiem metalowym *b* i może swobodnie obracać się koło osi *a* bloku. Ciężar bloku z nasadą i osią wynosi 8,4 gr.

Przez wspomniany wyżej rowek przechodzi cienki sznurek jedwabny, długości 32 cm., który na jednym końcu posiada kółko metalowe, a na drugim — metalowy haczyk.

Do bloku należy również zatyczka metalowa (rys. 39).

Uwaga: blok taki może sporządzić każdy stolarz, mający tokarnię.

A. Blok stały.

Ćwiczenie 1.

Warunki równowagi.

Umocowujemy w stole wspomnianą zatyczkę (rys. 39) i zaczepiamy haczyk bloku o punkt *a* tej zatyczki. Do końców sznura, przerzuconego przez rowek bloku, przyczepiamy 2 dynamometry — wąski i szerszy, jak wskazuje rys. 40.

Szerszy dynamometr, wyrażający opór, przytwierdzamy do stołu, a dynamometr wąski, przedstawiający siłę czynną, zwalczającą opór, odcinamy stopniowo i powoli od bloku, trzymając go w ręku, i notując co chwila siły, wskazywane przez oba dynamometry.

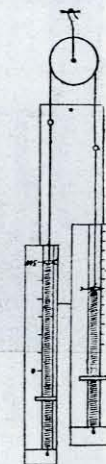
Otrzymujemy rezultaty:

siła czynna	opór
1) 50 gr.	1) 50 gr.
2) 100 gr.	2) 100 gr.
3) 150 gr.	3) 150 gr. i t. d.

Wniosek. Przy bloku stałym siła czynna = oporowi, a więc i na siłę tu nie zyskujemy.

Siła czynna działa w kierunku od bloku. Dzięki blokowi siła ta przeciwdziała oporowi, działającemu w tym samym kierunku.

Wniosek. Dzięki blokowi stałemu możemy zmieniać kierunek siły na dogodniejszy dla nas.



Rys. 40.
($\frac{1}{7}$ w. n.)

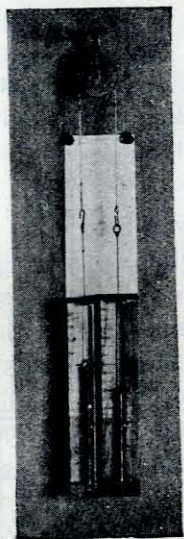
Ćwiczenie 2.

Praca siły i oporu.

Układamy blok i dynamometry na stole zgodnie z rys. 41 i naciągamy każdy na 150 gr., a pod sznurami układamy pasek papieru, rozmiarów 18 cm. $\times$ 9 cm., i przymocowujemy go do stołu pluskiewkami.

B. starannie oznaczamy na papierze punkty, leżące pionowo pod kolorowymi punktami sznurów dynamometrów. Następnie odczepiamy dynamometry i, trzymając wąski w lewej ręce, zaczynamy pociągać go w dół, a szerszemu, który trzymany w prawej ręce, pozwalamy poruszać się ku górze, lecz tak, aby wskazywał wciąż 150 gr. Wówczas i wąski dynamometr stale wskazuje 150 gr.

Po kilku chwilach, gdy kolorowy punkt wąskiego dynamometru przesunie się o 6–8 cm., przymocowujemy znów oba dynamometry do stołu, uważając, aby każdy wskazywał po 150 gr., i aby sznury ich były równoległe.



Rys. 41. (1/7 w. n.)

Teraz bardzo starannie oznaczamy na papierze punkty, leżące pionowo pod kolorowymi punktami sznurów dynamometrów i usuwamy papier z pod sznurów. Milimetrowym papierem mierzymy odległości każdej pary punktów. Spostrzegamy, że te odległości są jednakowe. Np. droga, wykonana przez punkt zaczepienia siły czynnej (dynamometr wąski) = 74 mm.; taką samą drogę 74 mm. przebył i punkt zaczepienia oporu (dynamometr szerszy). A więc praca siły czynnej = 150 gr. $\times$ 74 mm. = 11.100 (gr. $\times$ mm.). Praca oporu = 150 gr. $\times$ 74 mm. = 11.100 (gr. $\times$ mm.).

Wniosek. Praca siły czynnej = pracy oporu; a więc używając bloku stałego nie zyskujemy pracy.

Kilka przykładów z ćwiczeń:

- | | |
|---------------------------|----------------|
| 1) siła czynna = 100 gr.; | droga = 68 mm. |
| opór = 100 gr.; | droga = 68 mm. |
| 2) siła czynna = 200 gr.; | droga = 81 mm. |
| opór = 200 gr.; | droga = 81 mm. |

B. Blok ruchomy.

Cwiczenie 3.

Warunek równowagi.

Ustawiamy teraz blok i dynamometry, jak wskazuje rys. 42. W punkcie *b* przytwierdzamy do stołu zatyczkę (rys. 39). O punkt *a* tej zatyczki zaczepiamy haczyk sznurka, który przechodzi przez rowek bloku *d*, a do drugiego końca tego sznurka przyczepiamy wąski dynamometr. Do haczyka bloku przyczepiamy szerszy dynamometr i przymocowujemy go do stołu.

Następnie wąski dynamometr zaczynamy stopniowo i powoli odciągać od bloku i co chwilę notujemy siły wskazywane jednocześnie przez obydwa dynamometry. Otrzymujemy tabliczkę:



Rys. 42. (1/7 w. n.)

siła czynna	opór
1) 100 gr.	1) 200 gr.
2) 150 gr.	2) 300 gr.
3) 200 gr.	3) 400 gr. i t. d.

Spostrzegamy, że siła czynna jest tym razem 2 razy mniejsza niż opór.

Wniosek. Dzięki blokowi ruchomemu możemy opór pokonać siłą 2 razy mniejszą, a więc zyskujemy dwukrotnie na sile.

Uwagi. 1) Blok powinien nie dotykać stołu, ale wisieć w powietrzu. Ciężar tego bloku jest b. mały — 8,4 gr; b. słabe jest również tarcie osi bloku o widelki, oraz sznurka o blok. Jednakże dzięki tym okolicznościom siły, wskazywane przez szerszy dynamometr, będą wciąż o 5–10 gr. większe, niż być powinny.

2) Należy b. powoli odciągać wąski dynamometr, ażeby stopniowo przewycięzać bezwładność wszystkich ruchomych części przyrządu.

Ćwiczenie 4.

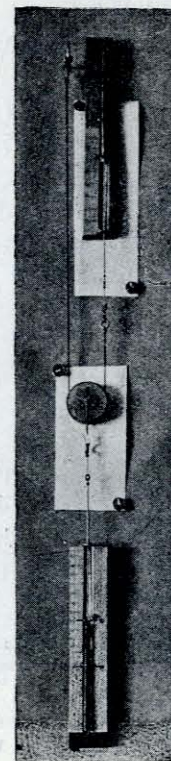
Praca siły i oporu.

Ustawiamy blok i dynamometry zgodnie z rys. 43, a dynamometry odciągamy na 100 gr. i 200 gr. Następnie pod sznurami dynamometrów układamy odpowiednio paski papieru, rozmiarów 18 cm. $\times$ 6 cm. i przymocowujemy papier do stołu pluskiewkami.

Uwaga: trzeba bardzo starannie ustawić dynamometry, aby wszystkie sznury były równoległe.

Teraz jak najdokładniej oznaczamy na papierze ołówkiem punkty, leżące pionowo pod kolorowymi punktami sznurków, unikając przytem błędów paralaksy. Następnie odczepiamy dynamometry od stołu i — trzymając wąski w prawej ręce, a szerszy w lewej — zaczynamy powoli i stopniowo odsuwać dynamometr wąski od bloku. Jednocześnie pozwalamy przysuwać się ku blokowi dynamometrowi szerszemu, uważając stale, aby wskazywał opór 200 gr. W tym wypadku wąski dynamometr będzie wskazywał siłę czynną 100 gr.

Uwagi. 1) dla wykonania tego ćwiczenia stajemy z boku naszego przyrządu, umieszczonego na jednym z końców stołu. Czynności powyższe może wykonać dwóch uczniów, pracując jednocześnie.



Rys. 43. (1/7 w. n.)

2) Przy posuwaniu dynamometrów trzeba uważać, aby nie zahaczały one o stół.

Po kilku chwilach, gdy punkt kolorowy wąskiego dynamometru przesunie się o 6–8 cm., zatrzymujemy oba dynamometry, przyczepiamy je do stołu, uważając, żeby pokazywały 200 gr. i 100 gr. i żeby sznurki były równoległe.

Następnie b. dokładnie oznaczamy ołówkiem na papierze punkty, leżące pionowo pod kolorowymi punktami sznurów. Potem usuwamy papier z pod dynamometrów i mierzymy papierem milimetrycznym odległość kresek na każdym pasku. Przytaczam rezultaty jednego z ćwiczeń:

1) droga punktu zaczepienia siły czynnej 100 gr. wynosi 76 mm.

2) droga punktu zaczepienia oporu 200 gr. stanowi 38 mm.

Praca siły czynnej = $100 \text{ gr.} \times 76 \text{ mm.} = 7600$ (gr. $\times$ mm.), a praca oporu = $200 \text{ gr.} \times 38 \text{ mm.} = 7600$ (gr. $\times$ mm.).

Wniosek: praca siły = pracy oporu. A więc dzięki blokowi ruchomemu nie zyskujemy na pracy, tylko na sile, tracąc jednocześnie na drodze.

C. Wielokrążek.

Ćwiczenie 5.

Warunek równowagi.

Zgodnie z rys. 44 układamy na stole dynamometry wąski i szeroki, 2 bloki, 2 sznurki, długości 45 cm. i 60 cm., zaopatrzone na jednym końcu w haczyk, a na drugim w kółeczko metalowe i 2 zatyczki b i b_1 .

Najpierw umocowujemy — mniej więcej pośrodku stołu do ćwiczeń — obok siebie 2 zatyczki w punktach b , b_1 w odległości 2 cm. jedna od drugiej.

Uwaga: cały przyrząd umieszczamy wzdłuż, a nie wpoprzek stołu.

Zaczepiamy haczyk dłuższego sznurka w punkcie a zatyczki b , poczem oprowadzamy ten sznur dookoła bloku C . Do haczyka tego bloku przyczepiamy szerszy dynamometr i ustawiamy go na dowolnym, lecz słabym napięciu, np. 160 gr. Do drugiego końca tego sznurka przyczepiamy haczyk bloku D . Krótszy sznur zaczepiamy o drugą zatyczkę b_1 i przerzucamy sznur przez rowek bloku D , a do końca

tego sznura przyczepiamy dynamometr wąski, który naciągamy b. nieznacznie, np. na 40 gr.

Uwaga: $MN = 85 \text{ cm.}$, $bC = 47 \text{ cm.}$, $bD = 34 \text{ cm.}$, $CE = 15 \text{ cm.}$, $FD = 16 \text{ cm.}$

Następnie poprawiamy położenie dynamometrów tak, aby wszystkie sznurki były równoległe. Prócz tego, podnosząc lub zniżając haczyki sznurków, przyczepione do zatyczek, staramy się, ażeby bloczki wisiały w powietrzu i nie dotykały stołów.

Teraz szerszy dynamometr ustawiamy na 200 gr. Dynamometr wąski winien wówczas wskazać prawie 50 gr.

Uwaga: wąski dynamometr wskazuje nieco mniej, o 5–10 gr. wskutek niedokładności dynamometrów, ciężaru bloczków, tarcia sznurów o bloki i osi o widelki.

Jeżeli bardzo powoli będziemy naciągali wąski dynamometr, który wyobraża siłę czynną, to dynamometr szerszy wskaże 4 razy większą ilość gramów. Napięcie tego dynamometru będziemy uważali za opór. Układamy tabliczkę z rezultatami ćwiczenia:

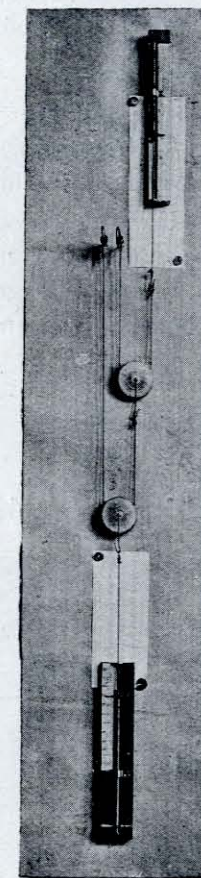
siła czynna	opór
1) 50 gr.	1) 200 gr.
2) 75 gr.	2) 300 gr.
3) 100 gr.	3) 400 gr. i t. d.

Wniosek: dzięki naszemu wielokrążkowi, składającemu się z dwóch bloków ruchomych, zyskujemy 4-krotnie na sile.

Ćwiczenie 6.

Praca siły i oporu.

Podkładamy paski papieru pod sznurki obydwu dynamometrów, nastawionych na 200 gr. i 50 gr. (rys. 45). Ołówkiem oznaczamy na tych paskach punkty, które leżą pionowo pod kolorowymi punktami sznurków. Odczepiamy obydwie dynamometry i trzymając szerszy w lewej ręce, a wąski w prawej, zaczynamy wąski odsuwać od bloków wzdłuż stołu, przyczem pozwalamy szerszemu przysuwać się do bloków, starając się wszakże, aby opór równał się stale 200 gr. W takim razie siła czynna będzie wynosić 50 gr. Po kilku chwilach zatrzy-



Rys. 45. ($\frac{1}{7}$ w. n.)

muujemy dynamometry, ustawiamy je tak, aby wszystkie sznury były równoległe, a dynamometry wskazywały 200 gr. i 50 gr. Znowu ołówkiem oznaczamy na papierze punkty, odpowiadające kolorowym punktom sznurków, i usuwamy paski papieru z pod dynamometrów.

Teraz mierzymy papierem milimetrowym drogi, przebyte przez punkty zaczepienia oporu i siły czynnej. Zauważymy, że droga punktu zaczepienia siły jest 4 razy większa, niż droga punktu zaczepienia oporu. Np.:

siła czynna — 50 gr.,	droga — 168 mm.
opór — 200 gr.,	droga — 42 mm.

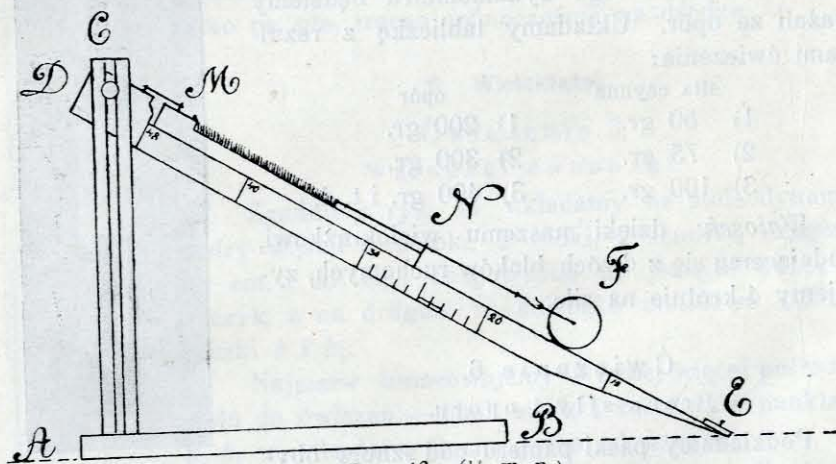
$$\text{Praca siły} = 50 \text{ gr.} \times 168 \text{ mm.} = 8400 \text{ (gr.} \times \text{mm.)}$$

$$\text{Praca oporu} = 200 \text{ gr.} \times 42 \text{ mm.} = 8400 \text{ (gr.} \times \text{mm.)}$$

Wniosek. Praca siły = pracy oporu, a więc na pracy nie zyskujemy, lecz wielokrotnie daje nam możliwość małą siłą przezwyciężyć duży opór.

U w a g a: droga siły, otrzymana podczas ćwiczenia, nie powinna się różnić więcej, niż o 1–2 mm. od obliczonej teoretycznie. Przykład: opór — 400 gr., droga — 45 mm.; siła czynna — 100 gr., droga — 178 mm., a powinno być 180 mm.

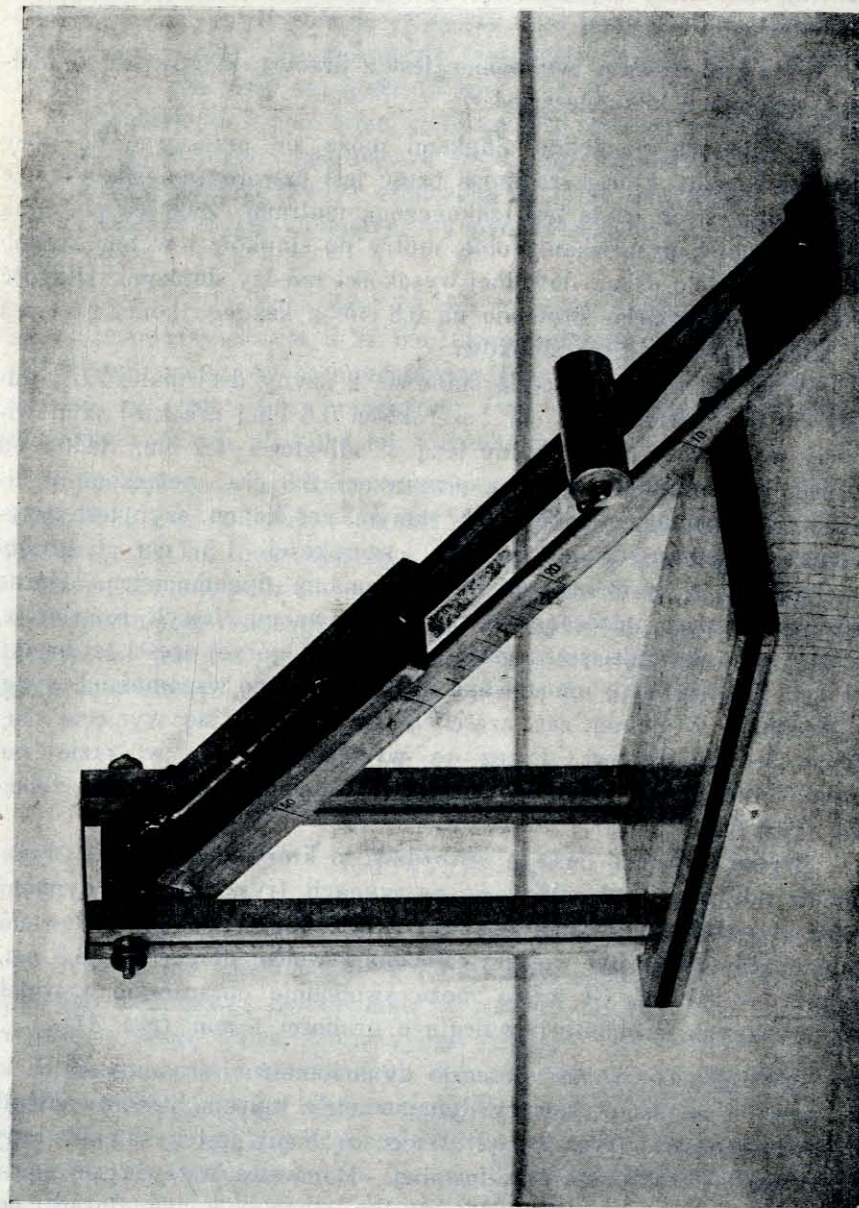
Rozdział VIII. Równia pochyła.



Rys. 46. ($\frac{1}{5}$ w. n.)

Przyrządy. Do drewnianej podstawy AB (rys. 46), rozmiarów 29 cm. $\times$ 13 cm. $\times$ 1,7 cm. przymocowane są dwie pary słupków drewnianych AC, rozmiarów 26 cm. $\times$ 1,7 cm. $\times$ 1 cm.

Jedna para tych słupków znajduje się w odległości 6 cm. od drugiej pary, a słupki każdej pary są odległe jeden od drugiego o 0,4 cm. Odległość słupków od brzegu podstawy wynosi 24,7 cm.



Rys. 47. ($\frac{1}{4}$ w. n.)

U góry słupki są złączone zapomocą blachy cynkowej czy mosiężnej. (rys. 47) tak, ażeby się nie krzywiły i odległości pomiędzy nimi nie zmieniały.

Uwaga. Równia wykonana jest z drzewa klonowego, a podstawa sklejana z kilku deseczek.

W szparach pomiędzy słupkami może się przesuwac do góry i w dół oś żelazna, której środkowa część jest czworograniasta, a końce obłe. Z obu stron oś ta jest zakończona mutrami. Zakręcając jedną z nich mocniej, przyciskamy obie mutry do słupków i w ten sposób możemy umieścić oś na dowolnej wysokości między słupkami. Długość osi = 11 cm., nacięcie zrobiono na 0,8 cm. z każdego końca i o tyleż cm. końce te wystają ze słupków.

Właściwą równię pochyłą stanowią 2 szyny drewniane *DE*, długości 50 cm., grubości 2 cm., szerokości 0,6 cm.; przekrój szyn widoczny jest na rys. 46. Szyny leżą w odległości 4,2 cm., jedna od drugiej. Dolne końce szyn, na przestrzeni 5,5 cm., połączone są listewką drewnianą (rys. 47). Na samym zaś końcu szyn jest przyklejona zwierzchu druga listewka, szerokości 1,5 cm. i grubości 0,5 cm., z gwoździkiem do zaczepiania dynamometru. Górne części tych szyn połączone są bryłką drewnianą takich rozmiarów, ażeby mogła się zmieścić między słupkami. W górnej części tej bryłki, o 1 cm. nad szynami, umocowana jest nieruchomo wspomniana wyżej oś żelazna. W dolnej zaś części bryłki znajduje się wycięcie, sięgające prawie do osi. Przez to wycięcie można, w razie potrzeby, przeciągnąć sznurek, łączący dynamometr z walcem żelaznym (rys. 52).

Bryłka również posiada gwoździk, o który zaczepia się dynamometr tak, aby leżał całkowicie na szynach (rys. 47). Do dynamometru przyczepia się walec żelazny *F* (rys. 46), wypełniony ołowiem, ażeby ciężar walca był większy. Rozmiary walca: długość — 6,5 cm., średnica — 2,5 cm. Oś walca może swobodnie obracać się w widełkach żelaznych, zrobionych z drutu o grubości 1 mm. (rys. 47).

Uwagi. 1) Grubość deseczki dynamometru i średnica walca są tak dobrane, że sznur, łączący dynamometr z walcem, jest równoległy do długości równi (rys. 46). 2) Walec zrobiony jest z kawałka rury wodociągowej, toczony i oszlifowany. Do walca wstawia się nieruchomo oś i nalewa ołowiu. To wszystko może wykonać ślusarz, posiadający tokarnię. Następnie walec zostaje oniklowany i wypolerowany, aby zmniejszyć tarcie jego o szyny i rdzewienie na powietrzu. Niklowanie i polerowanie może wykonać zakład, remontujący instrumenty chirurgiczne, znajdujący się w każdym większym mieście.

Na jednym ze słupków równi zrobiona jest podziałka milimetrowa, co 2 milimetry, poczynając od dolnej powierzchni podstawy. Liczba, np. 12 cm. wskazuje odległość tego punktu słupków od stołu. Podziałka ta służy do mierzenia wysokości równi, która może się zmieniać w granicach od 0 do 25 cm.

Na jednej z szyn z boku zrobiona jest również podziałka, zaczynająca się od końca, opierającego się o stół. Najpierw, t. j. do bryłki drewnianej, łączącej szyny, oznaczone są tylko decymetry (od 0 cm. do 48 cm.), a wyżej milimetry. Ta podziałka służy do mierzenia długości równi.

Uwagi. 1) Pomiedzy 20 cm. i 30 cm. nakreślone są centymetry, a między 25 cm. i 27 cm. nawet milimetry dla obliczenia długości równi przy pozycji, przedstawionej na rys. 51. 2) Długość równi zmienia się prawie przy wszystkich ćwiczeniach bardzo nieznacznie, mianowicie 48 cm. + kilka lub kilkanaście milimetrów.

Do mierzenia podstawy równi służy deseczka *BL* (rys. 49), rozmiarów 25 cm. $\times$ 3 cm. $\times$ 4 mm. Deseczkę tę układa się od brzegu podstawy ku końcowi szyn (rys. 50). Podstawa równi, poczynając od słupków, zawiera podziałki co 5 cm. Podziałki te są przedłużone dalej na wspomnianej deseczce do 50 cm. Pomiedzy 40 cm. i 50 cm. skala podzielona jest na milimetry. Długość podstawy może się zmieniać przy doświadczeniach w granicach między 42 cm. i 49 cm.

A. Siła czynna równoległa do długości równi.

Ćwiczenie 1.

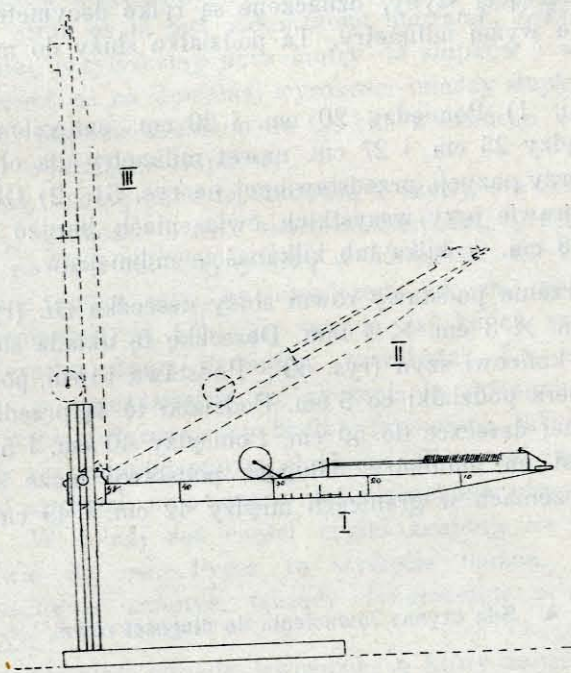
Siła czynna a kąt nachylenia równi.

Trzymając dynamometr w ręku, przyczepiamy do niego walec i powoli podnosimy dynamometr z walcem do góry. W ten sposób określamy wagę walca, która wynosi 320 gr.

Umocowujemy oś równi na wysokości 23 cm. i podnosimy cienki koniec szyn do góry tak, ażeby szyny stały poziomo — pozycja I rys. 48. Przyczepiamy dynamometr do listewki, łączącej zwężone części szyn, do dynamometru zaś przyczepiamy walec. Zauważymy, że dynamometr wskazuje 0 gr., t. j. walec zupełnie nie wyciąga sprężyny, o ile szyny trzymamy poziomo. Podnosimy teraz stopniowo i powoli zwężone części szyn do góry — pozycja II rys. 48. Zauważymy, że walec zaczyna naciągać sprężynę dynamometru z wzrastającą wciąż siłą, która jednakże jest stale mniejszą, niż ciężar walca,

t. j. mniejszą, niż 320 gr. Stopniowo ta siła zbliża się do 320 gr.; gdy zaś szyny ustawimy wreszcie pionowo — pozycja III rys. 48, dynamometr wskaże 320 gr.

Wniosek. Ażeby utrzymać ciało w równowadze na równi pochyłej należy doń przyłożyć siłę, która jest mniejszą, niż ciężar tego ciała, lecz wzrasta z kątem nachylenia równi.



Rys. 48. ($\frac{1}{7}$ w. n.)

Ćwiczenie 2.

Wysokość równi równa $\frac{1}{2}$ jej długości.

Ustawiamy oś między słupkami tak, ażeby wysokość równi wynosiła połowę jej długości, t. j. połowę 48 cm. i kilku lub kilkunastu milimetrów. A więc ustawiamy oś z początku na 24 cm., a następnie przesuwamy ją do góry jeszcze o parę milimetrów w zależności od tego, ile milimetrów bryłki ponad 48 cm. wystaje z pomiędzy słupków.

Uwaga: Długość równi trzeba liczyć do tego miejsca bryłki, łączącej szyny, w którym styka się ze słupkami

Ostatecznie w tym przypadku długość równi wynosi np. 48,7 cm., a wysokość = 24,4 cm. Teraz przyczepiamy do równi dynamometr,

a do niego walec (rys. 46) i ostrożnie usuwamy rękę od walca, który zsuwa się nieco wzdłuż szyn. Dynamometr wskaże 160 gr., t. j. $\frac{1}{2}$ wagi walca.

Z ćwiczenia naszego wynika, że stosunek siły, utrzymującej walec na równi, do ciężaru walca jest 1:2, stosunek zaś wysokości równi do jej długości jest również 1:2.

Wniosek. Jeżeli siła, utrzymująca ciało w równowadze na równi pochyłej, jest równoległa do długości równi, to stosunek tej siły do ciężaru ciała równa się stosunkowi wysokości równi do jej długości.

Ćwiczenie 3.

Wysokość równi równa $\frac{1}{3}$ jej długości.

Powtarzamy ćwiczenie 2, lecz oś ustawiamy tak, ażeby wysokość równi wynosiła $\frac{1}{3}$ część jej długości. W danym przypadku długość = 49,1 cm., wysokość wynosi 16,4 cm.

Zauważymy teraz, że dynamometr wskazuje prawie $\frac{1}{3}$ ciężaru walca, t. j. stosunek siły czynnej do ciężaru walca = 1:3. Stosunek wysokości równi do długości w danym przypadku też = 1:3.

Wniosek: jak w poprzednim ćwiczeniu.

Uwaga: dynamometr w rzeczywistości wskazuje nie $106\frac{2}{3}$ gr., jak powinno być, lecz prawie 105 gr.

Ćwiczenie 4.

Wysokość równi równa $\frac{1}{4}$ jej długości.

Powtarzamy poprzednie ćwiczenie, lecz ustawiamy oś tak, ażeby wysokość równi wynosiła $\frac{1}{4}$ część jej długości. W danym przypadku długość wynosi 49,1 cm., wysokość 12,3 cm.

Umieszczając na odpowiednim miejscu dynamometr i przyczepiając do niego walec, zauważymy, że dynamometr wskazuje prawie $\frac{1}{4}$ ciężaru walca.

Uwaga. Dynamometr wskazuje 75 gr., t. j. błąd = 5 gr.

Wniosek: jak w ćwiczeniu 2.

Ćwiczenie 5.

Wysokość równi dowolna.

Ustawiamy oś na dowolnej wysokości, naprz. na wysokości 20 cm. W takim przypadku długość równi wynosi 48,9 cm. Stosunek wysokości równi do długości stanowi $\frac{20}{48,9} = \frac{200}{489}$

Zgodnie z otrzymanymi poprzednio wnioskami, stosunek siły czynnej do ciężaru walca powinien również wynosić $\frac{200}{489}$. A wobec tego, że walec waży 320 gr., siła czynna powinna być $= 320 \times \frac{200}{489} = \frac{64000}{489} =$ prawie 131 gr.

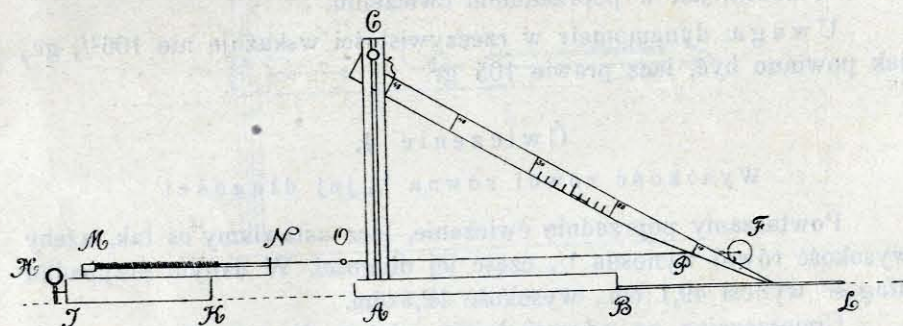
Umieszczamy na odpowiednim miejscu dynamometr, a do niego przyczepiamy walec i spostrzegamy, że siła czynna w danym przypadku wynosi prawie 130 gr., t. j. b. mało różni się od teoretycznie obliczonej.

Przytaczam jeszcze jeden przykład:

wysokość równi	9 cm.		stosunek	$= \frac{9}{49,2} = \frac{90}{492} = \frac{15}{82}$
długość	49,2 cm.			

Siła czynna powinna wynosić $320 \text{ gr.} \times \frac{15}{82} = 58 \frac{22}{41} \text{ gr.}$

W rzeczywistości dynamometr wskazuje 50 gr., czyli różnica jest mniejsza, niż 10 gr.



Rys. 49. ($\frac{1}{7}$ w. n.)

B. Siła czynna równoległa do podstawy równi.

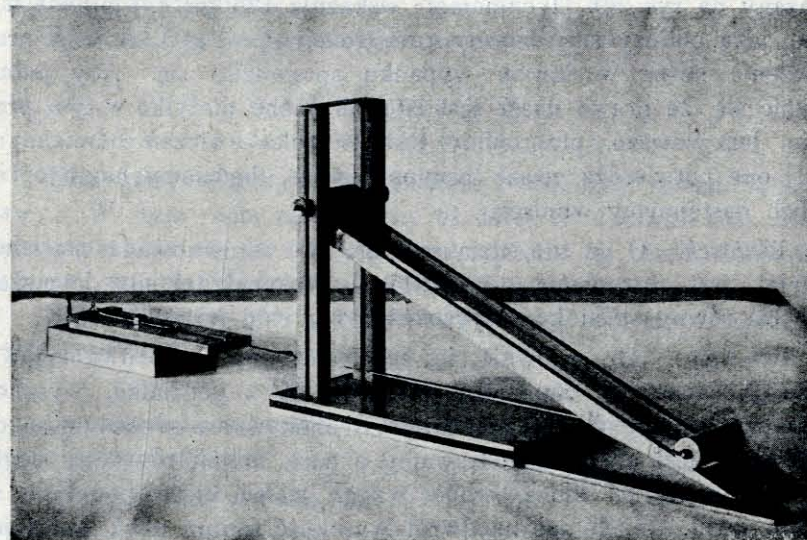
Ćwiczenie 6.

Zmiana siły w zależności od zmiany nachylenia równi.

Kłoc drewniany *IK* (rys. 49), rozmiarów 16 cm. $\times$ 8 cm. $\times$ 3 cm., przymocowujemy do stołu zapomocą zatyczki *H* (rys. 20). Na tym kłocu układamy i przyczepiamy do niego dynamometr *MN*. Sznurek *OP*, długości 45 cm., łączy ten dynamometr z walcem metalowym *F*, umieszczonym na równi pochyłej, jak wskazuje rys. 49. Odległość podstawy równi od kłoca wynosi 21 cm. — 28 cm.

Opuszczamy powoli i stopniowo oś równi w dół i spostrzegamy, że siła, niezbędna do utrzymania walca w równowadze, stopniowo zmniejsza się i wreszcie staje się $= 0$ gr., gdy szyny równi zajmą pozycję poziomą.

Uwaga. Dzięki wycięciu w bryłce drewnianej, łączącej szyny równi, możemy sznurek od walca do dynamometru przeprowadzić przez to wycięcie (rys. 52) i następnie ułożyć szyny poziomo.



Rys. 50. ($\frac{1}{7}$ w. n.)

Ćwiczenie 7.

Dowolna wysokość równi.

Ustawiamy oś równi na dowolnej wysokości, np. 18 cm. (rys. 50). Dla zmierzenia długości podstawy przysuwamy do brzegu jej deseczkę *BL* z podziałką tak, aby dotykała końców szyn (rys. 49). Długość podstawy wynosi w tym przypadku 45,7 cm.

Z ćwiczeń poprzednich, w których siła, podtrzymująca ciało na równi pochyłej, była równoległa do długości równi, wyprowadziliśmy następujące prawo: stosunek tej siły do ciężaru ciała równa się stosunkowi wysokości równi do jej długości.

Ponieważ obecnie siła jest równoległa nie do długości równi, lecz do jej podstawy, przeto nasuwa się przypuszczenie, że i w tym przypadku działa prawo podobne, w którym jedynie podstawa równi występuje w miejsce jej wysokości. Przypuszczamy zatem, że sto-

sunek siły do ciężaru ciała jest równy stosunkowi wysokości równi do jej podstawy.

Stosunek wysokości równi do jej podstawy jest w naszym wypadku $\frac{18}{45,7} = \frac{180}{457}$. A więc siła, utrzymująca walec na równi, powinna wynosić $320 \text{ gr.} \times \frac{180}{457} = 126 \text{ gr.}$

Układamy walec na równi i łączymy go z dynamometrem w sposób wskazany na rys. 50. Dynamometr wskazuje 125 gr., t. j. prawie taką liczbę, jaką obliczyliśmy teoretycznie (różnica = 1 gr.). A więc przypuszczenie nasze w danym wypadku sprawdziło się. Aby jednak upewnić się, że prawo nasze jest istotnie ważne nie tylko w tym wypadku, lecz zawsze, przerobimy jeszcze kilka ćwiczeń odmiennych. Jeśli i one potwierdzą nasze przypuszczenie, będziemy mogli oprzeć na nich następujący wniosek.

Wniosek. O ile siła, utrzymująca ciało w równowadze na równi pochyłej, jest równoległa do podstawy, stosunek tej siły do ciężaru ciała jest równy stosunkowi wysokości równi do jej podstawy.

Uwaga: Aby upewnić się, że siła czynna jest równoległa do podstawy, mierzymy zapomocą deseczki *BL* z podziałką, wysokość sznura nad stołem obok dynamometru i obok walca. Jeżeli wysokość około walca jest mniejsza, odsuwamy o parę milimetrów, czy centymetrów, równię od kłosa, wobec czego walec nieco podniesie się wzdłuż równi. Jeżeli zaś naodwrot wysokość sznura obok walca jest większą, to przysuwamy równię do kłosa i walec opuści się trochę wzdłuż równi.

Przytoczę jeszcze jeden przykład:

wysokość równi 24 cm.
podstawa 42,6 cm.

Stosunek wysokości do podstawy jest $\frac{24}{42,6} = \frac{240}{426} = \frac{40}{71}$.

Siła czynna powinna być $320 \text{ gr.} \times \frac{40}{71} = 180 \text{ gr.}$ (trochę więcej).

Dynamometr zaś wskazuje niespełna 180 gr.

Ćwiczenie 8.

Wysokość równi równa $\frac{1}{2}$ jej podstawy.

Ustawiamy oś równi tak, żeby wysokość była równa połowie podstawy. W tym celu podnosimy oś do samej góry i zaczynamy powoli opuszczać ją wdół, uważając na długość podstawy, która zwiększa się od 42,2 cm. Wysokość zaś zmniejsza się od 25 cm. Łatwo zau-

ważyć moment, kiedy długość podstawy zwiększy się do 43,6 cm.; wtenczas wysokość będzie wynosiła 21,8 cm., t. j. równo połowę podstawy.

Uwaga. Ażeby przy tych próbach równia i deseczka *BL* nie posuwały się, wtykamy w stół zatyczki (rys. 20) w punktach *L* i *A* (rys. 49).

Siła czynna powinna wynosić teraz połowę ciężaru walca, t. j. $320 \text{ gr.} : 2 = 160 \text{ gr.}$ Dynamometr zaś wskazuje około 160 gr., t. j. różnicy prawie niema.

Wniosek: jak w poprzednim ćwiczeniu.

Ćwiczenie 9.

Wysokość równi równa $\frac{1}{3}$ jej podstawy.

Ustawiamy oś tak, żeby wysokość równi była równa $\frac{1}{3}$ jej podstawy. W tym celu opuszczamy oś dalej ku dołowi. Gdy długość podstawy zbliży się do 46,5 cm., wysokość w tej chwili dochodzi do 15,5 cm., co stanowi dokładnie $\frac{1}{3}$ podstawy.

Siła czynna w tym przypadku powinna wynosić trzecią część ciężaru walca, t. j.

$$320 \text{ gr.} : 3 = 106\frac{2}{3} \text{ gr.}$$

Dynamometr wskazuje trochę więcej niż 100 gr, błąd więc przekracza nieco 5 gr.

Wniosek: jak w ćwiczeniu 7.

Ćwiczenie 10.

Wysokość równi równa $\frac{1}{4}$ jej podstawy.

Ustawiamy oś tak, żeby wysokość równi stanowiła $\frac{1}{4}$ podstawy. Opuszczając oś niżej, niż w poprzednim ćwiczeniu, zauważymy moment, kiedy długość podstawy wyniesie 47,8 cm. Wówczas wysokość będzie wynosiła 11,9 cm., co prawie równa się $\frac{1}{4}$ podstawy. A więc siła czynna, utrzymująca walec na równi, powinna wynosić $320 \text{ gr.} : 4 = 80 \text{ gr.}$ Dynamometr wskazuje trochę więcej, niż 70 gr., to j. omyłka zbliży się do 10 gr.

Wniosek: jak w ćwiczeniu 7.

C. Bardzo małe nachylenie równi.

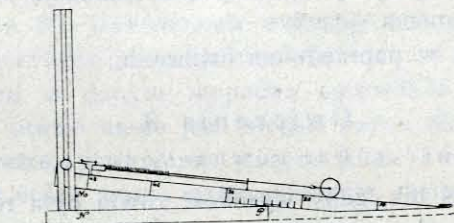
Ćwiczenie 11.

Siła równoległa długości równi.

Ćwiczenia 11 i 12 mają na celu nie tyle sprawdzenie prawa równowagi sił na równi pochyłej, ile wskazanie uczniom w związku

z ćwiczeniami 8, 9 i 10 wzrastającego wpływu tarcia. Uczniowie powinni z nich wywnioskować, że przy doświadczalnym badaniu trzeba koniecznie dążyć do usunięcia wszelkich wpływów ubocznych, mogących wpłynąć na wynik badania.

Jeżeli wysokość równi jest bardzo mała, t. j. mniejsza niż 4 cm., to szyny opierają się o podstawę PN swym środkiem, pomiędzy 23 cm. i 25 cm. długości, jak wskazuje rys. 51. W tym przypadku wy-

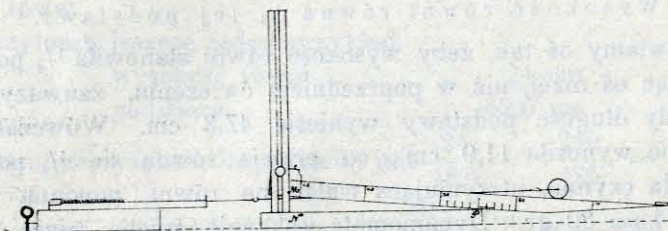


Rys. 51. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

sokość równi stanowi odcinek MN , a długość — odcinek MP . Np. wysokość $MN = 3$ cm.; długość $MP = 25,3$ cm.

$$\text{Stosunek wysokości do długości} = \frac{3}{25,3} = \frac{30}{253}$$

Siła czynna powinna wynosić $320 \text{ gr.} \times \frac{30}{253} = \text{prawie } 38 \text{ gr.}$ Dynamometr wskazuje 25 gr., błąd więc jest w tym wypadku bardzo wielki, bo aż 13 gr.



Rys. 52. ($\frac{1}{10}$ w. n.)

Ćwiczenie 12.

Siła równoległa do podstawy równi.

Jeżeli siła czynna jest równoległa do podstawy równi, a wysokość jest mniejsza niż 4 cm., to i w tym przypadku wysokość równi stanowi odcinek MN (rys. 52), a długość podstawy — odcinek NP . Np., wysokość $MN = 3$ cm., podstawa $NP = 24,7$ cm.

Stosunek wysokości do podstawy wynosi $\frac{3}{24,7} = \frac{30}{247}$. Siła czynna powinna stanowić:

$$320 \text{ gr.} \times \frac{30}{247} = 38 \text{ gr. (trochę więcej).}$$

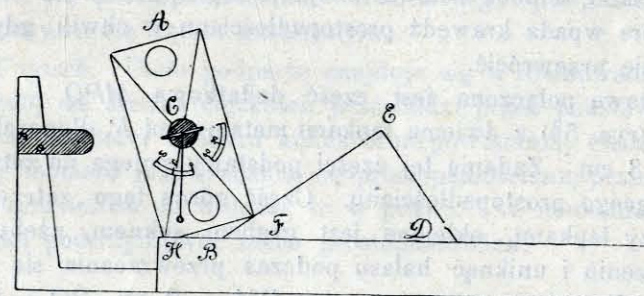
Dynamometr zaś wskazuje 30 gr., t. j. błąd wynosi 8 gr. — jest więc również bardzo poważny.

Uwagi. 1) Z tych ćwiczeń widać, że błąd zwiększa się wraz ze zmniejszeniem wysokości równi, gdyż wzrasta wpływ tarcia walca o szyny. 2) Nietrudno zauważyć na naszym przyrządzie, że długość równi waha się w granicach 48,6 — 49,2 cm. przy zmniejszeniu wysokości od 25 cm. do 7,8 cm. 3) Przy dalszym zmniejszeniu wysokości końce szyn podnoszą się nieco do góry, a szyny zaczynają opierać się o brzeg podstawy. Wtenczas wysokość równi mierzy się odcinkiem MN (rys. 51 i 52), który może zmieniać się od 4 cm. niemal do 0 cm. Długość zaś równi mierzy się odcinkiem MP i waha się w granicach od 25,4 cm. do 24,8 cm., a podstawa NP pozostaje bez zmiany = 247 cm. 4) Nie możemy więc zmieniać wysokości równi w granicach od 7,8 cm. do 4 cm.

Uzupełnienie A. Badanie pewności równowagi ciała podpartego.

I. Prostopadłościan ¹⁾.

Przyrządy. Jako ciało podparte służy nam prostopadłościan AB z drzewa klonowego (rys. 53), rozmiarów 12 cm. $\times$ 6 cm. $\times$ 4 cm.



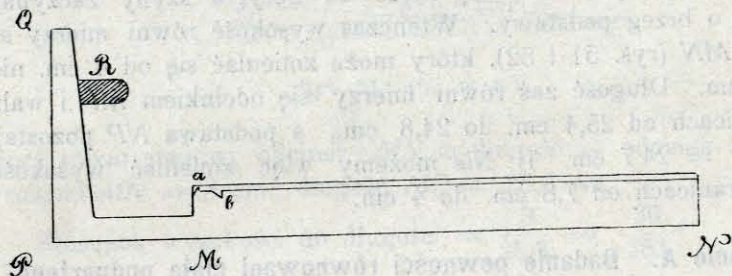
Rys. 53. ($\frac{1}{5}$ w. n.)

W każdym z trzech otworów tego prostopadłościanu umieszczamy kolejno walec ołowiany, o długości 4 cm. i średnicy 2 cm. Rozmie-

¹⁾ Modyfikacja przyrządu K. Dubrowskiego (patrz „Prostyje fizyczne przybory“, Piotrogród 1910 r., str. 4).

szerzenie otworów widoczne jest na rys. 53, na którym prostokąt AB przedstawia ścianę boczną 12 cm. $\times$ 6 cm. prostopadłościanu.

Prostopadłościan ustawia się na podstawie drewnianej MN (rys. 54), rozmiarów 30 cm. $\times$ 5 cm. $\times$ 3 cm., o brzegach wystających o 5 mm. w górę. Po tej podstawie może się przesuwać [klin FDE (rys. 53), szerokości 4 cm., z bokami $DE = 8,6$ cm., $FE = 11,7$ cm. i $FD = 13,5$ cm. (kąty między bokami w przybliżeniu 40° , 60° i 80°). Klin ten ma na celu stopniowe podważanie prostopadłościanu, z możliwością zatrzymania go w różnych pozycjach, aż do chwili jego przewrócenia się. Wzajemne rozmieszczenie podstawy, klina i prostopadłościanu widoczne jest z załączonych rysunków 53.-57.



Rys. 54. (1/5 w. n.)

Na lewym końcu podstawy (rys. 54) znajduje się wążutka listewka a , wysokości 2 mm., o którą może się opierać dolna krawędź prostopadłościanu, a obok listewki znajduje się w podstawie wgłębienie b , w które wpada krawędź prostopadłościanu w chwili, gdy ostatecznie ma się przewrócić.

Z podstawą połączona jest część dodatkowa MPQ , — zatrzymywacz — (rys. 54) z dwiema łapkami metalowymi R , długości 5 cm., szerokości 1,8 cm. Zadanie tej części podstawy polega na zatrzymywaniu padającego prostopadłościanu. Część górna tego zatrzymywacza, pomiędzy łapkami, oklejona jest grubym sukniem, ażeby zapobiec uszkodzeniu i uniknąć hałasu podczas przewracania się prostopadłościanu. Rozmiary zatrzymywacza: $PM = 9$ cm., $PQ = 12$ cm., szerokość 4 cm. Część PQ zatrzymywacza jest nieco rozszerzona u dołu, aby zapobiec łatwemu odłamaniu jej.

Przekładając walec ołowiany z jednego otworu do innego, nie zmieniamy wagi prostopadłościanu, lecz przesuwamy w dół lub w górę jego środek ciężkości. Na szerszych ścianach bocznych prostopadłościanu nakreślone są jednakowymi promieniami łuki opatrzone po-

działką kątową; pozwalają one mierzyć kąty nachylenia prostopadłościanu.

W pracy niniejszej pominęliśmy zagadnienia środka ciężkości i rodzajów równowagi ciał, gdyż przy badaniu tych zjawisk Wileńska Pracownia Przyrodnicza posługiwała się przyrządami i ćwiczeniami używanymi zazwyczaj w szkołach i opisanymi w każdym niemal podręczniku fizyki. Mówiąc więc w dalszym ciągu o środku ciężkości, o położeniu jego w ciele, o zmianie tego położenia, uważamy, że te wszystkie zagadnienia zostały już przerobione z uczniami. Tu zaś przytaczamy tylko rzeczy nowe, lub mało znane.

Ćwiczenie 1.

Położenie środka ciężkości i kąt graniczny.

Walec ołowiany umieszczamy w otworze środkowym prostopadłościanu, który ustawiamy na samym brzegu podstawy, tuż obok wyżej wspomnianej listewki a . Pion zawieszony w punkcie ściany bocznej, będącym rzutem na nią środka ciężkości C , ustawia się sam na 0° podziałki.

Podsuwamy ostrożnie pod prawą dolną krawędź prostopadłościanu koniec F klina (rys. 53) i zaczynamy go bardzo powoli posuwać w lewo, zatrzymując co chwilę i obserwując położenie pionu.

Posuwając klin coraz dalej, osiągniemy moment, kiedy pion pokryje się z prostą CH , łączącą środek ciężkości C z krawędzią, dookoła której obraca się prostopadłościan. Odchylenie pionu teraz wynosi 25° . Najmniejsze przesunięcie klina w lewo wywołuje już przewrócenie się prostopadłościanu. Wobec tego powyższe odchylenie pionu nazywa się kątem granicznym.

Wniosek. Ciało podparte znajduje się w równowadze, o ile pion, spuszczone ze środka ciężkości, przechodzi przez podstawę ciała.

Dla pewności wniosku kilkakrotnie powtarzamy ćwiczenie i obserwujemy moment przewracania się prostopadłościanu, przesuwając klin o parę milimetrów to w lewo, to w prawo. W momentach tych należy ręką podtrzymywać nieco prostopadłościan.

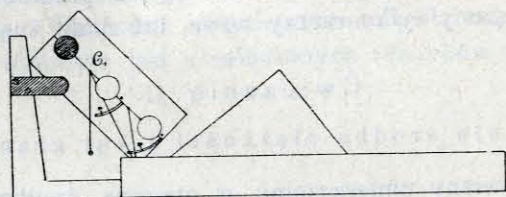
Ćwiczenie 2.

Podwyższenie środka ciężkości.

Wkładamy teraz walec ołowiany do górnego otworu prostopadłościanu (rys. 55). Dzięki temu środek ciężkości podnosi się do góry, lecz ciężar prostopadłościanu nie zmienia się. Następnie odwracamy prostopadłościan tylną stroną do siebie i zawieszamy pion w punkcie

ściany bocznej, będącym rzutem nowego środka ciężkości C_1 , poczem powtarzamy poprzednie ćwiczenie. Obserwując moment przewracania się prostopadłościanu, wyciągamy taki sam wniosek, jak w poprzednim ćwiczeniu. Jednocześnie spostrzegamy, że odchylenie pionu w tym momencie, czyli kąt graniczny, wynosi tylko 23° , t. j. mniej, niż w ćwiczeniu pierwszym.

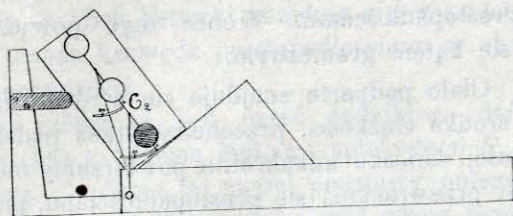
Wniosek: przy przesunięciu środka ciężkości w górę kąt graniczny zmniejsza się.

Rys. 55. ($\frac{1}{6}$ w. n.)

Ćwiczenie 3.

Obniżenie środka ciężkości.

Umieszczamy teraz walec w dolnym otworze prostopadłościanu (rys. 56), dzięki czemu środek ciężkości znacznie się obniża, chociaż ciężar ciała pozostaje bez zmiany. Zawieszamy pion w punkcie ściany bocznej, będącym rzutem na nią nowego środka ciężkości C_2 , i powtarzamy poprzednie ćwiczenie. Obserwując moment przewracania się

Rys. 56. ($\frac{1}{6}$ w. n.)

prostopadłościanu spostrzegamy, że odchylenie pionu w tym momencie, czyli kąt graniczny, $= 40^\circ$, t. j. znacznie więcej, niż w poprzednich razach.

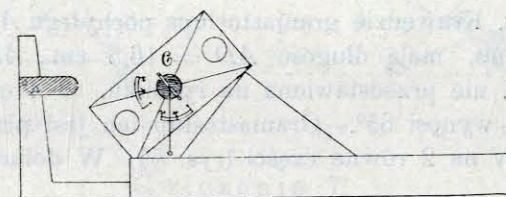
Wniosek: obniżenie środka ciężkości wywołuje powiększenie kąta granicznego.

Z tych 3-ch ćwiczeń wnioskujemy, że pewność równowagi ciała podpartego jest tem większa, im niżej leży jego środek ciężkości.

Ćwiczenie 4.

Zwiększenie podstawy ciała podpartego.

Wsuwamy walec ołowiany w środkowy otwór prostopadłościanu. Prostopadłościan ustawiamy na podstawie jak w poprzednich ćwiczeniach, zwracając go jednak ku zatrzymywaczowi ścianą, na której dawniej stawialiśmy go. W rzucie środka ciężkości na ścianę boczną C przyczepiamy pion i zaczynamy powoli podsuwać klin, jak wskazuje rys 57. Gdy cały klin zostanie podsunęty, a prostopadłościan jednak się nie przewróci, usuwamy klin, podtrzymując prostopadłościan ręką w poprzedniej pozycji. Teraz podsuwamy klin ścianą mniejszą, lecz bardziej stromą.

Rys. 57. ($\frac{1}{6}$ w. n.)

Obserwując moment przewracania się prostopadłościanu, dochodzimy do wniosku podobnego jak w pierwszym ćwiczeniu, lecz jednocześnie spostrzegamy, że odchylenie pionu w powyższym momencie, czyli kąt graniczny wynosi 65° .

W danym przypadku kąt graniczny jest więc największy. Porównując ćwiczenie 1 i 4 zauważymy, że podstawa prostopadłościanu w ćwiczeniu pierwszym wynosiła 24 cm^2 , a w ćwiczeniu czwartym — 48 cm^2 , t. j. 2 razy więcej. Waga ciała i położenie środka ciężkości w obydwóch ćwiczeniach były jednakowe. Kąty zaś graniczne: w 1-em ćwiczeniu — 25° , w czwartym 65° .

Wniosek. Pewność równowagi ciała podpartego jest tem większa, im większa jest podstawa, na której spoczywa.

Ćwiczenie 5.

Zmiana ciężaru ciała podpartego.

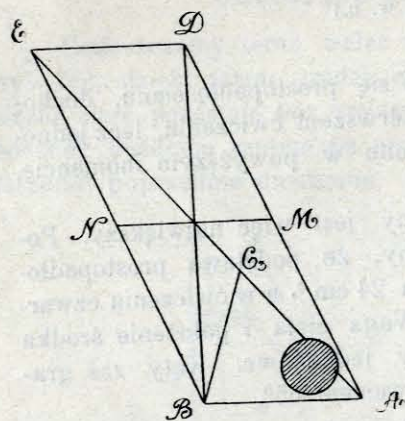
Usuujemy zupełnie walec z prostopadłościanu. Jego środek ciężkości będzie teraz, jak w ćwiczeniu 1-szem, lecz jego waga znacznie się zmniejszy: z 310 gr. w 1-szym ćwiczeniu na 165 gr. w 5-tym. Powtarzamy ćwiczenie 1 i otrzymujemy ten sam wynik: kąt graniczny $= 25^\circ$.

Wniosek. Kąt graniczny ciała podpartego nie zależy od ciężaru ciała, lecz od położenia środka ciężkości i od wielkości podstawy.

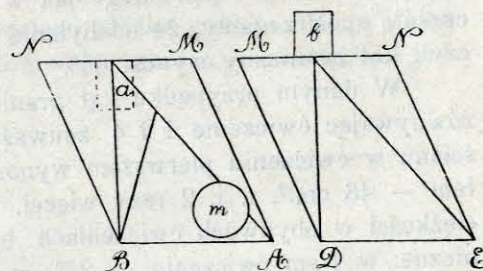
Uwaga. Wysiłek potrzebny do przewrócenia ciała podpartego zależy od wagi ciała. Ciało ciężkie znacznie trudniej jest przewrócić, niż lekkie, co każdy wie z codziennego doświadczenia, bez przekonywania się o tem specjalnymi ćwiczeniami. Kąt zaś graniczny, t. j. to największe odchylenie, które musimy ciału nadać, aby dalej samo się przewróciło, nie zależy od ciężaru ciała.

II. Graniastosłup pochyły.

Przyrządy. Krawędzie graniastosłupa pochyłego $ABED$ (rys. 58), wyciętego z klonu, mają długość $AD = 16,5$ cm., $AB = 6,6$ cm.; trzecia krawędź, nie przedstawiona na rysunku, $= 4$ cm. Kąt A przy dolnej krawędzi wynosi 65° . Graniastosłup ten jest przecięty wzdłuż płaszczyzny MN na 2 równe części (rys. 59). W dolnej $ABNM$ ma-



Rys. 58. ($\frac{1}{3}$ w. n.)



Rys. 59. ($\frac{1}{3}$ w. n.)

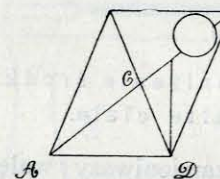
my otwór a , górna zaś część $EDMN$ posiada występ walcowaty b , który jest ściśle dopasowany do wskazanego otworu a (średnica występu $b = 1,6$ cm., długość $= 2$ cm.). W ten sposób obie części graniastosłupa mogą być łatwo połączone ze sobą.

Obok kąta A znajduje się otwór m (rys. 59), w który może być wstawiony walec klonowy lub ołowiany, o długości — 4 cm., średnicy — 2 cm.

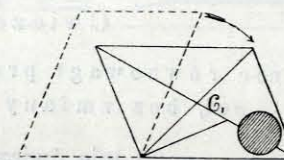
Ćwiczenie 6.

Równowaga graniastosłupa.

Ustawiamy dolną połowę graniastosłupa na stole, przyczem otwór z walcem klonowym znajduje się u góry (rys. 60). Spuszczamy pion z punktu C , będącego rzutem środka ciężkości na ścianę boczną graniastosłupa. Ciało nie przewraca się, choć jest pochyłe. Jednocześnie spostrzegamy, że zwieszający się pion przecina podstawę. Ćwiczenie to potwierdza wnioski poprzednie, pomimo, że kształt badanego ciała jest inny.



Rys. 60. ($\frac{1}{4}$ w. n.)

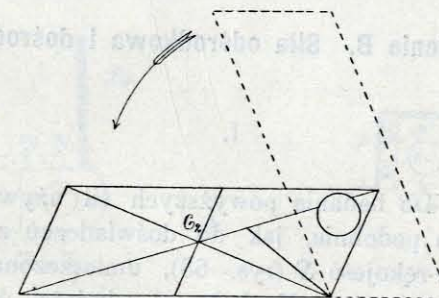


Rys. 61. ($\frac{1}{4}$ w. n.)

Ćwiczenie 7.

Zburzenie równowagi przez podwyższenie środka ciężkości, bez zmiany kształtu ciała.

Zmieniamy walec klonowy na ołowiany i zawieszamy pion z rzutu C_1 (rys. 61) nowego środka ciężkości graniastosłupa na jego ścianę boczną. Zauważymy, że teraz pion przechodzi na zewnątrz podstawy ciała, które się też natychmiast przewraca. Wniosek wysnuwamy, jak w ćwiczeniach poprzednich.



Rys. 62. ($\frac{1}{4}$ w. n.)

Ćwiczenie 8.

Zburzenie równowagi przez powiększenie wysokości graniastosłupa.

Ustawiamy na stole dolną część naszego graniastosłupa, lecz otwór z walcem klonowym umieszczamy u dołu. Pion przechodzi wewnątrz podstawy, i graniastosłup jest w równowadze.

Nakładamy teraz górną część graniastosłupa i przyczepiamy pion do punktu C_2 (rys. 62), odpowiadającego nowemu środkowi ciężkości. Spostrzegamy, że pion przechodzi na zewnątrz podstawy, i ciało przewraca się. Wniosek, jak w ćwiczeniach poprzednich.

Uwaga. Przy nakładaniu górnej części graniastosłupa przytrzymujemy go ręką, następnie przyczepiamy w odpowiednim miejscu pion, stwierdzamy położenie pionu i dopiero wtenczas usuwamy rękę, zwalniając graniastosłup, który się natychmiast przewraca.

Ćwiczenie 9.

Przywrócenie równowagi przez obniżenie środka ciężkości, bez zmiany kształtu ciała.

Powtarzamy poprzednie ćwiczenie, zamieniawszy wałek klonowy na ołowiany (rys. 58) i przyczepiwszy pion w punkcie C_3 , odpowiadającym nowemu środkowi ciężkości, który przesunął się nieco w dół i w prawo. Zauważymy, że pion przechodzi teraz wewnątrz podstawy, i ciało się nie przewraca.

Uwaga. W powyższych ćwiczeniach z pochyłym graniastosłupem prócz przesunięcia środka ciężkości zmienia się i ciężar ciała, i nawet jego kształt, co oczywiście komplikuje całe zjawisko. Lecz wobec tego, że o pochyłych graniastosłupach wspomina każdy prawie podręcznik, uważałem za wskazane podanie tych ćwiczeń.

Uzupełnienie B. Siła odśrodkowa i dośrodkowa.

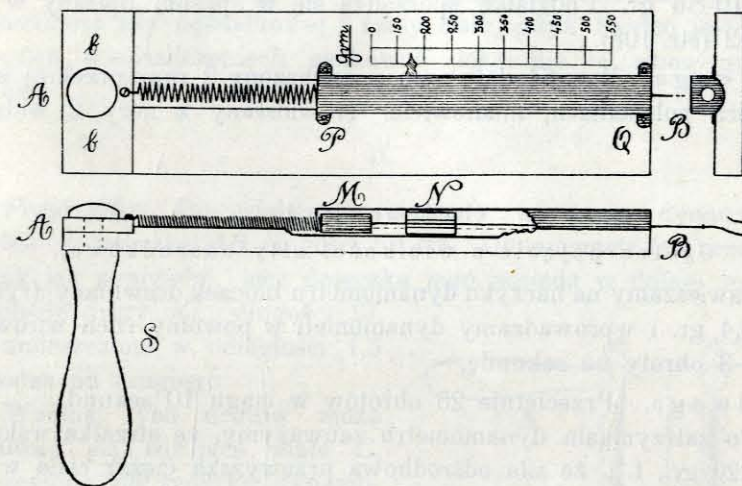
I.

Przyrządy. Do badania powyższych sił używamy dynamometru, sporządzonego podobnie, jak do doświadczeń z równią pochyłą, lecz posiadającego rękojeść S (rys. 63), umieszczoną prostopadłe do deseczki AB dynamometru. Naokoło tej rękojeści dynamometr może się swobodnie obracać. Trzymając rękojeść w ręku, wprowadzamy dynamometr w ruch wirowy w płaszczyźnie pionowej.

Rozmiary deseczki AB dynamometru są 21 cm. $\times$ 6 cm. $\times$ 1 cm. Górna listewka bb ma szerokość 2,5 cm.

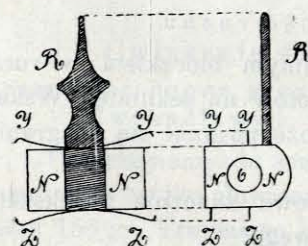
Sprężyna dynamometru jest zakończona walcem metalowym M , tej samej średnicy, co sprężyna; od walca prowadzi sznurek. Sprężyna nie jest zaopatrzona we wskazówkę, porusza się ona pod fute-

ralem metalowym PQ , długości 12 cm. i leży w wyżłobieniu deseczki AB , jak w naszych zwyczajnych dynamometrach.

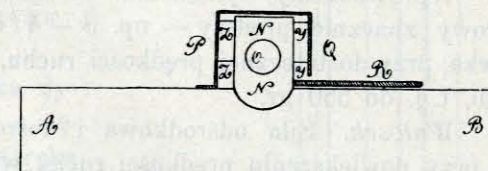


Rys. 63. ($\frac{1}{3}$ w. n.)

Sprężyna posuwa przed sobą korek drewniany N (rys. 63) ze wskazówką R (rys. 64). Korek wzdłuż osi ma otwór O , przez który luźno przechodzi sznurek dynamometru. Korek posiada również 4 cienkie druciki stalowe $yy-zz$, które przy posuwaniu się korka zapierają się o futerał metalowy PQ . Przekrój tego futerału z korkiem widoczny jest na rys. 65.



Rys. 64. ($\frac{5}{4}$ w. n.)



Rys. 65. ($\frac{5}{4}$ w. n.)

W ten sposób korek może posuwać się naprzód podczas rozciągania sprężyny; lecz, gdy siła działająca na sprężynę znika i sprężyna kureczy się, korek pozostaje na miejscu; nie wracając wstecz wskutek tarcia drucików. Dzięki temu wskazówka R korka zaznacza największą siłę, która rozciągnęła sprężynę. Przy wirowaniu dynamometru strzałka korka wskazuje nam wielkość największej w cza-

się wirowania siły odśrodkowej, a więc i dośrodkowej. Po ukończeniu ćwiczenia przesuwamy palcem wskazówkę R z powrotem do O skali, która sięga ogółem do 550 gr., przyczem jednostka podziałki odpowiada 10-ciu gr. Podziałkę sporządza się w sposób, opisany w ćwiczeniu 2 (str. 108).

Uwaga. Rys. 64 daje nam powiększony 2 razy przekrój korka w dwóch położeniach, mianowicie: 1) widziany z góry, 2) widziany z boku.

Ćwiczenie 1.

Ogólne pojęcie o wielkości siły odśrodkowej.

Zawieszamy na haczyku dynamometru bloczek drewniany (rys. 37) wagi 8,4 gr. i wprowadzamy dynamometr w powolny ruch wirowy — np. 2—3 obroty na sekundę.

Uwaga. Przecięcie 25 obrotów w ciągu 10 sekund.

Po zatrzymaniu dynamometru zauważymy, że strzałka wskazuje 200—220 gr., t. j. że siła odśrodkowa przewyższa ciężar ciała więcej, niż 10 razy.

Wniosek. Nawet powolny ruch wirowy wytwarza siłę odśrodkową, a więc i dośrodkową, której wielkość znacznie przewyższa ciężar wirującego ciała.

Uwaga. Zaleca się z początku, z zegarkiem, bez bloczka, wprowadzić się nieco w wytwarzaniu należytej prędkości ruchu obrotowego dynamometru. Wystarczy następnie z bloczkiem wykonać 3 lub 4 obroty.

Ćwiczenie 2.

Siła odśrodkowa a prędkość ruchu.

Wprowadzamy dynamometr z tym samym bloczkiem w ruch wirowy znacznie prędszy — np. 3—4 obroty na sekundę. Wskazówka, przy dostatecznej prędkości ruchu, może posunąć się do granic skali, t. j. do 550 gr.

Wniosek. Siła odśrodkowa i dośrodkowa znacznie zwiększają się przy powiększeniu prędkości ruchu wirowego.

Ćwiczenie 3.

Siła odśrodkowa a masa poruszającego się ciała.

Zawieszamy na dynametrze większy bloczek drewniany, o ciężarze 13,9 gr. i wprowadzamy ten dynamometr w powolny ruch wirowy, jak w ćwiczeniu pierwszym, t. j. 2—3 obroty na sekundę. Zauważymy, że siła odśrodkowa dosięgła wielkości 300—330 gr., t. j. znacznie przewyższa rezultat 1-go ćwiczenia.

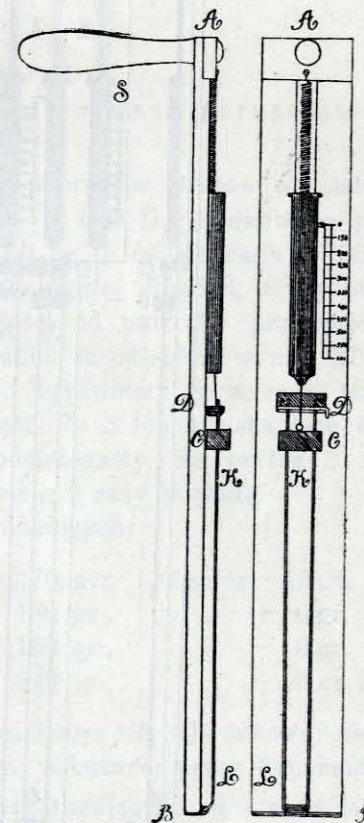
Wniosek. Siły odśrodkowa, a więc i dośrodkowa, zwiększają się przy zwiększeniu ciężaru wirującego ciała.

Uwaga. Przy użyciu tego przyrządu trudno zauważyć proporcjonalność siły odśrodkowej i masy ciała, gdyż bardzo jest trudno w dwóch doświadczeniach zachować dokładnie tą samą prędkość obrotów.

II.

Przyrządy. Do większych ciężarów używamy dynamometru (rys. 66) z deseczką AB długości 52 cm. Dynamometr ten urządzony jest tak jak poprzedni, lecz deseczka jego posiada w dolnej części 2 równoległe druty KL , długości 27 cm., umieszczone w odległości 1,5 cm. jeden od drugiego.

Wzdłuż tych drutów może przesuwac się wirujące ciało C , przyczepione do sznurka dynamometru i posiadające 2 otwory dla przesunięcia drutów. Końce K drutów znajdują się w otworach zasuwki D . O ile ją otworzymy, końce te dadzą się podnieść do góry i pozwolą zmienić wirujące ciało. Kreski podziałki kreślone są co 10 gr., podziałka obejmuje 600 gr.



Rys. 66. ($\frac{1}{5}$ w. II.)

Ćwiczenie 4.

Siła odśrodkowa przy ruchu wahadłowym.

Przyczepiamy do sznurka dynamometru bryłkę ołowianą C , o ciężarze 150 gr. Trzymając lewą ręką rękojeść S dynamometru, odchylamy dolny koniec B deseczki prawą ręką o 30° — 45° , poczem swobodnie deseczkę puszczamy; wykonana ona parę ruchów wahadłowych. Po ustawieniu się deseczki w równowadze zauważymy, że wskazówka dynamometru przesunęła się do 300 gr., że więc powstała siła odśrodkowa, równająca się $300 \text{ gr.} - 150 \text{ gr.} = 150 \text{ gr.}$

Wniosek. Nietylko ruch wirowy, lecz nawet wahadłowy, t. j. ruch po torze zakrzywionym, wywołuje siłę odśrodkową, a więc i dośrodkową.

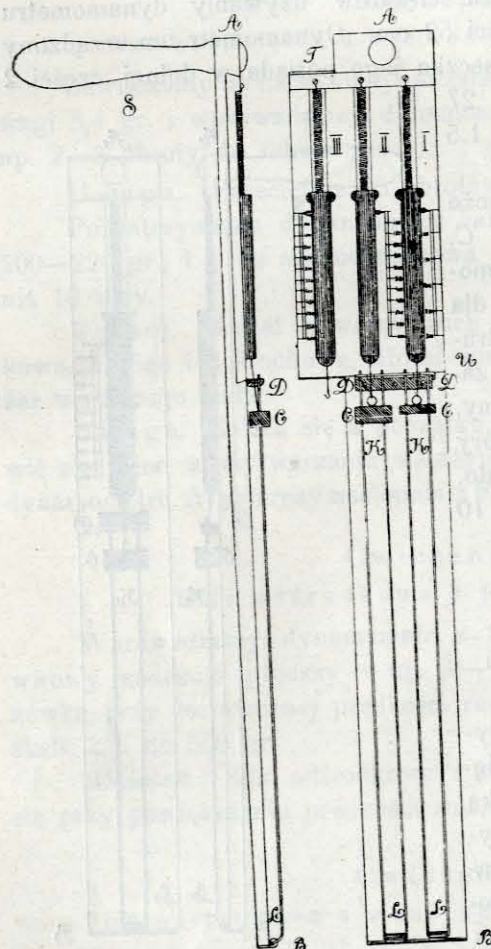
Uwagi. 1) Z dynamometrem powyższym można powtórzyć ćwiczenia 1, 2 i 3, używając bryłek ołowianych wagi 25 gr. i 50 gr., bez obawy zerwania się ich z dynamometru, co nie byłoby wykluczone przy ćwiczeniach z dynamometrem, przedstawionym na rys. 63. To też w obawie zerwania używaliśmy przy ćwiczeniach 1, 2 i 3 bloczków b. lekkich, drewnianych.

2) Uważam jednakże, iż konieczne jest przerobienie ćwiczeń 1, 2, 3 z dynamometrem, przedstawionym na rys. 63, gdyż w tym dynamometrze ciało wirujące jest przyłączone tylko do sznura i sprężyny, które podczas wirowania na to ciało działają. W drugim dynamometrze (rys. 66) prócz sznurka i sprężyny na ciało działają druty, wzdłuż których ono się przesuwają. A więc zjawisko jest nieco bardziej złożone.

III.

Przyrządy. Do ilościowego zbadania zależności siły odśrodkowej od masy wirującego ciała, lub od promienia koła, które to ciało opisuje, używamy przyrządu (rys. 67), o długości 72 cm., zawierającego 3 dynamometry I II — III i 2 pary drutów KL, o długości 46 cm, dla dwóch jednocześnie wirujących ciał, wobec czego okresy ruchu tych ciał będą jednakowe.

Szerokość deski AB, na której umocowane są druty, wynosi 8 cm. Zasuwka D, wspólna dla obu par drutów, pozwala te druty podnosić i osadzać na nich odpowiednie ciała. Dynamometry przyłączone są do deseczki



Rys. 67. ($\frac{1}{6}$ w. n.)

TU, rozmiarów 24 cm. $\times$ 12 cm. $\times$ 0,8 cm., która może nieco przesunąć się w lewo lub w prawo na podstawie AB (rys. 67). Dzięki tej okoliczności możemy łączyć z ciałami wirującymi albo dynamometry lewy i środkowy (III i II), albo prawy i środkowy (I i II).

Dynamometry lewy i środkowy są zupełnie jednakowe i podziałki ich, nakreślone co 10 gr., obejmują 600 gr. Środkowy zaś dynamometr i prawy mają sprężyny tak dobrane, że odległość między każdymi dwiema sąsiednimi kreskami podziałki prawego, odpowiadająca również 10-ciu gr., jest 2 razy większa, niż w dynamometrze środkowym. Dzięki temu, jeżeli ciało wirujące, przyłączone do środkowego dynamometru, rozciągnie sprężynę do 200 gr., a ciało prawego dynamometru do 100 gr., to długość rozciągnięcia będzie jednakowa. Skala prawego dynamometru sięga tylko do 300 gr.

Ćwiczenie 5.

Siła odśrodkowa proporcjonalna do masy poruszającego się ciała.

Przesuwamy deseczkę tak, aby naprzeciw drutów KL ustawić dynamometry — środkowy i prawy — II i I. Do środkowego przyłączamy ołowianą bryłkę C wagi 100 gr., a do prawego — 50 gr. Sznurki dynamometrów muszą być jednakowej długości, ażeby bryłki znajdowały się w jednakowej odległości od punktów przyłączenia sprężyn do deseczki; w danym przypadku ta odległość wynosi 27 cm.

Trzymając przyrząd za rękojeść, wprawiamy go w ruch *wahadłowy*, unikając gwałtownych poruszeń. Po 3 lub 4 waniach stopniowo zatrzymujemy przyrząd. Spostrzegamy, że bryłka 2 razy cięższa wywołała siłę odśrodkową prawie 2 razy większą.

Przykłady otrzymanych sił odśrodkowych:

1)	85 gr. i 160 gr.,	powinno być 170 gr.,	różnica — 10 gr.
2)	90 gr. i 190 gr.,	" " 180 gr.,	" + 10 gr.
3)	80 gr. i 160 gr.,	" " 160 gr.,	" — 0 gr.
4)	120 gr. i 250 gr.,	" " 240 gr.,	" + 10 gr. i t. d.

Uwaga. W celu otrzymania wielkości siły odśrodkowej należy odjąć wagę bryłki ołowianej od liczby, wskazanej przez dynamometr.

W tem ćwiczeniu okresy wahań poruszających się ciał są jednakowe. Prócz tego promienie łuków, które opisują bryłki ołowiane, pozostają podczas ruchu jednakowe, gdyż prawa sprężyna rozciąga się 2 razy bardziej niż środkowa. Prędkość ruchu obrotowego pozostaje wobec powyższego w obydwu bryłkach jednakowa. Różnią się tylko masy poruszających się ciał.

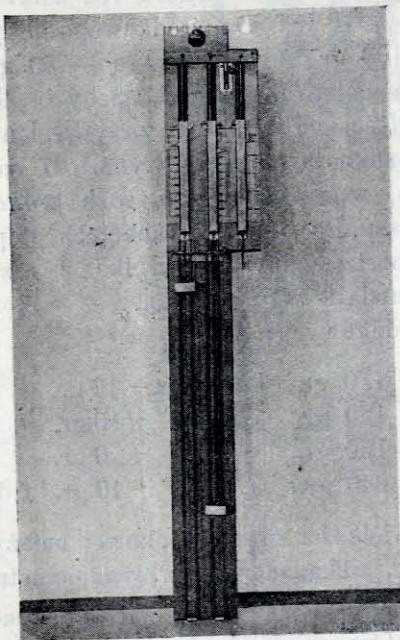
Wniosek. Siła odśrodkowa, a więc i dośrodkowa, pozostają w stosunku prostym do masy ciała, poruszającego się po zakrzywionym torze.

Uwaga. Chcąc otrzymać dobre wyniki, trzeba unikać gwałtownych poruszeń, t. j. szarpnięć, gdyż wówczas wchodzi w grę opór, stawiany przez ciała wobec gwałtownej zmiany prędkości ruchu, co znacznie komplikuje badane zjawisko.

Ćwiczenie 6.

Siła odśrodkowa proporcjonalna do promienia łuku, zakreślonego przez poruszające się ciało.

Przesuwając odpowiednio deseczkę *TU* (rys. 67), umieszczamy naprzeciw drutów *KL* dwa jednakowe dynamometry — lewy i środkowy (III i II) i przyczepiamy do obydwu bryłki ołowiane, ważące po 100 gr. Jedna bryłka jest przyczepiona do sznurka dynamometru bezpośrednio, a druga — zapomocą cienkiego drutu takiej długości, że promień łuku, który przy wahanii opisuje jedna bryłka, jest 2 razy dłuższy, niż promień łuku, opisywanego przez drugą bryłkę; np. promień prawej bryłki wynosi 27 cm., licząc od punktu zaczepienia sprężyny, promień lewej — 54 cm. (rys. 68).



Rys. 68. ($\frac{1}{9}$ w. n.)

Trzymając przyrząd za rękojeść *S*, wprawiamy go w ruch wahadłowy bardzo łagodny, płynny, bez szarpnięć. Po wykonaniu 3—4 wahań, zatrzymujemy przyrząd również stopniowo. Spostrzegamy, że siła odśrodkowa bryłki, zakreślającej łuk o większym promieniu, jest prawie 2 razy większa, niż przy promieniu krótszym.

W ćwiczeniu tem masy poruszających się ciał są jednakowe, jak również i okresy wahań.

Wniosek. Siły odśrodkowa i dośrodkowa są proporcjonalne do promienia łuku, zakreślonego przez ciała, poruszające się po zakrzywionym torze.

Przykłady otrzymanych podczas ćwiczeń sił odśrodkowych:

1) 150 gr. i 300 gr.	błąd — 0 gr.
2) 105 gr. i 220 gr.	„ + 10 gr.
3) 120 gr. i 230 gr.	„ — 10 gr. i t. d.

Uwaga. W celu otrzymania wielkości siły odśrodkowej należy odjąć wagę bryłki ołowianej od liczby, wskazanej przez dynamometr.

Uzupełnienie C. Badanie bezwładności ciał.

Ćwiczenie 1.

Powolne pokonywanie bezwładności.

Przyczepiamy do dynamometru (rys. 63) bryłkę ołowianą o ciężarze 150 gr. zapomocą sznurka o długości 10 — 15 cm.

Podnosimy dynamometr do góry bardzo powoli. Zauważymy, że gdy bryłka — poprzednio leżąca na stole — podniesie się ponad stół, dynamometr wskaże 150 gr., t. j. tylko ciężar bryłki. W tym przypadku bezwładność naszej bryłki pokonaliśmy bardzo powoli.

Ćwiczenie 2.

Nagle pokonywanie bezwładności.

Przerabiamy to samo ćwiczenie, lecz w chwili, gdy sznurek wyprostuje się podrywamy lekko nasz dynamometr do góry. Bryłka podniesie się, dynamometr zaś wskaże znacznie więcej, niż waży bryłka, np. 360 gr. Jeżeli szarpnięcie będzie bardzo nagłe, to wskazówka dynamometru opuści się do samego dołu, t. j. dynamometr wskaże 550 gr.

Wniosek. Ciało, będące w spoczynku, stawia opór wprawieniu go w ruch. Opór ten jest tem większy, im prędzej staramy się spoczynek ciała zamienić w ruch.

Uwaga. Z powyższych ćwiczeń wyraźnie wynika, jak bardzo wpływają wszelkie szarpnięcia na wyniki pomiarów, dokonywanych przy pomocy dynamometrów.

Wykaz kosztów umeblowania szkolnej pracowni przyrodniczej.

L p.	S p r z ę t y	Złotych
1.	7 stołów, rozmiarów 2 m. × 93 cm. × 81 cm. (wysokości), pomalowanych ciemną farbą olejną (pokostową), po 35 zł. każdy	245
2.	Stół dla nauczyciela, rozmiarów 2,8 m. × 70 cm. × 81 cm. (wysokości), z półkami, szufladami i 4 drzwiczkami u dołu, pomalowany ciemną farbą olejną (pokostową)	100
3.	Podwyższenie pod ten stół, rozmiarów 4 m. × 1,85 m. × 23 cm. (wysokości)	60
4.	Zasłony drewniane na 3 okna (okiennice wewnętrzne)	180
5.	2 tablice ściennie do pisania, rozmiarów 1,4 m. × 1 m.	50
6.	12 zydl.	120
7.	12 taboretów	60
8.	Duża etażerka z 5 półkami, rozm. 1,5 m. × 1,6 m. × 40 cm.	50
9.	2 szafy, rozmiarów 2 m. × 1,2 m. × 50 cm. z 4 półkami każda, nieoszkłone	150
	Razem	1015 zł.

Wykaz kosztów budowy opisanych przyrządów z mechaniki na jedną grupę.

L. p.	Nazwa przyrządu	Drewniane części — robota stolarza.	Metalowe części — robota ślusarza.	Ogólna suma			
				złote i grosze			
1.	4 dynamometry	3	20	6	—	9	20
2.	Deseczka do składania sił równoległych	—	35	1	—	1	35
3.	Dźwignia	—	35	2	—	2	35
4.	Waga i statyw.	3	25	2	50	5	75
5.	Kołowrót	1	20	1	50	2	70
6.	4 bloczki	1	20	2	—	3	20
7.	Równia pochyła	7	50	7	—	14	50
8.	Równowaga ciała podpartego	5	50	3	—	8	50
9.	Graniastosłup pochyły	1	—	1	50	2	50
10.	Mały dynamometr do siły odśr.	1	—	4	—	5	—
11.	Średni „ „ „ „	1	25	8	—	9	25
12.	Duży „ „ „ „	3	50	26	—	29	50
13.	Drobne dodatki: 2 zatyczki, 1 widelki, sznurki do kołowrotku, bloków, wielokrażka i równi pochyłej, haczyki i kółeczka.	—	—	—	—	3	20
	Razem	—	—	—	—	97	00

Kosztorys powyższy nie obejmuje kosztów zestawienia przyrządów i ułożenia skali i działek.

STANISŁAW PLEŚNIEWICZ.

Eksperymentalny wstęp do teorii atomowej.

(Fragment nauczania).

Pamiętaj, rozprawiając o wodzie, przytoczyć wprawie eksperyment, a potem wyjaśnić przyczynę.

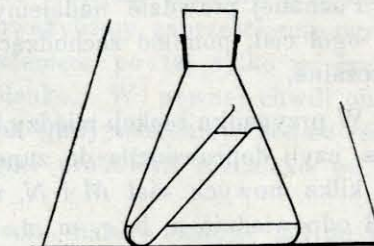
Leonardo da Vinci.

Ćwiczenie 1 (a, b, c).

Czy ogólny ciężar zamkniętego naczynia, w którym odbywa się reakcja chemiczna, ulega zmianie?

- a) $\frac{1}{2}$ n jodek potasu . . 5 cm.³,
ok. 5% chlorek rtęciowy 25 cm.³,
b) $\frac{1}{2}$ n azotan srebra . 5 cm.³,
n chlorek sodu . . . 25 cm.³,
c) $\frac{1}{2}$ n chlorek kadmu . 5 cm.³,
wyraźnie alkaliczny, bezwonne siarczki sodu, świeżo sporządzony (2n wodorotlenek sodu + siarkowodór) . . . 25 cm.³.

Waga o dokładności do 1 mg., ciężarki.



Rys 1.

Na dno stożkowej kolby ostrożnie opuścić taką probówkę, której wysokość byłaby nieco większa od średnicy dna kolby.

a) Posługując się dwoma lejkami, nalać do probówki jodku potasu w roztworze, a na dno kolby — roztworu chlorku rtęciowego. Postawić zamkniętą korkiem kolbkę na talerzu wagi i zrównoważyć ciężarkami. Suchymi palcami zdjąć kolbę i, nachyliwszy ją, zmieszać zawartość probówki z nalany na dno kolby roztworem. Zachodzi barwna reakcja, połączona z utworzeniem się cielistego, później czerwieniącego, osadu; jest to jodek rtęciowy. Postawić kolbę ponownie na szalkę wagi. Pomimo reakcji, która zaszła w kolbie, ciężar kolby nie uległ zmianie.

W doświadczeniu oba szklane naczynia, korek gumowy, powietrze, wreszcie wodne roztwory jodku potasu i chlorku rtęciowego stanowią pewną zamkniętą całość, czyli układ kilku ciał, z których dwa ostatnie ze sobą reagują.

Tak samo wykonywamy doświadczenie, biorąc zamiast wspomnianych ciał.

b) azotan srebra i chlorek sodu, albo

c) chlorek kadmu i siarczek sodu.

Obserwujemy niezmienny ciężar naczynia.

Prawo niezniszczalności materji.

Ogólny ciężar (masa) układu nie ulega zmianie pod wpływem reakcji, zachodzącej wewnątrz układu.

Pierwszy Lavoisier w roku 1774, ogrzewając w zamkniętym naczyniu cynę z powietrzem, wykrył, że ciężar całego układu był ten sam przed spopieleniem cyny, co i po tej przemianie, czyli, że układowi nie przybyło, ani nie ubyło na wadze.

Poznanej prawdzie nadajemy inny wyraz, mówiąc, iż *materja*, czyli ogół ciał, pomimo zachodzących wśród niej przemian, jest niezniszczalna.

W przypadku reakcji między kilkoma ciałami *A*, *B* i *C*, która dobiegła końca, czyli doprowadziła do zupełnego tych ciał wyczerpania, tworząc kilka nowych ciał *M* i *N*, możemy, oznaczając ilości każdego z ciał odpowiednio *a*, *b*, *c*, *m*, *n*, napisać:

$$a + b + c = m + n;$$

znak równości jest tu wyrazem prawa niezniszczalności materji.

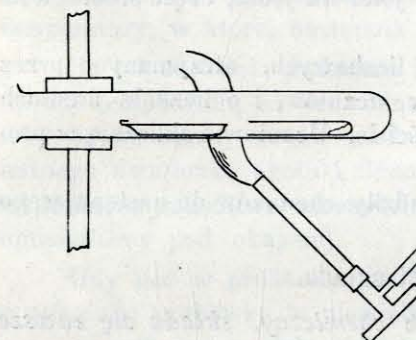
Ćwiczenie 2.

Jak są ustosunkowane wagowo ciała, tworzące ze sobą związek chemiczny?

Srebro w proszku
(czyste) 0, 1 — 0,2 g.
jod 0,15 — 0,3 g.

Probówka 25 cm. długości, 2 cm.
średnicy,
probówka 4 cm. długości, 1 cm.
średnicy,

czółenko porcelanowe,
statyw z łącznikiem i łapką,
haczyk, szczypce metalowe,
palnik,
arkusz azbestu,
waga o dokładności do 1 mg.,
ciężarki.



Rys. 2.

Po zważeniu czółenka usypać na jego dnie warstewkę sproszkowanego srebra na grubość jednego do dwu ziarn metalu. Zważyć czółenko ponownie. Odważyć półtora razy tyle jodu, ile wzięto srebra, i wsypać jod do małej probówki. Umieścić w poziomo położonej i ujętej w statyw probówce: próbóweczkę z jodem i czółenko ze srebrem tak, jak wskazano na rysunku.

Rozpocząć łagodne i równomierne ogrzewanie, powiewając wzdłuż całej próbówki długim świecącym płomieniem palnika (palnik cały czas trzymamy w ręku).

Z próbóweczki wypływa fioletowy obłok pary jodu i powoli napęnia probówkę, lecz, dochodząc do czółenka, ginie, albowiem jod łączy się ze srebrem. Proszek na dnie czółenka zaczyna przybierać żółtą barwę jodku srebra. Gdy to zauważyliśmy, zaprzestajemy ogrzewania wylotu próbówki, wodząc płomieniem po tej tylko jej części, gdzie umieściliśmy próbóweczkę i czółenko. W pewnej chwili obłok pary jodu przepływa ponad czółenką (przypuszczalny koniec reakcji) i zestala się w chłodniejszej części próbówki, niedaleko od jej wylotu.

Wtedy, ogrzewając wylot próbówki, należy zmusić jod do wędrówki powrotnej ponad czółenką. Po pięciu minutach słabego ogrzewania odstawić palnik, wyciągnąć czółenko haczykiem aż do wylotu próbówki i z pomocą szczypiec ostrożnie przenieść je na arkusz azbestu, a gdy wystygnie, zważyć.

Zestawić wyniki ważenia:

- a) czółenko ze srebrem,
czółenko,
srebro,
- b) czółenko z jodkiem srebra,
czółenko (patrz 1),
jodek srebra,
- c) srebro (patrz 1), jod.

1) Ile na sto części jodku srebra przypada srebra, a ile jodu?

2) Ile w jodku srebra przypada jodu na jedną część srebra, a ile na 108 części srebra?

Następuje porównanie wyników liczbowych, otrzymanych przez poszczególnych uczniów, czy grupy uczniów, i obliczenie średnich wartości¹⁾. Nauczyciel podaje liczby ścisłe. Uczniowie obliczają w procentach błędy swych pomiarów.

Podobne doświadczenia doprowadziły chemików do następującego uogólnienia.

Prawo stałości składu.

Ciało czyste, jako związek chemiczny, składa się zawsze z tych samych pierwiastków, połączonych ze sobą w tym samym wagowym stosunku.

Pierwiastek a jego ciężar połączeniowy.

Ćwiczenie 3.

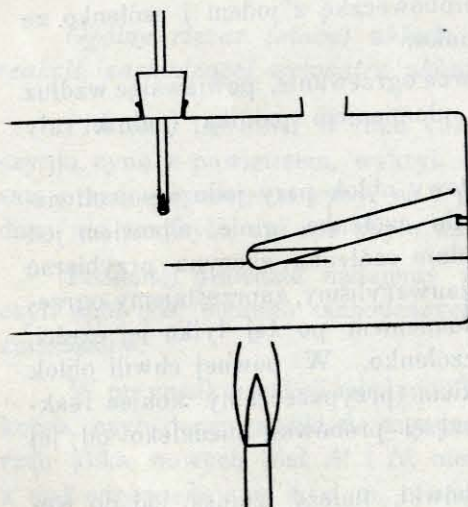
Tlen — miedź.

Miedź — blacha (czysta) 0,2—1,2 g.,
kwas azot. c. wł. 1,4 ok. 1—2 cm.³.

Probówka, dokładnie umyta i osuszona,
suszarka (termostat) z termometrem i palnikiem (wspólna),
palnik,
waga dokładna i ciężarki.

Zważyć probówkę. Zważyć ją ponownie po wrzuceniu kilku kawałeczków miedzi. Zanotować ciężar miedzi.

Pod wyciągiem nalać do probówki tyle kropeł stężonego kwasu azotowego, ile wystarcza do całkowitego rozpuszczenia miedzi.



Rys. 3.

¹⁾ Przy obliczaniu średniej wartości, która tu posiada pewne znaczenie w sensie oceny czułości samej metody, wypadnie odrzucić doświadczenia nasuwające pod względem wykonania zbyt oczywiste zarzuty.

Tworzy się niebieski roztwór *azotanu miedzi*. Część kwasu azotowego ulega przytem rozkładowi. Probówkę wypełnia brunatny, bardzo szkodliwy gaz; wyzbywamy się go właśnie, trzymając probówkę blisko kanału wyciągowego. Również pod wyciągiem umieszczamy probówkę w suszarce, wkładając ją do otworu w półce tak, aby przybrała położenie bardzo pochyle (zwiększamy tem powierzchnię parującą) i aby się bezpośrednio nie opierała o dno suszarki. Ogrzewamy suszarkę do temperatury, w której następuje spokojne wrzenie cieczy.

Po odparowaniu nadmiaru kwasu azotowego i wody, powoli podnosimy temperaturę, aż bezwodna niebieska sól: azotan miedzi, rozłoży się na czarny tlenek miedziowy i lotną mieszaninę gazów (brunatnego dwutlenku azotu i tlenu), która tu nas obchodzi jedynie ze względu na szkodliwe własności pierwszego z tych gazów (suszarkę umieściliśmy pod okapem).

Gdy gaz w probówce jest zaledwie słabo żółtawy, ogrzać (pod wyciągiem) probówkę w niewielkim płomieniu, aż się gaz w probówce zupełnie odbarwi, a ciało stałe całkowicie szernieje.

W ostatecznym swym wyniku doświadczenie polega na utlenieniu miedzi — jednak nie tlenem powietrza, lecz tlenem zawartym w kwasie azotowym. (Mickiewicz w Pieśni Filaretów żartuje: „Kto metal *kwasi*, pali, skwasi metal i czas“).

Po ostygnięciu zważyć probówkę. Zestawić wyniki ważenia:

- a) probówka z miedzią
probówka
miedź
- b) probówka z tlenkiem miedziowym.
probówka (patrz a)
tlenek miedzi
- c) miedź (patrz a)
tlen

Obliczyć stosunek wagowy tlenu do miedzi w założeniu:

- 1) że ciężar tlenu = 1,
2) że ciężar tlenu = 8.

Odtąd *nie będziemy już wyrażali ciężaru składników związku w odsetkach ciężaru związku, a tylko pierwiastka.*

Następuje porównanie wyników liczbowych, otrzymanych przez poszczególnych uczniów, czy grupy uczniów, i obliczenie średnich wartości. Następnie nauczyciel podaje liczby ścisłe, które uczniowie notują, umieszczając obok *błąd* doświadczenia w odsetkach ciężaru *tlenu*; potem, odwracając zadanie, notują błąd w odsetkach ciężaru miedzi przy ciężarze tlenu = 8.

Ćwiczenie 4.

Miedź — cynk.

Cynk czysty: kawałek

0,2 — 1,2 g.,

10% roztwór siarczanu miedzi

2,5 — 15 cm.³,

woda destylowana.

Probówka umyta i wysuszona,

waga dokładna i ciężarki,

suszarka, termometr,

palnik.

Do zważonej probówki wrzucić cynk i zważyć ją ponownie. Zannotować ciężar cynku. Nalać na cynk około 2 cm.³ roztworu siarczanu miedzi.

Powierzchnia cynku ciemnieje i pokrywa się gąbczastym nalotem miedzi, który łatwo opada, gdy wstrząśniemy probówką; roztwór powoli się odbarwia. Dolewać po kropli roztworu siarczanu miedzi, aby utrzymać to ciało w stałym nadmiarze. Gdy wśród osadu miedzi całkowicie zniknie kawałek cynku, co można poznać, nachylając probówkę i w ten sposób przesuwając osad (lepiej jest pozostawić probówkę w spokoju aż do następnego ćwiczenia), wtedy oddekantować słabo niebieski roztwór, dodać wody (destylowanej), zacząć, aż osad opadnie na dno, znowu oddekantować i to powtórzyć kilka razy, baczając, aby, wylewając wodę, nie tracić ani odrobiny osadu.

Gdyśmy w ten sposób usunęli siarczan miedzi, umieszczamy probówkę z przemytym osadem w położeniu pochylonym w suszarce, gdzie ją ogrzewamy do temperatury około 90°, dla zupełnego odparowania wody.

- Zważyć probówkę z miedzią.

Zestawić wyniki ważenia:

probówka z miedzią

probówka

miedź

cynk

Obliczyć stosunek wagowy miedzi do cynku w założeniu, że ciężar miedzi jest 31,8 jednostek ciężaru (patrz doświadczenie poprzednie).

Następuje porównanie wyników liczbowych, otrzymanych przez poszczególnych uczniów, czy grupy uczniów, i obliczenie średniej. Następnie nauczyciel podaje liczbę ścisłą, którą uczniowie notują — a obok błąd doświadczenia obliczony w odsetkach ciężaru cynku.

Ćwiczenie 5.

a) Cynk — magnez.

1) Cynk—wiórek . 0,10 — 0,25 g.,
5 n kwas solny ok. 50 cm.³2) Magnez . . . 0,10 — 0,25 g.,
0,5 n. kwas solny ok. 50 cm.³,
woda z kranu.Kolba stożkowa około 150 cm.³
pojemności,do niej korek o dwu otworach,
termometr,

rurka zagięta w kształcie litery

U o nierównych ramionach,

wąż gumowy grubościenny,

kolba stożkowa około ½ lt po-
jemności,do niej korek z 2-ma otworami,
rurki, jak do tryskawki,

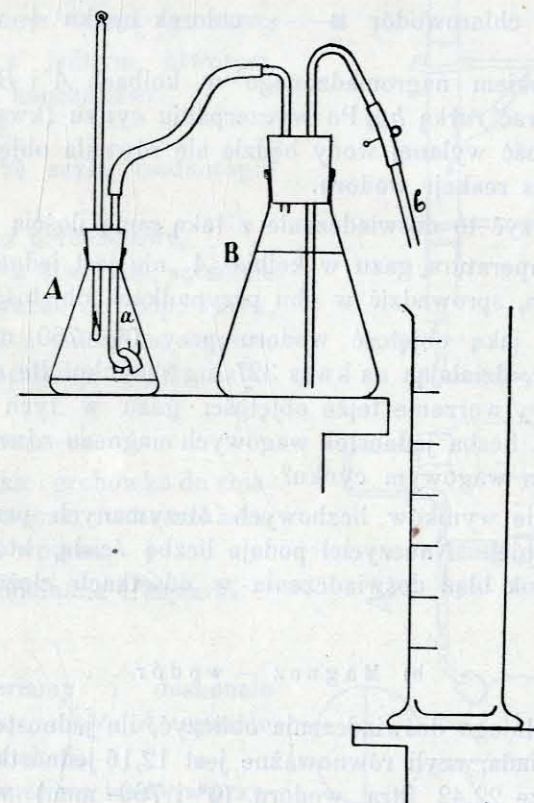
rurki: kauczukowa, szklana,

ściskacz, zlewka ½ lt.

cylinder z podziałką, 500 cm.³
pojemności,

waga dokładna, ciężarki,

barometr.



Rys. 4.

1) Kolbę *B* napełnić wodą, do kolby *A* nalać kwasu solnego. Na rurce *a* zawiesić odważony wiórek cynku. Zakorkować obie kolby i zestawić przyrząd, jak wskazano na rysunku, ale bez termometru.

Pociągnąć ustami nieco wody z rurki *b* i w chwili, gdy pocieknie z niej woda, zanurzyć ją w napełnionej wodą zlewce. Gdy się wyrówna poziom wody w kolbie *B* i w zlewce, wsunąć termometr do otworu w korku, przesunąć ściskacz z rurki *b* na rurkę gumową i zacisnąć. W ten sposób osiągamy, że ciśnienie w połączonych (rurka *a* jest rurką otwartą) naczyniach *A* i *B* równa się ciśnieniu atmosfery. Usunąć zlewkę i postawić próżny cylinder.

Posuwając rurkę *a* w korku, zanurzyć cynk w kwasie i otworzyć ściskacz.

Zachodzi reakcja wymiany (kwas solny, czyli chlorowodorowy, jest wodnym roztworem chlorowodoru):



Pod naciskiem nagromadzonego w kolbach *A* i *B* gazu woda poczynnie wypływać rurką *b*. Po wyczerpaniu cynku (kwasu nalaliśmy nadmiar), objętość wylanej wody będzie się równała objętości wytworzonego podczas reakcji wodoru.

2) Powtórzyć to doświadczenie z taką samą ilością magnezu.

Jeżeli temperatura gazu w kolbie *A* nie jest jednakowa w obu doświadczeniach, sprowadzić w obu przypadkach objętość gazu do 0°.

Obliczyć, jaką objętość wodoru przy 0° i 760 mm. ciśnienia otrzymalibyśmy, działając na kwas 327 mg^{ml} cynku. Ile mg. magnezu zużyjemy na wytworzenie tejże objętości gazu w tych samych warunkach? Jaka liczba jednostek wagowych magnezu *równoważna jest* 32,7 jednostkom wagowym cynku?

Porównanie wyników liczbowych otrzymanych przez uczniów. Obliczenie średniej. Nauczyciel podaje liczbę ścisłą, którą uczniowie notują — a obok błąd doświadczenia w odsetkach ciężaru magnezu.

b) Magnez — wodór.

Z poprzedniego doświadczenia obliczyć, ile jednostek wagowych wodoru odpowiada, czyli równoważne jest 12,16 jednostkom magnezu, jeżeli wiemy, że 22,42 litra wodoru (0° i 760 mm.) waży 2,016 g. Obliczenie średniej z otrzymanych wyników. Zanotowanie liczby ścisłej, podanej przez nauczyciela — a obok błędu doświadczenia.

Ćwiczenie 6.

Wodór — tlen.

Tlenek miedziowy czysty, świeżo ogrzany w suszarce do 150° około 8 g.,

cynk granulowany,

kwas siarkowy [200 cm.³ kwasu (c. wł. 1,84) na 1 lt. wody],

kwas siarkowy (c. wł. 1,84),
fiolkowy roztwór nadmanganianu potasu,
chlorek wapnia granulowany suchy.

A. Aparat Kippa,
rurki gumowe,
1 płóczka z nadmanganianem potasu,
2 płóczki z kwasem siarkowym stężonym,
2 kolumny z chlorkiem wapnia bezwodnym,
do kolumn korki gumowe, każdy z jednym otworem,
2 rurki kauczukowe, ściskacz.

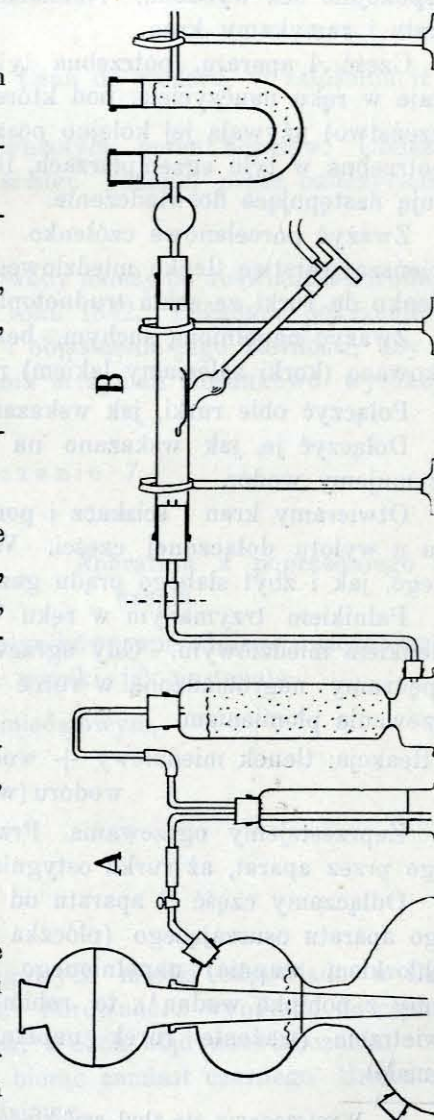
B. Rurka ze szkła trudnotopliwego,
czołenko porcelanowe,
2 korki z otworami, ściśle dopasowane do odp. rurek,
rurka U z chlorkiem wapnia, dwie podstawy, płytka azbestowa,
palnik Bunzena.

C. Wanienska i probówka do zbierania wodoru, rurka szklana, pompka wodna.

D. Waga dokładna i ciężarki.

Zestawiamy i doskonale uszczelniamy część *A* aparatu (patrz rysunek 5).

Otrzymujemy wodór w przyrządzie Kippa, działając cynkiem na kwas siarkowy.



kwask siarkowy + cynk $\longrightarrow$ siarczan cynku + wodór.

Wodór oczyszczamy, przepuszczając go przez płóczkę z roztworem nadmanganianu potasu, i osuszamy w płóczce ze stężonym kwasem siarkowym i w kolumnie z bezwodnym chlorkiem wapnia. Gdy już sądzimy, że wodór wyparł powietrze z aparatu, zbieramy go do napełnionej wodą i zanurzonej w wannie probówki. Wyjmujemy zatkaną palcem probówkę z wody i odetkawszy, zapalamy gaz u jej wylotu. Powtarzamy to tyle razy, aż ostatnia próba wodoru spali się spokojnie bez wybuchu. Nakładamy ściskacz na wylotową rurkę aparatu i zamykamy kran.

Część A aparatu, potrzebna tylko w jednym egzemplarzu, pozostaje w ręku nauczyciela, pod którego okiem (ze względu na bezpieczeństwo) używają jej kolejno poszczególne grupy uczniów. Część B potrzebna w tylu egzemplarzach, ile grup uczniów. Uczniowie wykonują następujące doświadczenie.

Zważyć porcelanowe czółenko. Nasypać na dno czółenka jak najcieńszą warstwę tlenku miedziowego i zważyć ponownie. Wsunąć czółenko do rurki ze szkła trudnotopliwego.

Zważyć napełnioną suchym, bezwodnym chlorkiem wapnia zakorkowaną (korki zalewamy lakiem) rurkę U.

Połączyć obie rurki, jak wskazano na rysunku (część B aparatu).

Dołączyć je, jak wskazano na rysunku, do aparatu, z którego otrzymujemy wodór.

Otwieramy kran i ściskacz i ponawiamy próbę na czystość wodoru u wylotu dołączonej części. Wystrzegamy się zarówno zbyt silnego, jak i zbyt słabego prądu gazu.

Palnikiem trzymanym w ręku ogrzewamy równomiernie rurkę z tlenkiem miedziowym. Gdy ogrzewany tlenek miedzi rozżarzy się, wypędzamy nagromadzoną w rurce wodę przy pomocy łagodnego ogrzewania płomieniem.

Reakcja: tlenek miedziowy + wodór $\longrightarrow$ miedź + tlenek wodoru (woda).

Zaprzestajemy ogrzewania. Przepuszczamy wodór, jeszcze tak długo przez aparat, aż rurka ostygnie do temperatury pokojowej.

Odlączamy część B aparatu od części A, a przyłączamy do nowego aparatu osuszającego (płóczka z kwasem siarkowym i kolumna z chlorkiem wapnia) napełnionego powietrzem; wylot części B łączymy z pompką wodną¹⁾; to robimy dla zastąpienia wodoru suchym powietrzem (ważenie rurek napełnionych wodorem dałoby liczby za małe).

¹⁾ Wystrzegamy się zbyt szybkiego przepływu powietrza.

Zważyć ponownie: czółenko z tlenkiem miedziowym i rurkę U z chlorkiem wapnia.

Zestawić wyniki ważenia:

rurka z chlorkiem wapnia + woda,
rurka z suchym chlorkiem wapnia,
woda (tlenek wodoru),
czółenko z tlenkiem miedziowym,
czółenko z miedzią,
tlen,
wodór.

Obliczyć stosunek wagowy tlenu do wodoru, w założeniu, iż wodór waży 1 jednostkę wagową.

Porównanie wyników otrzymanych przez uczniów. Obliczenie średniej. Zanotowanie liczby ścisłej, podanej przez nauczyciela — a obok błędu doświadczenia.

Wagowe oznaczenie składu wody należy do doświadczeń trudnych. Pierwszy wykonał je Dumas w roku 1842. Pożądane pokazanie uczniom rysunku aparatu Dumas'a i objaśnienie jego zawartości, aby zrozumieć, dlaczego w tym ćwiczeniu otrzymali stosunkowo wysokoprocentowy błąd.

Ćwiczenie 7.

Miedź — tlen.

Tlenek miedziawy

czysty . . . 1,5 — 4,5 g.

Aparatura z poprzedniego ćwiczenia.

1) Obliczyć na podstawie wyników poprzedniego ćwiczenia skład tlenku miedziowego, zestawiając wyniki, jak następuje:

czółenko z tlenkiem miedziowym,
czółenko,
tlenek miedziowy,
czółenko z miedzią,
czółenko,
miedź,
tlen.

Obliczyć, ile jednostek wagowych miedzi odpowiada w tlenku miedziowym 8 jednostkom tlenu. Porównać z wynikami ćwiczenia 3 i zanotować prawidłowy stosunek, a obok błąd doświadczenia.

2) Powtórzyć ćwiczenie 6, biorąc zamiast czarnego tlenku miedziowego, czerwony tlenek miedziawy.

Zestawić wyniki ważenia podobnie, jak w doświadczeniu poprzednim; obliczyć, ile jednostek wagowych miedzi odpowiada w tlenku miedziawym 8 jednostkom tlenu.

Zanotować podany przez nauczyciela wynik prawidłowy, a obok błąd doświadczenia. Zestawić z wynikiem otrzymanym dla tlenku miedziowego.

Podobne doświadczenia doprowadziły Daltona (1802—4) do uogólnienia, zwanego *prawem wielokrotności stosunków*:

Jeżeli dwa pierwiastki tworzą ze sobą szereg związków, a w tym szeregu ciężar jednego pierwiastka będziemy uważali za stały, wówczas liczby, wyrażające ciężar drugiego pierwiastka, zachowają względem siebie stosunek prosty.

Zestawienie wyników ćwiczeń 3—7.

Wyniki tych ćwiczeń zestawiamy w następującej tabliczce:

Doświadczenie	Tlen	Miedź	Cynk	Magnez	Wodór	Błąd w % cięż. pierwiastka
otrzymanie tlenku miedziowego . . .	8	31,8				
podstawienie miedzi cynkiem . . .		31,8	32,7			
zastąpienie cynku magnezem . . .			32,7	12,16		
podstawienie: magnez — wodór . . .				12,16	1	
połączenie wodoru z tlenem . . .	8				1	
odtlenienie tlenku miedziowego . . .	8	31,8				
odtlenienie tlenku miedziawego . . .	8	63,6				

W szeregu przemian chemicznych zamknęliśmy koło: jednoś, jako ciężar wodoru, odpowiada ośmiu dla tlenu — niezależnie od tego, czy łączymy te pierwiastki bezpośrednio, czy też rozpatrujemy cały łańcuch przemian, gdzie tlen i wodór są tylko ogniwami skrajnymi.

Jedynie liczbę 8 dla tlenu obraliśmy dowolnie, inne liczby nasunęło nam wielokrotnie sprawdzane doświadczenie.

Prawo równoważników.

Jeżeli dla ciężaru połączeniowego tlenu ustalimy liczbę 8, wówczas musimy przypisać wszelkiemu innemu pierwiastkowi pewną liczbę, której wartość, albo wielokrotność powtarza się we wszystkich związkach tego pierwiastka.

Liczbę, wyrażającą ilość pierwiastka, która przyłącza (lub podstawia) 8 jednostek wagowych tlenu, nazywamy równoważnikiem pierwiastka. Jest to liczba względna, zależna od dowolnego wyboru liczby 8 dla tlenu i niezależna od jednostek ciężaru, w jakich wyrażamy ilość tlenu (kilogramy, gramy, łuty i t. p.).

Jeżeli jakiś pierwiastek tworzy kilka tlenków, mamy oczywiście do czynienia z *kilku równoważnikami* tego pierwiastka.

Miedź np. na połączenie z 8 częściami tlenu zużywa 31,8 części wagowych w związku miedziowym i dwa razy tyle w związku miedziawym (jest w tym drugim przypadku jakgdyby mniej warta).

Zestawiając poznane prawa widzimy, że:

- 1) prawo niezniszczalności masy mówi o *ogólnym* bezwzględnym ciężarze reagujących ciał;
- 2) prawo stałości stosunków — o względnym ciężarze *dwu* pierwiastków (składników), tworzących ze sobą *jedno* połączenie;
- 3) prawo wielokrotności stosunków — o względnym ciężarze *dwu* pierwiastków, tworzących ze sobą *szereg* związków;
- 4) prawo równoważników — o względnym ciężarze *wielu* pierwiastków, tworzących ze sobą *wiele* połączeń.

Szukanie przyczyny.

Doświadczenia doprowadziły nas do poznania praw *zachowania i ustosunkowania* ciężaru pierwiastków, jako składników połączeń i jako czynników reakcji. Cóż jest przyczyną tych zależności; tej ciekawej arytmetyki przyrody?

Już poprzednio — w toku nauczania — uzasadniliśmy, jeśli nie samo istnienie, to głębokie prawdopodobieństwo istnienia cząsteczek, jako fizycznie niepodzielnych cząstek wszelkich ciał (materji).

Nie zostały wykryte doświadczalnie ani tak wielkie, ani też tak małe ilości ciał, dla których przytoczone wyżej prawa traciłyby znaczenie.

Mamy więc podstawę do mniemania, że wykrytym przez nas prawom podlegają także pojedyncze cząsteczki ciał (t. j. ich najmniejsze możliwe ilości), np.:

cząsteczka tlenu miedziowego + cząsteczka wodoru $\rightarrow$ cząsteczkę miedzi + cząsteczkę wody.

Wynika stąd, że cząsteczka wody musi się składać z wodoru i tlenu, zaś cząsteczka tlenu miedziowego — z miedzi i tlenu.

Reakcję pomiędzy dowolnymi, dostępnymi pomiarowi ilościami pewnych ciał możemy w takim razie pojmować, jako sumę reakcyj pomiędzy poszczególnymi cząsteczkami tych ciał.

Wynika stąd także, że zarówno cząsteczka tlenku miedziowego, jak i cząsteczka wody, jest podzielna, ale nie na części jednorodne z nią, lecz na części zasadniczo odmienne od niej, posiadające inne własności. Jakiegokolwiek przytem są tych składników własności, jednego możemy być bezwzględnie pewni: iż wzajemny stosunek ich ciężarów jest niezmienny, a mianowicie zawsze taki, jaki wykazały nasze powyższe pomiary; inaczej bowiem doświadczalne prawa reakcji nie byłyby ważne również i dla ilości ciał, dostępnych pomiarowi.

Z reakcji cząsteczek miedzi z cząsteczkami tlenu powstają — zależnie od warunków — dwa rodzaje cząsteczek. W jednych stosunek (wagowy) tlenu do miedzi jest jak 8 do 31,8 (tlenek miedziowy), w drugich jak 8 do $2 \times 31,8$ (tlenek miedziawy).

Innego tlenku miedzi nie znamy.

Cząsteczka tlenku miedziawego jest to kres rozdrobnienia tego ciała. Już jej połowa nie byłaby tlenkiem miedziawym. (Zachodzi tu pewne podobieństwo między cząsteczką a mechanizmem, instrumentem lub ustrojem: przepołowiony instrument muzyczny przestaje być instrumentem).

Dlaczego tak jest? W poszukiwaniu tłumaczenia powyższego faktu możemy zrobić przypuszczenie, iż cząsteczka tlenku miedziawego dlatego nie da się podzielić na dwie mniejsze ilości również tlenku miedziawego, że albo zawarta w niej ilość miedzi, albo zawarta w niej ilość tlenu, już wogóle żadnemu dalszemu podziałowi ulec nie może. Takie przypuszczenie co do miedzi musimy odrzucić, gdyż wiemy, że w cząsteczce tlenku miedziowego występuje *dwa* razy mniejsza ilość miedzi.

Możemy więc zrobić to przypuszczenie tylko co do tlenu.

Zastanówmy się; coby wynikło z przypuszczenia, że ilość tlenu w cząsteczce tlenku miedziawego jest kresem podzielności tlenu.

Zapewne miedź zawartą w tej cząsteczce moglibyśmy jeszcze podzielić na *dwie równe* części, znamy bowiem tlenek miedziowy, połączenie, zawierające w stosunku do tlenu dwa razy mniej miedzi; dalsza jednak podzielność miedzi byłaby sprzeczna z doświadczeniem (oprócz bowiem tlenków miedziawego i miedziowego nie znamy innych tlenków miedzi).

Podobne rozumowanie moglibyśmy przeprowadzić także na przykładzie innych połączeń, np. tlenków azotu, węgla, wodoru, lub na węglowodorach (metanie i etelynie — Dalton).

Wystarczy uznać *pewną ilość* (masę, ciężar) wodoru za *niepodzielną*, a musimy uznać za niepodzielne takie ilości innych pierwiastków, które odpowiadają jej iloczynowi przez najniższy równoważnik danego pierwiastka.

Niepodobna nazwać imienia twórcy *teorii atomowej*. Dzieje tej teorii w jej znaczeniu nowożytnem, czyli doświadczalnem, są właściwie dziejami samej chemii.

Znamiennem jest to, że myśl o niedziałce materji kielkowała w umysłach myślicieli starożytności. Hołdowali jej Demokryt i Leukipp, filozofowie złotego wieku filozofji greckiej, oraz Lukrecjusz. Od nich pochodzi nazwa tej niedziałki: atom ($\alpha\tau\omicron\mu\omicron\varsigma$ = individuum = niepodzielne, niedziałka).

John Dalton (1801) oparł się na teorii atomowej, szukając wytłumaczenia dla prawa wielokrotności stosunków.

Założenia główne tej teorii:

- 1) *niepodzielność atomu w znaczeniu chemicznem*,
- 2) *podobieństwo i jednakowy ciężar atomów tego samego pierwiastka, oraz różnica własności i ciężaru atomów rozmaitych pierwiastków*.

Równoważnik a ciężar atomowy.

Najprostszem przypuszczeniem, jakie moglibyśmy zrobić w celu uzgodnienia teorii z eksperymentem, byłoby utożsamienie *względego ciężaru atomowego*, czyli *stosunku ciężaru atomu danego pierwiastka do ciężaru atomu wodoru* z najmniejszym równoważnikiem pierwiastka. Pozatem najprostsze wytłumaczenie różnicy pomiędzy ciałami prostymi a złożonemi (związkami) polegałoby na założeniu, że wszelkie ciała proste składają się z pojedynczych atomów, a związki — z cząsteczek o kilku różnorodnych atomach.

W zastosowaniu do wodoru i tlenu bylibyśmy zatem skłonni do przypuszczenia, że cząsteczka wodoru składa się z jednego atomu wodoru, 8 zaś razy cięższa cząsteczka tlenu — z jednego atomu tlenu; co do cząsteczki wody mniemalibyśmy, że — będąc 9 razy cięższa od cząsteczki wodoru — składa się z 1 atomu wodoru i 1 atomu tlenu. Należałoby to sprawdzić.

W poszukiwaniu prawdy przytoczymy eksperyment.

Doświadczenie 8.

Działanie sodu na wodę (pokaz).

Sód — kawałek około $\frac{1}{2}$ g.,

woda destylowana,

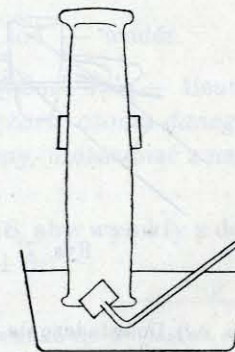
alkoholowy roztwór fenolftaleiny.

2n ług sodowy.

Gęsta i cienka siatka miedziana,

szczypce metalowe,

nóż do krajania metalu i sucha płytka porcelanowa lub szklana,



Rys. 6.

mała szklana wanna,
walec z doszlifowanym szkiełkiem,
pałeczka szklana,

statyw z łącznikiem i łapą,
trzy zlewki po 100 cm³ pojem-
ności.

Dokładnie napełniony wodą walec przykryć płytką. Odwrócić walec dnem do góry i zanurzyć w wodzie. Pod wodą zsunąć płytkę z wylotu walca. Ująć walec w łapę statywu.

Świeżo odkrajany i osuszony z nafty kawałek sodu dokładnie zawinąć w miedzianą siatkę, składając ją w kształcie pakietka. Ujęty w szczypce pakietek podprowadzić pod otwór walca. Zbierze się wnet pewna ilość gazu w cylindrze.

Nasunawszy pod wodą płytkę na otwór walca, odwrócić go i — zsuwając płytkę — zapalić gaz. Palność jest cechą wodoru.

Z wanny ulać trochę wody do zlewki i podzielać parę kroplami fenoloftaleiny; jednocześnie w podobnych zlewkach podzielać fenoloftaleiną na roztwór ługu sodowego i na wodę. Zaobserwować podobieństwo i różnicę. Widzimy, że pewna część wody w wannie uległa pod wpływem sodu chemicznej przemianie. Po odparowaniu tej części wody, która nie wzięła udziału w reakcji, otrzymalibyśmy ług sodowy.

Jednak otrzymanie *bezwodnego* ługu sodowego należy do zadań trudnych, albowiem ług chciwie pochłania parę wodną z otaczającej go atmosfery, tworząc wodny *roztwór*.

Doświadczenie 9.

Działanie glinu na bezwodny ług sodowy (pokaz)¹⁾.

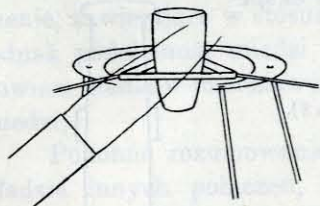
(Niebezpieczeństwo prysnięcia w oko).

Ług sodowy czysty około 20 g.,
sód świeżo odkrajany i dobrze
bibułą osuszony z nafty oko-
ło 2 gr.,
glin w drucie około 0,5 g.

Tygiel żelazny głęboki,
trójkąt kaolinowy,
trójnog żelazny, płyta azbestowa,
palnik benzynowy, używany do
spajania metali,

szczypce metalowe, drut żelazny
okulary ciemne.
ujęty w statyw szkło „kobaltowe“

Do żelaznego tygla wrzu-
camy kilka kawałków ługu so-
dowego. Powoli ogrzewamy ty-
giel, doprowadzając ług do sto-
pienia. Dla odwodnienia ługu



Rys. 7.

¹⁾ Doświadczenie to, jakkolwiek niełatwe, polecam uwadze nauczających wła-
śnie ze względu na jego znaczenie metodyczne. Warto poddać je wypróbowaniu.

wrzucamy do tygla kilka kawałeczków sodu (patrz dośw. 8), mieszając przytem pręcikiem żelaznym.

Ogrzewamy tygiel do białego żaru. Gdy ług sodowy prze-
stanie wydzielać pęcherzyki wody, wrzucamy do tygla kilka ka-
wałeczków glinu. U wylotu tygielka zapalamy płomień, świadczący
o powstaniu z reakcji (glinu i ługu sodowego) palnego gazu — wo-
doru. Uczniowie obserwują płomień przez ustawione przed tygłem
c. niebieskie szkło (pochłania ono promienie rozżarzonej pary sodu).

Wyjaśnienie przyczyny.

Najprostszym, jak nadmieniliśmy, przypuszczeniem byłoby, że
cząsteczka wody składa się z 1 atomu wodoru i 1 atomu tlenu. Wów-
czas reakcja poznana w doświadczeniu 8 wyrażałaby się w sposób
następujący:



Byłoby to niezgodne z doświadczeniem 9, albowiem z ługu so-
dowego otrzymujemy, działając glinem, wódór, tymczasem z tlenku
sodu nie moglibyśmy otrzymać wodoru.

Tworzymy nowe przypuszczenie: tylko część cząsteczek wody
reaguje z sodem, jak powyżej, część zaś przyłącza sód, a mia-
nowicie:



Przypuszczenie to, jakkolwiek nie będące w wyraźnej sprzecz-
ności z doświadczeniem, sprowadza się do przypisywania cząsteczkom:
bądź sodu, bądź wody, bądź wreszcie obu ciał — niejednakowych
własności w stosunku do jednorodnych cząsteczek.

Najwięcej prawdopodobnem wydaje się przypuszczenie trzecie:
*cząsteczka wody składa się z 1 atomu tlenu i 2 atomów wodoru*¹⁾,
a wtedy reakcję w doświadczeniu 8 wyrażamy w taki sposób:



Z domniemanego składu wody (2 atomy wodoru i 1 — tlenu)
wynika, że *ciężaru atomowego*, jako *stosunku ciężaru atomu danego
pierwiastka do ciężaru atomu wodoru*, nie możemy utożsamiać z naj-
mniejszym równoważnikiem pierwiastka.

Musimy podnieść ciężar atomowy tlenu do 16, aby wynikły z do-
świadczenia równoważnik wodorowy tlenu wynosił 8:

¹⁾ Rozpatrywanie (niezadługo) objętościowych stosunków, w jakich się
łączą ze sobą wódór i tlen, doprowadzi nas do tego samego wniosku.

$$16 : 2 \times 1,008 = 8 : 1,008^1)$$

ciężar	ciężar	równo-	równo-
at.	at.	ważnik	ważnik

Stąd ciężary atomowe magnezu, cynku, miedzi wypadają:

24,32 65,37 63,56.

Przypominamy, że liczby te nie oznaczają ciężarów (mas) bezwzględnych.

Względne ciężary atomowe, zwane krótko ciężarami atomowymi, są to liczby oderwane, oznaczające jedynie stosunek, nie zaś ilość.

Nazywamy *wartościowością* danego pierwiastka w stosunku do wodoru liczbę atomów wodoru, którą atom pierwiastka zastępuje w związkach, bądź też przyłącza. Zatem tlen jest pierwiastkiem dwuwartościowym.

Wartościowość mierzymy także ilorazem z ciężaru atomowego przez równoważnik pierwiastka.

ZAKOŃCZENIE.

W wyniku doświadczeń i opartych na doświadczeniu rozumowań, przytaczamy następujące liczby, przypisywane składnikom wody.

	równoważnik	ciężar atomowy	wartościowość
wodór	1,008	1,008	1
tlen	8	16	2

¹⁾ Na skutek dokładniejszych pomiarów, trzeba było poprawić równoważnik tlenowy wodoru. Początkowo uważany za 1, dziś jest wyceniony na 1,008. Zamiast poprawiać równoważnik tlenu na 7,93, co w konsekwencji wymagało korygowania wszystkich innych równoważników, przyjęto dla wodoru liczbę ułamkową.

STANISŁAW ZIEMECKI.

Dydaktyka fizyki.

(Wykład wstępny, wygłoszony dnia 11 października 1926 r. w Uniwersytecie Warszawskim).

Zgadza się wszyscy na to, że nauczanie jest sztuką, że wynik pracy nauczycielskiej zależy od talentu nauczyciela, od jego oddania się sprawie oświatowej, od umiłowania wiedzy i młodzieży. Wobec tego zdawaćby się mogło, że wykład dydaktyki wogóle, a w szczególności dydaktyki fizyki, jest rzeczą co najmniej bezcelową.

Krytyczniejsze rozpatrzenie sprawy pokazuje jednak, że rozumowanie wyżej przytoczone nie wyczerpuje zagadnienia. Niewątpliwie, żadną miarą nie można dać talentu człowiekowi zupełnie pozbawionemu zdolności pedagogicznych; można jednak uchronić człowieka zdolnego lub średnio zdolnego od popełniania ciężkich błędów dydaktycznych, które mszczą się, niestety, nie tylko na nim samym, lecz również i na młodzieży.

Chodzi o to, mianowicie, że nauczanie wiąże się z praktyczną znajomością psychologii klasy, małego zbiorowiska ludzkiego, składającego się z młodzieży o pewnym wyrobieniu umysłowym i o pewnych zainteresowaniach intelektualnych. Chodzi dalej i o to, że doświadczenie wiekowe ustaliło pewne normy postępowania, które empirycznie okazały się korzystnymi; niektóre z tych norm znajdują zresztą oparcie i w rozważaniach teoretycznych.

Po przeczytaniu jakiegokolwiek dzieła, rozważającego zagadnienia dydaktyki ogólnej, początkujący nauczyciel dozna rzetelnego zadowodu, zdumiony będzie tem, iż tak niewiele otrzymał realnych wskazówek w sprawie prowadzenia klasy. Z innym uczuciem przeczyta

tę samą rzecz pedagog o praktyce wieloletniej. Będzie on umiał należycie ocenić najdrobniejsze nawet uwagi rozsiane na kartach książki; wie on dobrze, jak cenne są owe wskazówki praktyczne, będące stresem doświadczenia dydaktycznego licznych pokoleń.

Niech mi wolno będzie poprzeć te słowa memi osobistymi wspomnieniami. Pamiętam, jak lat 18 temu objąłem lekcje w Gimn. im. Reja w Warszawie. Było to po ukończeniu Uniwersytetu w kraju i po dwuletniej pracy naukowej w Getyndze.

Oddałem się pracy nauczycielskiej z całym zapalem, na jaki stać młodość, rozkoszując się wciąż świeżością wrażeń, jakie mi dawało obcowanie z młodzieżą. Okoliczności życiowe składały się tak szczęśliwie, że w pierwszych latach uczyłem nie więcej, niż po dwie godziny dziennie. Dzięki temu na opracowanie doświadczalne godzin lekcji mogłem poświęcać po kilka, nieraz nawet po kilkanaście godzin. Mogłem też zająć się gorliwie urządzeniem pracowni szkolnej, która ogromnie pociągała młodzież.

Sukces moralny mych usiłowań był niewątpliwy; zainteresowanie młodzieży ogromne; tak np. na nieobowiązkowe ćwiczenia popołudniowe z chemii nie tylko zapisała się niemal cała klasa, lecz olbrzymia większość wytrwała do końca i uczyniła istotne postępy. Pomimo wszystko, wynik osiągnięty nie odpowiadał zupełnie ilości pracy włożonej. Zainteresowanie było wielkie, wiadomości wybitniejszych uczniów rozległe; przeciętny jednak uczeń przyswoił sobie stosunkowo mało wiadomości pozytywnych i często nie dawał sobie rady w zagadnieniach zgoła elementarnych.

Spoglądałem wtedy z wysoka na starych nauczycieli, „rutynistów”. Ze zdziwieniem jednak dostrzegłem, że ci ludzie, pomimo zupełnie spokojnego sprawowania swych obowiązków, poświęcając młodzieży tylko tyle czasu, ile wymagał urzędowy kontrakt, osiągalni wyniki bardzo poważne, o ile chodziło o przyswojenie przez uczniów materiału naukowego. Zaczęłem się wówczas przekonywać o tem, że samo naukowe opracowanie lekcji i zapal do wiedzy nie wystarczają, że konieczne jest opracowywanie lekcji i z punktu widzenia dydaktycznego.

Życie zetknęło mnie również z nauczycielami, którzy poświęcili się pracy pedagogicznej, ukończywszy jedynie seminarjum nauczycielskie. Uderzało, że ludzie ci, pomimo pewnej ciasnoty poglądów, osiągalni nieraz lepsze wyniki z punktu widzenia opanowania przedmiotu przez klasę, aniżeli nauczyciele z wykształceniem uniwersyteckim; dotyczyło to, oczywiście, klas młodszych. Nadmienię, że w owych czasach, na terenie b. Kongresówki, wychowawcy uniwersytetu nie otrzymywali prawie żadnego przygotowania dydaktycznego.

Grimsehl, jeden z najwybitniejszych nauczycieli fizyki, jakich posiadali Niemcy, mówi w jednym z pism swoich, że nauczycielem fizyki powinien być nie pedagog o zamyśleniu do fizyki, lecz fizyk, który posiada pewne skłonności pedagogiczne. Podzielałem w zupełności ten pogląd. Dlatego też w dalszych pracach naszych wysunę na plan pierwszy naukową stronę sprawy, nie pominę jednak, w myśl poprzednio przytoczonych argumentów, i czysto dydaktycznej strony zagadnienia.

Rozpatrzmy z punktu widzenia dydaktycznego dwie podstawowe kwestje: sprawę materiału i metody nauczania. Kierując się wskazaniem dydaktyki ogólnej wysuniemy następujące zasady, które należy się kierować w wyborze *materiału nauczania*.

I. Materiał wybrany powinien ogarniać całokształt fizyki i odpowiadać nowoczesnym poglądom naukowym.

II. Ujęcie materiału nie może przekraczać zdolności i przygotowania przeciętnego ucznia.

III. Należy pominąć wszystko nieistotne; materiał pozostały przejść gruntownie i wszechstronnie, dbając o to, żeby uczeń naprawdę przyswoił sobie treść pojęć.

Wskazówki powyższe wymagają jeszcze dalszych wyjaśnień i uzupełnień. Wymaganie, by materiał naukowy ogarniał pewien całokształt wiedzy, wynika z naturalnego dążenia umysłu ludzkiego do syntezy. Młodzież nie patrzy w przeszłość; zresztą człowieka, który się dopiero zapoznaje z daną nauką, nie może interesować jej historia. Wynika stąd konieczność traktowania zagadnień pod kątem widzenia poglądów współczesnych, pod kątem widzenia współczesnego nam rozwoju życia i techniki.

Tak na przykład w kinematyce i dynamice nie pominiemy interesującej, a dziś tak ściśle wiążącej się z ogólną teorią relatywizmu, kwestji ruchu względnego. W cieple nie zaniechamy nakreślić, choćby w zarysie najogólniejszym, szkicu teorii kinetycznej gazów, gdzie wysuniemy na plan pierwszy zjawisko ruchów Browna. W spektroskopji zatrzymamy się na moment na serjach widmowych, a omawiając teorie optyczne rozwinie, choć w najkrótszym zarysie, teorię kwantów, kładąc nacisk na zastosowanie koncepcji kwantu w wyjaśnieniu promieniowania atomu. Spektroskopja, która by pomijała fale najkrótsze, t. j. promienie X, byłaby czemś absolutnie dalekiem od wiedzy dzisiejszej. Wskażemy też uczniom w tym dziale, jakie rozległe nowe horyzonty odsłoniła nam zależność widm röntgenowskich od numeru porządkowego pierwiastka, jak na drodze czysto doświadczalnej zostało uzyskane wejście w jedność planu budowy materji, w strukturę atomu.

Daliśmy powyżej tylko kilka przykładów na tematy, których dziś w nauczaniu nie wolno zaniedbywać.

Jasne jest jednak, że należy nakreślić granice modernizmowi. W fizyce społecznej roi się od teorii jedno lub kilkumiesięcznych. Sama teoria kwantów, o której dopiero co mówiliśmy, pomimo triumfów, napotyka jeszcze olbrzymie trudności, gdy chodzi o wyjaśnienie całokształtu zjawisk optycznych. Coraz ukazują się nowe próby powiązania jej i pogodzenia z klasyczną teorią falową. Obok idei głębokich napotykamy dziś w pismach naukowych najfantastyczniejsze próby teoretycznego ujęcia zjawisk natury. Od wszelkich efemerycznych teorii, od chwilowo modnych kierunków myśli odgradzimy szkołę średnią. Damy uczniom przede wszystkim doświadczenie tego materiału nie pominiemy idei nowoczesnych, będziemy to czynili oglądnie, oświecając zagadnienia krytycznie i uwzględniając tylko najszersze łóżyska myśli społecznej.

Z wykładu szkolnego usuniemy wszystko to, co ze względu na trudności matematyczne, na konieczność stosowania rachunków wyższych, ze względu na zbyt daleko sięgającą abstrakcyjność pojęć nie może być jasno przedstawione w formie elementarnej. Byłoby więc zgoła niecelowem rozwijać szerzej teorię względności czy to małą, czy też ogólną; w teorii potencjału wypadnie poprzestać na niektórych rzeczach najelementarniejszych, pomijając, w związku z tem, teorię tak ważnych narzędzi, jak np. elektrometr bezwzględny. Zagadnienia drgań sprężystych, rezonansu mechanicznego i elektrycznego muszą być traktowane czysto eksperymentalnie. Podobnie cały szereg innych kwestyj.

Wszelka niejasność działa na ucznia zniechęcająco, odstraszająco. Z olbrzymiego, nieogarnionego wprost, materiału fizyki współczesnej możemy czerpać dowolnie tematy, nadające się do elementarnego eksperymentalnego traktowania. Nie obawiamy się tego, że uczeń nasz nie dowie się pewnych rzeczy, które każdy specjalista wiedzieć powinien. Szkoła średnia nie kształci specjalistów; zresztą, jeżeli już w szkole sztucznymi trudnościami obrzydzimy młodzieży fizykę, napewno nie stworzymy nowego zastępu fizyków polskich.

Jeżeli więc zgodnie z II-gą zasadą wyboru materiału (ob. str. 191) pominiemy wszystko to, co przerasta siły ucznia, to jednak nie będziemy się starali czynić z naszego przedmiotu tego, co francuzi trafnie nazywają „physique amusante”. Klasa tylko wtedy czyni postępy, tylko wtedy rozwija się umysłowo, tylko wtedy zaznaje radości zdobywania wiedzy, gdy się ją zmusza do rzetelnej pracy umysłowej, do wysiłku takiego, na jaki ją stać. Nie należy więc poprzestać

na ujęciu nauki w formę najbardziej przystępną, lecz — dążyć do istotnego pogłębienia pojęć, do przyswojenia ich sobie przez młodzież w stopniu wystarczającym do samodzielnego stosowania. Do tego sprowadza się właśnie zasada III-cia posługiwania się materiałem naukowym.

Z powyższego wynika wniosek doniosłości ogromnej. Pojęć fizyki nie można sobie przyswoić całkowicie bez praktycznego bezpośredniego zapoznania się z eksperymentami odnośnej dziedziny, gdyż pojęcia abstrakcyjne fizyki wyrastają zawsze w zetknięciu ze światem rzeczywistym; ktoś, kto sam nigdy doświadczeń nie przerabiał, nie zna genezy pojęć i nie jest w stanie zgłębić ich treści. Prócz tego, jedynie laboratorium wyrabia poczucie eksperymentalnej metody badania; życie się z tą metodą, która wywołała największe przewroty tak w dziedzinie idei, jak i w dziedzinie ukształtowania się życia społeczeństw nowoczesnych, jest bezwzględnie konieczne dla każdego człowieka, mającego pretensję do wykształcenia ogólnego. Niema zatem racjonalnego nauczania fizyki bez pracowni, bez ćwiczeń. Zwrócimy uwagę i na osobliwy ustrój naszych władz pamięci. Fakty eksperymentalne, osobiście przeżywane, wbijają się w pamięć na długo, niemal na zawsze; doświadczenia, znane z opisu lub obserwowane na wykładzie, znikają nader szybko z pola pamięci. Wobec ogromnego materiału, jakim dziś operuje nawet fizyka szkolna, stosowanie metody laboratoryjnej nauczania jest niezbędne, chociażby z punktu widzenia mnemonicznego.

Konieczność dostosowania materiału nauczania do czasu rozporządzalnego jest oczywista i wynika z zasady I. Niepodobna dać pewnego całokształtu wiedzy, nie rozkładając sobie zgóry całego materiału na pewne okresy czasu. Jeżeli się to zaniedba, uczeń ukończy szkołę, nie zapoznawszy się z całymi wielkimi działami nauki. Nauczycielom początkującym zdarza się nieraz, że po kilku latach nauczania wypuszczają abiturjentów, nie mających wyobrażenia o elektryczności lub optyce. Zbytecznem byłoby podkreślać niedopuszczalność takiego traktowania przedmiotu.

Zdecydowawszy się na ten lub inny wybór materiału naukowego, należy się zastanowić nad metodą prowadzenia lekcji. Znane są dwie *metody nauczania*: 1) metoda historyczno-dogmatyczna, 2) metoda heurystyczna. Metoda historyczno-dogmatyczna podaje uczniowi w formie gotowej wyniki badań naukowych, dąży do ujęcia wiedzy w układ możliwie przejrzysty, ściśle logiczny. Metoda heurystyczna bierze swą nazwę od czasownika greckiego „heurisko” — znajduję. Chodzi w niej o to, żeby uczeń, o ile można, samodzielnie dochodził do praw i prawd, żeby przy pomocy nauczyciela był odkrywcą i wy-

nalazcą, by zaznał rozkoszy pracy twórczej. Różnicę pomiędzy obydwoma metodami najłatwiej przedstawimy, biorąc za punkt wyjścia jakiś przypadek konkretny ich stosowania.

Przypuśćmy, iż temat lekcji stanowią Ampère'a prawa elektrodynamiki. Stosując metodę historyczno-dogmatyczną, nauczyciel opowiada uczniom o stoliku Ampère'a, potem mówi o wynikach badań tego uczzonego nad oddziaływaniem wzajemnym prądów, wyklada im ideę budowy solenoidu, wspomina o teorii magnetyzmu przez Ampère'a rozwiniętej. W końcu lekcji następuje stwierdzenie doświadczalne słuszności praw Ampère'a.

Inaczej — w przypadku stosowania metody heurystycznej. Nauczyciel rzuca myśl, wysuwa problemat: wiemy, że przewodniki, po których płynie prąd, wytwarzają pola magnetyczne, podobnie jak to czynią magnesy. Czy nie jest rzeczą prawdopodobną, że będą oddziaływać na siebie wzajemnie? Klasa na pewno odpowie twierdząco. Wówczas nauczyciel zwraca uwagę klasy na to, że jest to rzecz nader prawdopodobna, bynajmniej jednak nie — pewna. Weźmy dwa kawałki żelaza, mówi, każdy z nich przyciąga magnes, czy jednak dwa kawałki żelaza będą się przyciągać wzajemnie? Klasa zaczyna żywić pesymizm, co do ewentualnego oddziaływania na siebie prądów. W końcu zapada decyzja, że należy się pokusić o wykonanie eksperymentu. Nauczyciel wraz z uczniami omawia trudność zasadniczą: konieczność otrzymania swobodnie poruszającego się przewodnika, po którym mógłby płynąć prąd. Zatrzymują się wreszcie na konstrukcji bądź przypominającej klasyczny stolik Ampère'a, bądź na pływającym po wodzie zakwaszonej ogniwku, którego bieguny są połączone zwojnicą żądanego kształtu (pomysł de la Rive'a; blaszki metalowe muszą być przymocowane do korka). Doświadczenia dają wynik pozytywny. Klasa, kierowana przez nauczyciela, formułuje sama prawa oddziaływań elektrodynamicznych, stwierdza równoważność prądów kołowych i blaszek magnetycznych, równoważność solenoidu i magnesu. Wreszcie nauczyciel ujmuje wyniki wspólnej pracy w jedną całość, którą uczniowie notują.

Zgodzimy się chętnie na to, że metoda heurystyczna posiada wielką przewagę nad metodą historyczno-dogmatyczną. Lekcja jest pełna ożywienia; uczniowie są pobudzeni do myślenia samodzielnego, sami stają się jakby odkrywcami, interesują się niezmiernie każdym szczegółem eksperymentu: treść nauki staje się ich własnym przeżyciem.

Metoda heurystyczna w daleko większym stopniu wymaga od nauczyciela opanowania przedmiotu tak pod względem teoretycznym, jak i pod względem doświadczalnym, technicznym. Doświadczenia

muszą się udawać, gdyż w przeciwnym razie nie może być mowy o formułowaniu jakichkolwiek wniosków ogólnych; każde niepowodzenie grozi zachwianiem lekcji. Oddając pod względem wartości pedagogicznej pierwszeństwo metodzie heurystycznej, będziemy się jednak wystrzegali jednostronności, wyłączności. Pewne tematy nie mogą być traktowane heurystycznie dlatego, że doświadczenia uczniowskie (nie tylko w szkole średniej, lecz również i akademickiej) nie pozwalają na ustalenie danego kompleksu subtelnych zjawisk doświadczalnych, gdy wchodzi w grę bardzo wiele czynników, mogących spowodować komplikacje. Zwrócimy dalej uwagę i na to, że w metodzie heurystycznej lekcja rozpada się na szereg pytań; zagadnienie, jako całość, nieraz znika z pola uwagi uczniów, temat rozproszkuje się jakoby. W tych razach, kiedy nam zależy na oddziaływaniu na wyobraźnię uczniów, kiedy nam chodzi o wzbudzenie w nich poczucia wielkości osiągniętych przez naukę wyników, o wykazanie potęgi umysłu ludzkiego, nie będziemy stosowali heurezy. Będziemy więc unikali jej, mówiąc o falach Hertz'a, o granicach widma, o prawie Moseley'a (widma röntgenowskie), o budowie atomu i t. p.

Miejmy i to na względzie, że heurystyczna metoda nauczania wiąże się ściśle z metodą indukcyjną badania zjawisk natury. Wbrew utartemu mniemaniu fizyka (ani też żadna z nauk przyrodniczych) nie ma charakteru czysto indukcyjnego. Wyobraźnia twórcza uczonego wyprzedza wyniki doświadczeń; uczony tworzy pewne koncepcje o istotnym charakterze zjawisk; z tych koncepcyj (na drodze matematycznej częstokroć) wysnuwa wnioski i sprawdza je później na drodze eksperymentalnej. W badaniu naukowym indukcja splata się jak najściślej z dedukcją. Wyłączne posługiwanie się metodą indukcyjną (zarazem i heurezą) w nauczaniu byłoby absolutnym bezsensu, gdyż byłoby niezgodne z prawdziwym duchem nauki. Szkoła musi być związana ściśle z żywą myślą ludzką, a nie może stwarzać sobie jakichś sztucznych, swoistych metod traktowania zagadnień naukowych.

Czy mam w tym wykładzie dawać przykłady konkretne olbrzymiej roli, jaką gra dedukcja w rozwoju nauk fizycznych? Byłoby to zbędne, gdyby chodziło o fizyków specjalistów, nie będzie może jednak zbyteczne, o ile chodzi o pedagogów, którzy w pierwszych latach istnienia Polski niepodległej słyszeli zbyt często o tem, iż metoda heurystyczna jest jedynie racjonalna i zgodna z duchem szkoły nowoczesnej. Przypomnijmy więc, że większość dzisiaj dokonywanych prac badawczych opiera się na apriorycznej koncepcji kwantów energii, że szuka się w doświadczeniu potwierdzenia wniosków mechaniki kwantowej, która za punkt wyjścia bierze pewne abstrak-

cyjne koncepcje ogólne; przypomnijmy dalej, że wielkie odkrycie fal elektromagnetycznych wiąże się ściśle z teoriami elektrodynamicznymi, między innymi z teorią Maxwell'a, która, a priori, uogólniając dane doświadczenia, śmiało, miejscami w sposób zgoła dowolny, dochodzi do wniosku o rozchodzeniu się fal elektrycznych w nieprzewodnikach; zwróćmy uwagę na to, że epokowe odkrycia Faraday'a zawsze niemal brały swój początek w poglądach ogólnych tego myśliciela na bieg zjawisk natury, w poszukiwaniu analogij pomiędzy rzeczami i zjawiskami znanymi a — nieznanymi. Musimy się zgodzić na to, że w ogromnej większości przypadków eksperymentowanie *bez idei przewodniej* jest absolutną stratą czasu.

Pod tym kątem widzenia będziemy również traktowali ćwiczenia praktyczne z fizyki w szkole średniej. Bardzo często, prowadząc ćwiczenia, zastosujemy metodę heurystyczną. Postawiwszy szereg pytań, osiągniemy to, że uczniowie na drodze doświadczałnej samodzielnie odkryją prawo momentów w mechanice, że sami dojdą do prawa naczyń połączonych, że zbadają zjawiska włoskowatości poznając ilościowo prawa oddziaływania wzajemnego magnesów i, t. d. Strzeżmy się jednak złudzenia, że uczniowie sami zbudują gmach wiedzy. Do tego potrzebaby twórczości naukowej, a twórczość jest przywilejem nielicznych genialnych jednostek. Szkoła nie powinna zabijać twórczości, ale nie może się na niej opierać, gdyż twórczości nauczyć nie można. Byłoby śmiesznym złudzeniem mniemać, że na lekcjach, prowadzonych metodą heurystyczną, uczniowie naprawdę sami coś odkrywają. We wszelkiem odkryciu rzeczą najtrudniejszą jest sformułowanie problemu, uchwycenie prostych związków i zależności w tym chaotycznym splocie wydarzeń, jaki nam daje natura. Postawienie zagadnienia tkwi *implicite* w pytaniach nauczyciela, i wszystko sprowadza się, w gruncie rzeczy, do mniej lub więcej samodzielnego operowania przez młodzież pojęciami, które jej zostały podsunięte przez kierownika.

Postaram się poprzeć tezę powyższą prostym przykładem, zaczerpniętym z nauczania i historii nauki. Przypuśćmy, że w szkole, dobrze zaopatrzonej w przybory i przyrządy do nauczania fizyki, w klasie nielicznej, nauczyciel ma przejść podstawowe zjawiska elektrostatyki. Zjawiska wydają się tak proste, że nauczyciel decyduje się na zastosowanie metody heurystycznej. Starannie obmyśla doświadczenia; uczniowie odkrywają istnienie przewodników i izolatorów, dochodzą do wniosku o tem, że istnieją tylko dwa rodzaje elektryczności, że jednoimienne ładunki odpychają się, różnoimienne przyciągają się. Te fakty i pojęcia wydają się tak proste i łatwe, że skłonni jesteśmy przypuszczać, iż młodzież naprawdę samodzielnym dokonaniem

spospostrzeżeń i w zetknięciu z rzeczywistymi faktami umiała samodzielnie wyciągnąć z tych faktów konsekwencje.

Sprawa ta przedstawia się zupełnie odmiennie w oświeceniu historii nauki.

Damy wymowne zestawienie dat.

Rok 1600. *Gilbert* ustala istnienie ciał dwu kategorii: elektryzujących się przy pocieraniu (diament, szafir, kalafonja.) i nieelektryzujących się (szmaragd, agat, korale i t. d.).

Rok 1663. *Guericke* buduje pierwszą maszynę elektrostatyczną (kula siarkowa na osi).

Rok 1675. *Izaak Newton* ogłasza w *Philosophical Transactions* opis pewnego doświadczenia, dotyczącego przyciągań i odpychań ciał naelektryzowanych.

Rok 1713. *Hawksbee* pociera kule szklane i siarkowe, laski laku, jednak nie dostrzega istnienia elektryczności dwu rodzajów.

Rok 1729. *Gray* wykrywa różnicę pomiędzy izolatorami a przewodnikami.

Pomiędzy 1733 — 1737 *du Fay* (Charles François de Cisternay du Fay) odkrywa istnienie dwu rodzajów elektryczności. Spółcześni z początku sceptycznie przyjmują jego odkrycie.

Widzimy z powyższego, że sprawa wykrycia dwu rodzajów elektryczności nie była wcale tak łatwą, jakby się mogło wydawać. Rzuca się w oczy i to, że Newton, który eksperymentuje 75 lat po *Gilbercie*, nie dostrzega tego faktu, a przecież Newton był nie tylko jednym z najgłębszych umysłów matematycznych wieku XVII-go, lecz zarazem jednym z najświetniejszych eksperymentatorów. Kto czytał jego „*Optykę*“, ten wie, jak wielką była zręczność Newtona w samodzielnym sporządzeniu przyrządów, jak przenikliwym jego dar intuicyjnego wyczuwania zjawisk przyrody, jak niepospolitą jego zdolność analizowania zjawisk zaobserwowanych. Czyż przeciętny uczeń klasy 7-ej, a nawet cała klasa 7-ma, jest w stanie samodzielnie zauważyć to, co uszło uwagi Newtona? Wydaje się to co najmniej mało prawdopodobnym. Chwila zastanowienia pozwoli nam wytłumaczyć paradoks: uczniowie „odkryli“ samodzielnie zjawiska dzięki temu, że wszystkie odkrycia tkwiły już *implicite* w biegu doświadczeń, wskazanym przez nauczyciela i w pytaniach, które kierownik rzuca od czasu do czasu pracownikom w laboratorium.

Nauczanie, które byłoby oparte *wyłącznie* na pracy laboratoryjnej uczniów, dałoby zgoła fałszywe wyobrażenie o fizyce, jako nauce,

i wpłynęłoby na zacieśnienie horyzontu myślowego uczniów. Z punktu widzenia naukowego i dydaktycznego konieczne jest harmonijne zespolenie teorii i eksperymentu.

Nakreśliwszy pewien ideał nauczania fizyki, zatrzymam się jeszcze krótko na kwestji ukształtowania zamierzonych wykładów dydaktyki tego przedmiotu. Same wykłady o nauczaniu poszczególnych działów fizyki byłyby, zdaniem mojem, niecelowe. Chodzi przecież przede wszystkim o praktyczne przygotowanie przyszłych nauczycieli fizyki do zawodu, a więc — o wyrobienie w nich umiejętności krytycznego traktowania materiału naukowego, o nauczanie ich techniki eksperymentowania na terenie szkolnym. Należałoby więc: 1) urządzić lekcje próbne studentów w szkołach średnich, 2) zorganizować kursy kształcące kandydatów na nauczycieli w robotach szklarskich, w obróbce drzewa i metali, a dalej — uczyć techniki doświadczeń pokazowych i prowadzenia ćwiczeń uczniowskich. Cały szereg trudności praktycznych stoi tu na przeszkodzie; między innymi — brak środków materialnych, brak miejsca, narzędzi. Wobec tego, w tym pierwszym roku istnienia przy Uniwersytecie Sekcji Pedagogicznej, wypadnie działalność zacieśnić. Po dłuższem zastanowieniu, zdecydowałem się poprowadzić bieg zajęć w sposób następujący. Co dwa tygodnie będą się odbywały lekcje próbne dwu kandydatów na nauczycieli; po lekcji — dyskusja i wykład w sprawie materiału naukowego, związanego z danym działem fizyki. Lekcje, na razie przynajmniej, ze względu na znaczną liczbę uczestników, będą się odbywały w ich własnym kole, a więc — poza szkołą. Lekcje próbne będą miały charakter doświadczalny. Kandydaci przygotowują eksperymenty w ciągu 2 tygodni przy mym współudziale, zapoznając się z przyrządami demonstracyjnymi i z techniką doświadczeń pokazowych.

Aby zbliżyć te lekcje do warunków życiowych, będziemy opracowywali tematy ściśle określone, trzymając się jednego podręcznika. Weźmiemy w semestrze bieżącym wykład o elektryczności i magnetyzmie, będziemy się posługiwać 3-cim tomem podręcznika profesorów Natansona i Zakrzewskiego; „Nauka fizyki” jest najbardziej godnym uwagi fenomenem w piśmiennictwie dydaktycznym polskiem lat ostatnich. Posiada ta książka pod pewnemi względami tak wybitne zalety, że nie zawahamy się postawić jej obok najwybitniejszych dzieł tego rodzaju, spotykanych w literaturach obcych. Treść tej książki została gruntownie, sumiennie przemyślana przez autorów; wykład jest wszędzie żywy, interesujący, daleki od szkolarskiej rutyny, sz-

blonu, oschłości; ujęcie rzeczy nowoczesne, z głęboką treścią idzie w parze przepiękny, czarujący język. Pomimo tych wybitnych zalet, dzieło profesorów krakowskich nie jest wolne i od bardzo poważnych usterek dydaktycznych. Wynikły one prawdopodobnie stąd, że autorowie nie znają w dostatecznym stopniu terenu szkoły średniej. Mniemam, że zapoznanie się gruntowne z dziełem tak wybitnem, a zarazem pewna krytyka strony dydaktycznej książki dadzą Panom korzyść rzetelną.

WACŁAW STASZEWSKI.

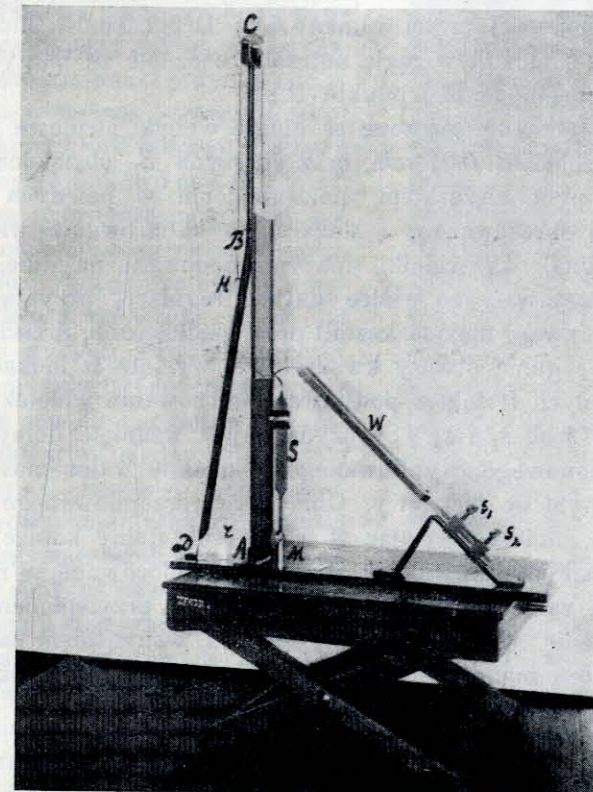
Przyrząd do badania swobodnego spadku ciał.

H. Homann¹⁾ opisał niedawno przyrząd, służący do badania swobodnego spadku ciał. Oto w kilku słowach jego zasada. Walec blaszany o średnicy 13,5 cm. i wysokości 35 cm., owinięty arkuszem bibuły, wprawiamy w obrót dokoła osi (pionowej) i puszczamy swobodnie. Cieniutki strumień atramentu pada z ustawionej obok tryśkawki na walec i znaczy na bibule krzywą spadku. Rzędne tej krzywej mierzą drogę s , odcięte zaś — czas t , walec bowiem spadając obraca się zarazem jednostajnie dokoła osi pionowej. Odczytawszy z krzywej zależność $s = at^2$, stwierdzamy, że ruch ciała w kierunku pionowym jest jednostajnie przyspieszony. Ponieważ jednak początek krzywej (paraboli) nie jest wyraźny, przeto w rzeczywistości dla sprawdzenia praw spadku postępuje Homann w ten sposób: znajduje na krzywej punkty, których rzędne wynoszą 25, 16, 9, 4 i 1 cm., prowadzi przez nie proste równoległe do tworzącej cylindra i stwierdza, że one leżą w jednakowych od siebie odległościach. Określiwszy przez ekstrapolację położenie punktu zerowego paraboli i zmierzyszy prędkość obrotu walca, można obliczyć przyspieszenie siły ciężkości g .

Pomiar prędkości kątowej w przyrządzie Homanna jest jednak bardzo niedokładny: możliwy przy wyznaczaniu okresu obrotu błąd 0,1 sek. stanowi bowiem 12,5% wielkości mierzonej i pociąga za sobą 25% błędu przy obliczaniu g . Z tego względu autor podkreśla, że główna wartość jego przyrządu polega na prostocie użytych środków i na możliwości formalnego stwierdzenia prawa spadku swobodnego. Przyrząd Homanna nadaje się tylko do demonstracji wykładowych; do ćwiczeń uczniowskich nie jest odpowiedni, chociaż bowiem prosty

w konstrukcji i niedrogi, wymaga jednak znacznej wprawy w eksperymentowaniu. Ekstrapolacja użyta przez Homanna wydaje mi się dla szkoły również niewłaściwa, gdyż może wzbudzić w umyśle ucznia podejrzenie o sztuczne naginanie obserwowanych zjawisk do powyższych zgóry wyobrażeń.

Poniżej podaję opis przyrządu, skonstruowanego w celu ułatwienia uczniom bliższego zaznajomienia się ze swobodnym spadkiem. Sądzę,



Rys. 1.

że może on być nawet przydatny do wyznaczania wartości g , ponieważ przy pewnej staranności łatwo można osiągnąć wyniki z błędem, nie przekraczającym 1% — 2%. Ćwiczenie z wahadłem, dające naogół dobre wyniki na g przy użyciu bardzo prostych środków, wymaga dla należytego zrozumienia dość skomplikowanych wywodów matematycznych, sądzą też, że może być z korzyścią przerobione później — już po zaznajomieniu się bezpośrednio ze swobodnym spadkiem.

¹⁾ Ztschr. f. d. phys. u. chem. Unt. 39, 1926, str. 97.

Opis przyrządu¹⁾.

Na podstawie z grubej (10 mm) blachy stalowej (zob. rys. 1) przymocowana jest ramka AB o wysokości 46 cm., zrobiona z blachy żelaznej. Ramka, ustawiona pionowo, służy jako prowadzenie dla płytki szklanej rozmiarów 6×24 cm. Do górnej części płytki przytwierdzona jest nitka, przerzucona przez lekki bloczek C , znajdujący się o 23 cm. ponad ramką. Bloczek ten osadzony jest na końcu grubego pręta żelaznego DBC , zagiętego w punkcie B , w którym jest przytwierdzona w górnej swej części ramka AB . Drugi koniec nici, podtrzymującej płytkę, można w razie potrzeby zaczepić za haczyk H , przyłutowany do pręta poniżej punktu B .

Przed płytką umieszczone są długie widelki strojowe W o okresie drgań T , bliskim 0,01 sek., oraz sprężyna S , obciążona w górnej części ruchomym ciężarkiem, pozwalającym w pewnych granicach regulować jej okres wahań, i służąca do kalibrowania widełek. Zarówno sprężyna, jak widelki, nie są z mocowane na stałe, lecz dają się łatwo przesuwac, co wielce ułatwia regulację przyrządu. Nóżka widełek strojowych, mająca kształt prostopadłościanu, przechodzi przez dwa wyłożone gumą otwory kwadratowe, wycięte w blokach mosiężnych, związanych trwale z podstawą. Zmocowanie widełek osiąga się przy pomocy śrub s_1 i s_2 . Sprężyna S jest wsunięta dolnym końcem do otworu pionowego, wypilowanego w krótkim walcu mosiężnym M , przysrubowanym do podstawy. Obie części przepiłowanego walca ścisłamy śrubą, unieruchamiając w ten sposób dolny koniec sprężyny. Na końcach sprężyny i widełek strojowych umocowane są rysiki z blachy stalowej, zakończone cienkimi włoskami, przyklepionymi na laku.

Pobudzenie widełek odbywa się bez wstrząśnień całego przyrządu zapomocą małej ramki mosiężnej r , nakładanej na nóżki i ostrożnie ściąganej w kierunku podłużnym względem widełek.

Opis doświadczenia.

Doświadczenie składa się z dwóch części.

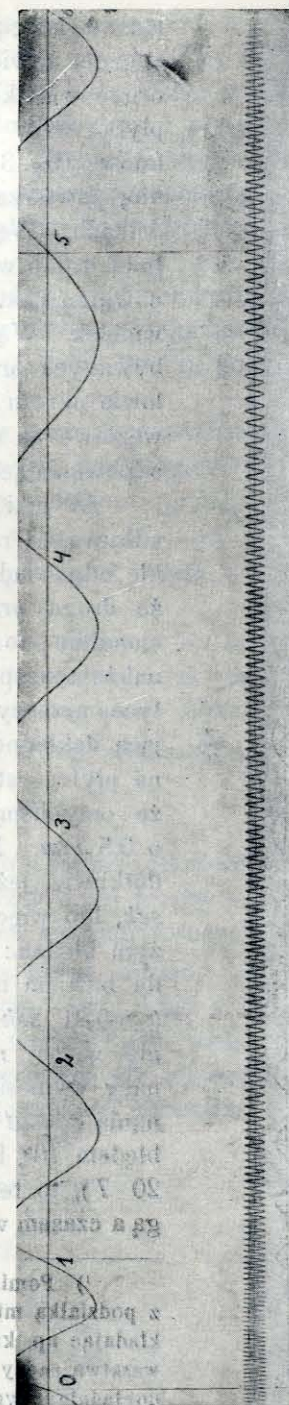
Część I. Kalibrowanie widełek strojowych. Okres wahań sprężyny T_s wyznaczamy, mierząc stoperem czas większej liczby wahań np. 200. Przesuwając ruchomy ciężarek, okres wahań sprężyny dobieramy tak, aby liczenie drgań nie przedstawiało trudności. Następnie wsuwamy do ramki AB płytkę, pokrytą cienką warstwą

¹⁾ Jest to jedna z odmian „maszyn do badania spadku ciał”, zbliżona do maszyny Rabsa (Müller-Pouillet. Lehrbuch d. Physik IV wyd. t. I. str. 117) i pesometru, opisanego przez H. Eberta (Lehrbuch d. Physik t. I. str. 202).

sadzy i starannie obtartą na brzegach dla uniknięcia zabrudzenia ramki. Wprowadziwszy w drgania sprężynę i widelki, opuszczamy płytkę w dół ruchem możliwie jednostajnym. Drgania odbijają się na szybie pod postacią linii falistych (rys. 2), których węzły (punkty zaznaczone przez rysik na szybie w chwili przejścia przez położenie równowagi) znajdujemy następnie, powtarzając doświadczenia przy nieruchomych widelkach i sprężynie. Ponieważ grzbiety linii falowej sprężyny S , drgającej stosunkowo powoli, nieznaczają się dość ostro, więc przy porównaniu okresów widełek strojowych T i sprężyny T_s liczymy okresy sprężyny od węzła do węzła, a nie od grzbietu do grzbietu. Prowadząc przez 2 węzły linii falowej sprężyny proste prostopadłe do linii równowagi, rachujemy zawarte między nimi fale i obliczamy T . Bardziej jednostajny, niż przy prowadzeniu ręką, ruch płytki możemy otrzymać, jeżeli przed puszczeniem jej w ruch na swobodnym końcu nici zawiesimy stosownie dobrany ciężarek i zanurzymy go do cylindra z wodą. Tarcie hydrodynamiczne cieczy sprawia, że ruch bardzo szybko staje się prawie dokładnie jednostajny. Ma to zresztą znaczenie tylko przy ocenie ułamków fal, zaznaczonych przez widelki.

Część II. Badanie swobodnego spadku i wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego.

Pokrywamy płytkę sadzą lekko. Najlepiej można to zrobić, prowadząc ją kilkakrotnie dość szybko nad małym,



Rys. 2.

ledwie kopącym płomykiem lampki naftowej. Następnie, zawiesiwszy płytkę w ramce, pobudzamy do drgań widelki strojowe i przepalamy nitkę, na której płytka wisi. Drgające widelki kreślą na płytce linię falową (fig. 3), której węzły wyznaczamy, jak poprzednio, powtarzając doświadczenie przy nieruchomych widelkach. Węzły zaznaczają się ostrzej, jeżeli amplituda drgań widełek jest duża, dlatego przepalenie nici powinno nastąpić szybko po wprowadzeniu w drganie widełek. Węzły leżą od siebie w odległościach, przebywanych przez ciało spadające w czasie, równym połowie okresu widełek. Licząc zatem odstęp międzywęzłowe na dowolnych odległościach¹⁾, otrzymujemy odpowiadające sobie wartości dróg i czasów.

W jaki sposób możemy zbadać, że spадanie ciał odbywa się ruchem jednostajnie przyspieszonym? Zwykle odpowiadamy na to pytanie tak: należy okazać, że droga przebyta od początku ruchu rośnie proporcjonalnie do kwadratu czasu, t. j., że $s=at^2$. Jednakże ten sposób badania ruchu nie da się w praktyce urzeczywistnić prostymi środkami z wystarczającą dokładnością. Istotnie początek krzywej nie jest na płytce ostro zarysowany. Przypuśćmy więc np., że omyliliśmy się w ułożeniu początku krzywej o 0,5 mm. Na pomiarze drogi s nie odbije się to dotkliwie, jeżeli czas spadku wybierzemy równy 0,1 sek, lub więcej. Pomiar czasu jednak wypadnie z dużym błędem: 0,5 mm. na początku krzywej, odpowiada bowiem mniej więcej jednemu okresowi widełek T ($\cong 0,01$ sek.), ponieważ zaś na płytce zaznacza się nie więcej nad 20 okresów, przeto błąd stąd płynący wyniesie 5% lub więcej. Po prawej stronie równania $s=at^2$ otrzymamy zatem wielkości obciążone błędem 10% lub większym (dla czasów krótszych niż 20 T), to też sprawdzenie zależności pomiędzy drogą a czasem wypadnie naogół bardzo niezadowolniające.

¹⁾ Pomiaru odległości dokonywamy zapomocą linijki z podziałką milimetrową. Linijkę kładziemy na płytce, podkładając np. kawałki cynfolji, żeby nie zetrzeć sadzy. Jeżeli warstwa sadzy jest dostatecznie cienka, pomiar można zrobić dokładnie i wygodnie, kładąc płytkę na papierze milimetrowym i silnie ją oświetlając.

Zauważmy, że omawianego tutaj błędu nie da się w praktyce znacznie zredukować przez powiększenie czasu spadku, wymagałoby to bowiem ogromnego powiększenia długości płytki; np. chcąc błąd w wartości t^2 zmniejszyć do 2%, t. j. pięciokrotnie, trzeba by użyć płytki 25 razy dłuższej, t. j. mającej około 5 m. długości! Można by wprawdzie ominąć tę trudność, znajdując punkt zerowy przez ekstrapolację, ten jednak sposób nie wydaje mi się odpowiednim ze względów pedagogicznych.

Lepiej jest, jak sędzę, rozpoznać rodzaj ruchu inaczej. W ruchu jednostajnie przyspieszonym drogi, przebyte w jednakowych, ale równych odstępach czasu, następujących po sobie, tworzą postęp arytmetyczny.

[Twierdzenie to można udowodnić w paru słowach bez żadnych rachunków: drogi, przebyte w ciągu równych, następujących po sobie, czasów τ , możemy w przypadku ruchu jednostajnie przyspieszonego przedstawić w postaci iloczynów z czasu τ przez prędkość w środku każdego okresu: $V_{\frac{\tau}{2}}, V_{\frac{3\tau}{2}}, V_{\frac{5\tau}{2}}, \dots$; ponieważ prędkości tu wy-

stępujące odnoszą się do chwil, odległych od siebie o ten sam odstęp czasu τ , przeto tworzą one postęp arytmetyczny, jak to wynika z określenia ruchu jednostajnie przyspieszonego; to samo dotyczy oczywiście i szeregu, którego wyrazy są τ razy większe: $\tau V_{\frac{\tau}{2}}, \tau V_{\frac{3\tau}{2}}, \tau V_{\frac{5\tau}{2}}, \dots$, t. j. dróg].

Nie troszcząc się zatem o początek linii falowej, stwierdzamy rodzaj ruchu przy swobodnym spadku, mierząc drogi przebyte w jednakowych czasach i badając utworzony przez nie ciąg rosnący.

Podobnie bez uciekania się do ekstrapolacji możemy wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego g , mierząc dwie drogi s_1 i s_2 , przebyte przez ciało w ciągu czasów t_1 i t_2 (całkowitych wielokrotności okresu widełek). Obie drogi (i czasy) mierzymy od jakiegoś dowolnego, tego samego węzła. Oznaczywszy prędkość początkową przez v_0 , mamy:

$$s_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$s_2 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$$

skąd po wyrugowaniu v_0 wypada:

$$(1). \dots \dots \dots g = 2 \frac{\frac{s_1}{t_1} - \frac{s_2}{t_2}}{t_1 - t_2}$$

Pisząc $t_1 = n_1 T$, $t_2 = n_2 T$, gdzie n_1 i n_2 oznaczają liczbę drgań widełek w ciągu czasów t_1 i t_2 , możemy g przedstawić wzorem:

$$(2) \dots g = \frac{2 \left(\frac{s_1}{n_1} - \frac{s_2}{n_2} \right)}{T^2 (n_1 - n_2)}$$

bardzo wygodnym dla obliczania g z różnych kombinacji liczb n_1 i n_2 .

Dla przykładu przytaczam dane, otrzymane w jednym z pomiarów:

$$100 T_s = 37,53 \text{ sek. (średnia z 3 pomiarów),}$$

$$5 T_s = 175,7 T,$$

$$\text{stad: } T = 0,01068 \text{ sek. } T^2 = 0,0001141;$$

n	s	n	s
	mm.		mm.
1	2,0	10	69,4
2	5,2	11	82,3
3	9,5	12	96,5
4	14,7	13	111,7
5	21,0	14	128,0
6	28,6	15	145,4
7	37,1	16	163,9
8	46,7	17	183,6
9	57,5	18	204,5

Zbadajmy najpierw rodzaj ruchu. W tym celu z powyższej tablicy obliczmy drogi, przebywane przez płytkę co 3 okresy; wynoszą one:

$$9,5, 19,1, 28,9, 39,0, 48,9, 59,1 \text{ mm.}$$

Tworząc różnice pomiędzy następującymi po sobie liczbami, otrzymujemy:

$$9,6, 9,8, 10,1, 9,9, 10,2 \text{ mm.,}$$

a więc wartości w granicach kilku $\frac{\%}{\%}$ stałe.

Obliczając drogi i ich przyrosty co 4 okresy, znajdziemy:

$$\text{drogi: } 14,7, 32,0, 49,8, 67,4 \text{ mm.}$$

$$\text{przyrosty: } 17,3, 17,8, 17,6 \text{ mm.}$$

Stałość przyrostów dróg występuje tu jeszcze wyraźniej. Na przyspieszenie otrzymujemy ze wzoru (2) wartości:

$$g = 976 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2} \quad \text{przy} \quad n_1 = 18, \quad n_2 = 15$$

$$g = 968 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2} \quad \text{przy} \quad n_1 = 18, \quad n_2 = 10$$

Kształt wzoru (2) wskazuje, że — dla możliwie dokładnego wyznaczenia g — należy przy możliwie dużym s_1 wybrać na s_2 wartość ani nie zbyt małą, ani nie zbyt bliską s_1 (oznaczenia dobieramy tak, że $s_2 < s_1$). W pierwszym przypadku bowiem błąd w odjemnej w liczniku jest znaczny, a w drugim — odjemnik bardzo mało różni się od odjemnej, co może spowodować duży błąd w rezultacie mimo małych błędów w pomiarze s_1 i s_2).

Załączone fotografie (2) i (3) dają pojęcie o krzywych kalibrowania i spadku. Krzywe te otrzymano na grubszej warstwie sadzy, niż zalecona powyżej do dokładnych pomiarów, to też kontrasty pomiędzy światłem a cieniem są tu mocniejsze i krzywe lepiej się nadają do reprodukcji fotograficznej.

Praktyka nauczyła mnie, że opisane tu doświadczenia trzeba rozkładać na dwa ćwiczenia (cechowanie widełek, badanie spadku ciał), szczególnie wobec możliwych niepowodzeń jak np. zamazanie krzywej, niezgodność poszczególnych pomiarów okresu sprężyny i t. p. Doświadczenie, stwierdzające jedynie, że swobodny spadek ciał odbywa się ruchem jednostajnie przyspieszonym (bez dokładnego wyznaczenia wartości przyspieszenia) nadaje się dobrze do wykładu i zabiera bardzo mało czasu.

Omówiony wyżej przyrząd wykonał p. Jan Malejko, mechanik Uniwersytetu Stefana Batorego w Wilnie. Środków²⁾ dostarczyła Dyrekcja gimn. S. S. Nazaretanek, za co Jej składam niniejszem serdeczne podziękowanie.

¹⁾ Dokładny rachunek wykazuje, że n_2 powinno być bliskie $(\sqrt{2} - 1) n$, t. j. około 0,41 n .

²⁾ Cena przyrządu wynosi 120 zł. Nowa konstrukcja (na śrubach niwelacyjnych, precyzyjna konstrukcja ramki i t. p.) — 195 zł.

STANISŁAW PLEŚNIEWICZ.

Dydaktyka chemji w obliczu nowoczesnych wymagań życia i wiedzy.

(Wykład wstępny, wygłoszony dnia 19.XI.1926 w Uniwersytecie Warszawskim).

Ogólne powikłanie współczesnego nam życia, przeładowanie czującej i myślącej części ludzkości wrażeniami i wzruszeniami o niebywałem dotąd natężeniu opóźnia w niemałej mierze pochod twórczej zbiorowej woli.

Płynące z nadmiaru wrażeń znużenie zagraża duchowi szkoły. Istnieje obawa, aby szkoła z posłannictwa mistrzyni życia nie spadła do roli jego biernej informatorki. Skądinąd zalew ze strony wzmożonej twórczości na polu naukowym i technicznym grozi szkole zatonięciem w chaotycznym uniwersalizmie, prowadzącym do dyktantyzmu i nieuctwa.

Aby nie przeciążać pamięci młodzieży, szkoła radzi sobie bądź skreślając to lub owo z pewnej gałęzi nauczanej wiedzy, bądź też w całości eliminując ze swego programu tę z pośród nauk, której więzy z obranym kierunkiem wydają się jej najsłabsze. Oczywiście specjalizacja jest w tym przypadku procesem naturalnym i zrozumiałym, powoli jednak nasuwa się nowe niebezpieczeństwo: specjaliści, dążąc w kierunkach rozbieżnych, tracą między sobą łączność; porozumienie staje się coraz trudniejsze.

Budowie nowoczesnej wieży Babel doprawdy groziłoby pomieszczenie języków, gdyby pewnej grupie nauk nie zapewniono stanowiska trwałego w należnym wszystkim ludziom intelekcie wykształceniu.

Zastanówmy się, czy nauczanie chemji powinno odgrywać pewną rolę w wykształceniu ogólnym i jaką mianowicie.

Już na początku ubiegłego wieku uznana za „matkę wszystkich kunsztów“ (Jędrzej Śniadecki) chemja dziś rozciągnęła i mocno dzierży władzę nad całym szeregiem umiejętności, że wymienimy tu higienę, medycynę, rolnictwo, przemysł; objęła ona prawdziwie w posiadanie cały obszar materialnej kultury ludzkości w dobie pokoju. Z drugiej strony chemja stanowi przednią straż w czujnej gotowości wojennej, destrukcyjnej i tu godzi w kulturę, zagraża samemu podstawom cywilizacji. Chemja urosła naraz na przyjaciela ludzkości i na jej wroga! Te dwie przyczyny czyż nie wystarczają, aby uzasadnić społeczną konieczność trwałego stanowiska chemji w ogólnym wykształceniu młodzieży?

Sama rozległość utylitarnego znaczenia chemji obciąża nauczającego wielką odpowiedzialnością i sporym materiałem. Atoli nietylko chemja stosowana, ale — z odkryciem radu — i czysta weszła w okres wyjątkowo twórczy.

Pozwolę sobie przypomnieć Paniom i Panom kilka wydarzeń głównych tej doby:

Odkrycie radu w 1898 roku (M. Skłodowska-Curie i P. Curie).

Stwierdzenie cząstkowej natury promieniowań α i β .

Zidentyfikowanie cząstek β z cząstkami promieni katodowych — elektronami.

Utożsamienie pozbawionych ładunku i ogromnej prędkości cząstek α z atomami helu (Rutherford i Royds 1909).

Odkrycie izotopji pierwiastków promieniotwórczych (Soddy 1903 i później).

Odkrycie izotopji pierwiastków niepromieniotwórczych (Aston 1919 i później).

Stwierdzenie, iż cząstki α przenikają przez wnętrze atomu.

Stwierdzenie, iż wypadkowa ładunku jądra atomowego wynosi tyleż ładunków dodatnich elementarnych, ile zawiera jednostek kolejna liczba pierwiastka w układzie okresowym (Van der Broek 1913).

Rozbicie atomów wodoru, azotu i szeregu innych pierwiastków przy pomocy cząstek α (Rutherford 1914 — 1919).

Synteza helu z wodoru (Paneth 1926).

Dzięki wymienionym odkryciom, chemja nowoczesna zagłębia wzrok w samą istotę materji, dostarcza przeto umysłowi ludzkiemu, chciwemu zagadki bytu, niewysłowionych wzruszeń. Wysubtelniając i uszlachetniając intelekt, współdziała ona rozbudowie ducha ludzkiego, uczestniczy jako czynnik życiodajny w duchowej kulturze ludzkości.

Tych jednak, co oddani są nauczaniu chemji, obciąża znowu odpowiedzialność zadecydowania, czy dwudziestopięcioletni z górą dorobek wiedzy powinien, czy nie, kształtować umysły młodzieży, i—jeżeli ma wywierać na nie pewien wpływ — to w jakiej rozciągłości lub w jakim znaczeniu. Oczywiście, próby, zmierzające do pogłębienia podstaw nauczanej wiedzy, będą z konieczności połączone z ograniczeniem i tak zbyt szczupłego czasu, przeznaczonego na rozpatrzenie olbrzymiego praktycznego dorobku naszej nauki.

Także w stosunku do innych nauk chemja odgrywa doniosłą rolę. Przecie na fundamencie fizyki i chemji budują wszystkie inne nauki przyrodnicze. Ponadto chemja, należycie nauczana, wprowadza do szkoły swoją piękną indukcyjną metodę, a należycie zorganizowana daje wyjątkowo dobre pole dla stosowania—tak pożytecznej w ogólnej zawłości współczesnego życia—naukowej organizacji pracy.

Nadszedł czas, aby samemu nauczaniu skutecznie dopomogła naukowa organizacja pracy. Powtórzy się tu bajka o Mahomecie i gorze w takiej parafrazie: Jeżeli nauczanie nie może nadażyć ani nauce, ani życiu, należy wprowadzić naukę i życie w samo nauczanie.

Jestem przekonany, że w chemji potrafimy wydatnie odciążać pamięć ucznia i zdobyć czas, czyli, obrazowo się wyrażając, złapać oddech w tempie nauczania, nietyle sposobem suchych streszczeń i mechanicznych skreśleń, ile w drodze umiejętnego zorganizowania pracy.

Z pośród ważnych składników nauczania chemji, z których tak piękne pole daje dla naukowej organizacji pracy *gospodarstwo laboratoryjne i technika ćwiczeń i pokazów*, obiorę za treść niniejszego wykładu czynnik pierwszorzędnej wagi: *zorganizowanie kursu około pewnej myśli głównej*.

Należy przyznać, że chemja, a zwłaszcza jej początki, w nauczaniu dzisiejszem wielkim grzeszą fragmentaryzmem. Tymczasem harmonja układu całości, ten potężny czynnik wszelkiego nauczania, może znaleźć dobre rozwiązanie jedynie na drodze jednolitego zorganizowania kursu.

Chemji, więcej może niż innym naukom, zagrażają dysproporcjonalne obciążenia. Dzieje się to przedewszystkiem ze względu na zrozumiałą chęć nauczyciela, aby ważne napotykanne w życiu i technice substancje znalazły w biegu nauczania nietylko miejsce w kursie, ale także należyte wytłumaczenie w sensie pochodzenia, własności i stąd wynikającego wzoru. Tymczasem do najbardziej pospolitych, „najprostszych“ zatem — w powszechnem rozumieniu — substancyj, należą niekiedy te właśnie, których wzór odbiega bardzo daleko od prostoty, że pozwolę sobie zacytować przykład cukru lub krochmalu.

Zrozumiemy dalej ciekawość ucznia w stosunku do substancyj o własnościach w pewnem znaczeniu wybitnych, jak sacharyna, iperyt, czy wreszcie nieunikniona w eksperymentowaniu fenoloftaleina. Pragnienie uniknięcia rozstrzelonych dygresyj, chęć powiązania nowej wiadomości z szeregiem już znanych będą wymagały od nauczyciela wprowadzenia długiego niekiedy łańcucha ogniów pośrednich, powodując w tem miejscu niewspółmierne z innymi działaniami rozszerzenie kursu.

Tem większej przeto wagi nabiera jedność nici przewodniej, znaczącej kierunek w wędrówce po kursie.

Oczywiście nie należy krępować nauczającego w wyborze myśli przewodniej. Pragnąłbym w odpowiednim czasie podać Paniom i Panom kilka koncepcyj w tej mierze, a zachęcić raczej do indywidualnego rozwiązania zagadnienia, niż do naśladowania gotowych wzorów.

Sądzę jednak, że przykład rozwiązania struktury kursu, zaczerpnięty z własnej pracy, żywiej zilustruje istotę rzeczy, aniżeli wzięty z obcej. Dlatego też dziś pozwalam sobie przytoczyć pomysł własny.

Dziedzinę chemji, podobnie jak wielu innych nauk, da się rozbić na dwie części: ogólną i szczegółową. Otóż możemy rozmaicie ująć systematyczny kurs naszej nauki. Możemy np. utartym zwyczajem wplatać zależności i prawa wspólne *wszystkim* rodzajom materji w *szczegółowy* bieg nauczania pierwiastków oraz ich związków, podług uświęconej tradycją kolejności pierwiastków: tlen, wodór, chlor, siarka, azot, fosfor, węgiel, krzem, metale lekkie, metale ciężkie. Możemy wręcz przeciwnie oddzielić część ogólną i w niej rozpatrzyć prawa wspólne wszystkim ciałom, lub przynajmniej wielkiej liczbie (kategorji) ciał.

Za ideę przewodnią w części ogólnej kursu chemji tak pojętej obieramy *nieciągłość materji*. Niech *wzrastające jej rozdrobnienie* zakreśli kierunek doświadczeń i rozważań. Mam tu na myśli następujące uszeregowanie skupień materjalnych:

Cząstka

(wymiary mikroskopowe)

Cząstka koloidalna

(+ obojętna lub —)

Jon gazowy

(+ lub —)

Cząsteczka

jon dodatni jon ujemny

atom

proton elektron

Chcąc rozpocząć od rzeczy bliższych i bardziej znanych i po-
dążać ku głębszym i nieznanym, obieramy jakąś mieszaninę, dajmy
na to wodę morską; metodą ćwiczeń przeprowadzamy jej mechaniczną
i fizyko-chemiczną analizę, a to w celu wyodrębnienia głównego jej
składnika w stanie czystym. Klasyfikujemy mieszaniny. Rozpatru-
jemy przykłady mieszanin gruboziarnistych, koloidalnych i roztworów;
te ostatnie szczegółowo opracowujemy metodą ćwiczeń.

Poświęcamy pewien czas ciałom stałym, ciekłym i gazowym,
potem tej samej substancji (np. wodzie) w rozmaitym stanie skupie-
nia. Rozpatrujemy zjawiska towarzyszące mieszanii ciał czystych.
Dział o ciałach czystych, jako o składnikach mieszanin, zakończamy
uzasadnieniem pożytku, jaki dla interpretacji zjawisk płynie z teorii
cząsteczkowej.

Wkraczamy w dziedzinę chemii. Doświadczalnie dochodzimy
ilościowych praw reakcji chemicznej. Klasyfikujemy ciała — podług
ich pochodzenia z tej lub owej reakcji — na ciała złożone i proste.
Wprowadzamy pojęcie pierwiastka. Dla wytłumaczenia praw rzą-
dzących reakcją, zakładamy istnienie atomów. Ze zjawisk przewod-
nictwa roztworów i elektrolizy wyprowadzamy teorię jonową. Po-
sługujemy się nią do wytłumaczenia wymiennych reakcji pomiędzy
elektrolitami. Klasyfikujemy elektrolity na kwasy, zasady i sole.
Reakcją zobojętnienia w doświadczalnym opracowaniu kończymy dział
o jonach.

Umiar powstrzymuje nas od poruszania w tem miejscu sprawy
skupień subatomowych.

Pragnąc zachować jedność myśli przewodniej, albo — zapo-
życzmy porównania z dziedziny teatru — zachować jedność akcji,
odbiegliśmy od utartej drogi. W wyborze materiału kierowaliśmy
się względami możliwej prostoty; oczywiście w doświadczeniach
korzystaliśmy z tlenu, wodoru i innych podobnie obfitych, rozpo-
wszechnionych i znanych pierwiastków, ale traktowaliśmy wszystkie bra-
ne do doświadczeń ciała proste oraz złożone jedynie według cechy,
przydatnej do jak najjaśniejszego demonstrowania prawa *wspólnego*
wszystkim ciałom, lub przynajmniej wielkiej ich liczbie, kategorii.
Dążyliśmy do tego, aby uczniowie nie asocjowali zjawiska katalizy wy-
łącznie z chemią tlenu, albo elektrolizy — z chemią chlorowodoru.
Zademonstrowaliśmy naprzykład katalityczne działanie wody na reakcję
magnezu i jodu, zanotowaliśmy sobie wszakże, iż później, przecho-
dząc tlen, wyraźnie podkreślimy działanie dwutlenku manganu na roz-
kład chloranu potasu, jako katalityczne. Podobnie postąpimy i w licz-
nych innych wypadkach.

Przerobiliśmy część chemii *ogólną*, kończąc ją rozdziałem o reak-
cji zobojętnienia.

W części *szczegółowej* skorzystamy w całej pełni z dydaktycz-
nych dobrodziejstw, jakie daje piękna klasyfikacja pierwiastków, zwią-
zana z imieniem Mendelejewa (1869), dziś naogół zachowana w poda-
nej przez twórcę formie, jakkolwiek wzbogacona w nową, głębszą treść.

Rozpatrzmy podstawy tego układu.

Ten sam pierwiastek, mówi Mendelejew, naprzykład tlen, posiada w ciele
prostem: O_2 i złożonem, dajmy na to HgO , własności wręcz niemożliwe
do porównania. Jedynie trwałą cechą pierwiastka w kombinacjach jedno-
rodnych atomów, czyli ciałach prostych, oraz różnorodnych (ciałach zło-
żonych) jest jego ciężar atomowy. Ta oderwana liczba oznacza stosunek
ciężaru atomu danego pierwiastka do ciężaru atomu wodoru. Za czasów
Mendelejewa liczba ta posiadała znaczenie *stałej* (chodziło tylko o jej ścisłe
określenie), dziś uważamy ją za *wypadkową* ciężarów kilku odmian ato-
mów, których jednak stosunek liczbowy w mieszaninie został w biegu
historji ziemi *znakomicie utrwalaony*. Jeżeli chodzi o reakcję che-
miczną i o chemję elementarną, możemy i dziś bez obawy uważać
ciężar atomowy za cechę stałą, a w każdym razie za cechę najbar-
dziej stałą ze wszystkich cech pierwiastka.

Nie dziwnego, że w usiłowaniu wprowadzenia *naturalnej* klasy-
fikacji pierwiastków Mendelejew ciężarowi atomowemu oddał rolę
przewodnią.

Naturalna klasyfikacja, w odróżnieniu od sztucznej, dąży do
uwzględnienia nie jednej tylko, lecz wszystkich cech klasyfikowanych
przedmiotów.

Badanie fizycznych i chemicznych cech pierwiastków — w odnie-
sieniu do ciężaru atomowego — każe je ułożyć w ciąg, szereg.

Wśród tak ułożonych pierwiastków napotykamy co pewien ściśle
określony odstęp pierwiastki zewszecmiar do siebie podobne, stąd
to (a nie tylko z chęci zaoszczędzenia miejsca) płynie potrzeba rozbicia
szeregu na odcinki. Umieszczamy pierwiastki podobne pod podobnemi, róż-
ne możliwie daleko od siebie. Odcinki nazywamy okresami ze względu
na perjodyczne powtarzanie się podobieństwa. Taka jest geneza układu
Mendelejewa.

Przyroda chce, że nie wszystkie okresy obejmują jednakową
liczbę pierwiastków. Wielkie np. podobieństwo rubidu do potasu lub
bromu do chloru zmusza do rozciągnięcia czwartego okresu na 18, za-
miast na 8 pierwiastków.

Podkreślić tu należy, że układ okresowy w historii chemii jest wybitnym tworem myśli indukcyjnej. W postaci, podanej przez Mendelejewa i, co ważne, uzupełnionej naogół zgodnie z jego przewidywaniami, nadaje on formę faktom, nie zaś przypuszczeniom, nie mieści w sobie żadnej hipotezy.

Na układzie okresowym opieramy się, jako na podstawie nauczania. Układając plan nauczania nie potrzebujemy podawać układu na wstępie chemii szczegółowej, jak nie mieliśmy potrzeby podawania tablicy skupień materialnych na wstępie chemii ogólnej. Rozumiemy, że podany na początku nauczania układ byłby dla ucznia męczącym spiętrzeniem symboli i cyfr, niczem więcej.

Obieramy zatem układ okresowy, jako myśl przewodnią nauczania, nie wypowiadając tej myśli. (Tabl. 1).

Gdzie jest początek układu? I jaką ma być kolejność w rozpatrywaniu owych mniej więcej 34 pierwiastków z ogólnej liczby 92 gatunków materji?

Wodór jako pierwiastek najlżejszy sam przez się wysuwa się na stanowisko naczelne. Wodorowi, jako ciału wybitnie czynnemu, przeciwstawiamy gazy chemicznie nieczynne: hel, neon, argon (nie mówimy o kryptonie, ksenonie i radonie).

Ujmujemy razem grupę chlorowców i przeciwstawiamy potasowcom; podkreślamy wysoką energję, wytwarzającą się podczas połączenia pierwiastków przeciwstawianych sobie grup.

Uwydatniamy przeciwny ładunek jonu chlorowca i potasowca.

To samo powtarzamy z grupami tlenu i siarki z jednej, magnezu i wapniowców z drugiej strony.

Azot i fosfor przeciwstawiamy borowi i glinowi.

Droga ta wydaje się naturalną ze względu na korzyść, jaką nasuwa w nauczaniu kolejność malejących kontrastów i zwiększająca się ze wzrostem wartościowości względem wodoru (1, 2, 3) komplikacja wzorów. Rozpatrzone dotąd pierwiastki objęte są w tablicy 2.

Środek i dół układu przedstawiają stosunki zawilsze.

Czy chemja węgla czy krzemu, czy chemja metali ciężkich — oba działy przedstawiają niemałe trudności dydaktyczne.

Ze względu na przejściowe stanowisko ostatniego rozpatrywanego pierwiastka: glinu — pomiędzy metalami lekkimi a ciężkimi — oraz wobec dydaktycznej konieczności skreślenia skandu i cięższych pierwiastków tejże grupy, oraz tytanu i wanadu, chrom wydaje się wskazany, jako pierwiastek następujący po glinie.

Dalszym biegiem kursu kieruje intencja umieszczenia po sobie pierwiastków najbardziej do siebie podobnych; ułatwienie tu stanowi pewna osobliwa cecha metali ciężkich.

TABLICA 1.
Okresowy układ pierwiastków.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1							1 H 1,008	2 He 4,00
2	3 Li 6,94	4 Be 9,02	5 B 10,82	6 C 12,00	7 N 14,008	8 O 16,000	9 F 19,00	10 Ne 20,02
3	11 Na 23,997	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,06	15 P 31,027	16 S 32,064	17 Cl 35,457	18 Ar 39,91
4	19 K 39,096	20 Ca 40,07	21 Sc 45,10	22 Ti 48,1	23 V 50,96	24 Cr 52,01	25 Mn 54,93	26 Fe 27 Co 28 Ni 55,84 58,94 58,69
5	37 Rb 85,44	38 Sr 87,63	39 Y 88,9	40 Zr 90,6	41 Nb 93,1	42 Mo 96,0	43	36 Kr 82,9
	47 Ag 107,880	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,70	51 Sb 121,77	52 Te 127,5	53 J 126,932	44 Ru 45 Rh 46 Pd 101,7 102,91 106,7
6	55 Cs 132,81	56 Ba 137,37	57—72 metale rzadkie			74 W 184,0	75	54 X 130,2
	79 Au 197,2	80 Hg 200,64	81 Tl 204,39	82 Pb 207,20	83 Bi 209,00	84 Po (210)	85?	76 Os 77 Ir 78 Pt 190,8 193,1 195,23
7	87?	88 Ra 226,95	89 Ac (227)	90 Th 232,15	91 Pa (230)	92 U 238,17		86 Rn (222)

TABLICA 2.
Metale lekkie, metaloidy, niemetale.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1							¹ H 1,008	² He 4,00
2	³ Li 6,94	⁴ Be 9,02	⁵ B 10,82		⁷ N 14,008	⁸ O 16,000	⁹ F 19,00	¹⁰ Ne 20,02
3	¹¹ Na 22,997	¹² Mg 24,32	¹³ Al 26,97		¹⁵ P 31,027	¹⁶ S 32,064	¹⁷ Cl 35,457	¹⁸ Ar 39,91
4	¹⁹ K 39,096	²⁰ Ca 40,07	²¹ Sc 45,10					
5	³⁷ Rb 85,44	³⁸ Sr 87,63	³⁹ Y 88,9		³³ As 74,96	³⁴ Se 79,2	⁵⁴ Br 79,916	⁸⁶ Kr 82,9
6	⁵⁵ Cs 132,81	⁵⁶ Ba 137,37			⁵¹ Sb 121,77	⁵² Te 127,5	⁵³ I 126,932	⁵⁴ Xe 130,2
7					⁸³ Bi 208,00			

Podobieństwo metali ciężkich, położonych obok siebie w układzie, zatem pierwiastków o bliskim ciężarze atomowym, zaznacza się wyraźniej, aniżeli podobieństwo w kierunku pionowym.

Od chromu (o molibdenie i wolframie tylko wzmianka) przechodzimy do manganu i żelaza, od żelaza przez grupę pokrewnych mu metali do platyny oraz dwóch innych metali szlachetnych: złota i srebra, dalej do miedzi, cynku, kadmu, rtęci, wreszcie do ołowiu, który stoi na rozdrożu z jednej strony (przez cynę, german) do centralnych pierwiastków układu: krzemu i węgla, z drugiej zaś strony do pierwiastków najcięższych, promieniotwórczych (patrz tabl. 3 i 4).

Obrany plan nauczania ma pewne zalety praktyczne.

Konsekwentnie przeprowadzona myśl przewodnia: posuwanie się od rzeczy prostszej ku bardziej złożonej łączy się tu z możliwością wyzyskania analizy, jako *praktycznego* wyniku eksperymentalnego opracowania poszczególnych działów, np. chlorowców — potasowców i t. d.; uwalnia od dwustopniowego traktowania węgla i t. p.

Ułożenie planu nauczania, a w szczególności obranie kierunku wędrówki po układzie periodycznym stanowi dla nauczającego sprawę *natury dydaktycznej*; sprawę stopniowania i kolejnego pokonywania trudności — sprawę uchronienia uwagi — w granicach możliwości oczywiście — od rozstrzelenia na szereg zagadnień nie skoordynowanych, zatem zaoszczędzenia pamięci uczniów i lepszego wyzyskania czasu.

Rzecz godna uwagi: gmach nauczanej chemii, którego części budowane są — w czasie nauczania — w podanym wyżej porządku, podpira jednocześnie kolejne etapy wznoszonych coraz wyżej *teoretycznych rusztowań* nowoczesnej chemii.

Mam tu np. na myśli sprawę zasadniczą w chemii teoretycznej, a mianowicie zagadnienie *wartościowości atomów*.

Pozwolę sobie przypomnieć Państwu eksperymentalne podstawy nowoczesnej teorii budowy atomów, nie wchodząc, oczywiście, w szczegóły doświadczeń i rozumowań.

Badania, przeprowadzone wkrótce po odkryciu radu nad istotą promieniowań α i β , mianowicie selekcja i uginanie promieniowań α i β przy pomocy pola elektrycznego i magnetycznego dowiodły, iż są to strumienie cząstek

	α	β
o masie względnej w stosunku do atomu wodoru	4	$\frac{1}{1830}$
o ładunku względnym w stosunku do ładunku jonu wodoru	2	—1
o prędkości względnej w stosunku do szybkości światła	0,04—0,06	0,3—0,9

TABLICA 3.
Metale ciężkie.

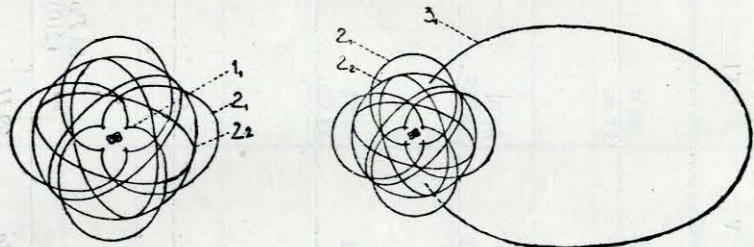
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1								
2								
3								
4	29 Cu 63,57	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	22 Ti 48,1	23 V 50,96	24 Cr 52,01	25 Mn 54,93	26 Fe 27 Co 28 Ni 55,84 58,94 58,69
5	47 Ag 107,880	48 Cd 112,4	49 In 114,8	40 Zr 90,6	41 Nb 93,1	42 Mo 96,0	43	44 Ru 45 Rh 46 Pd 101,7 102,91 106,7
6	79 Au 197,2	80 Hg 200,64	Grupa 16 metali rzadkich		73 Ta 181,5	74 W 184,0	75	76 Os 77 Ir 78 Pt 190,8 193,1 195,23
7			81 Tl 204,39	82 Pb 207,20				

TABLICA 4.
Węgiel i krzem. Pierwiastki promieniotwórcze.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1				6 C 12,00				
2				14 Si 28,06				
3								
4								
5								
6								
7	87 ?	88 Ra 226,96	89 Ac (227)	90 Th 232,15	91 Pa (230)	92 U 238,17	85 ?	86 Rn (222)

Cząstki te uznano za składniki promieniotwórczego atomu.

Cząstka α , tracąc ładunek elektryczny i nabytą podczas rozpadu macierzystego atomu szybkość, przekształca się w atom helu. Strumień cząstek α może przenikać przez blaszkę metalową odpowiedniej grubości. Oparte na eksperymencie obliczenia dowodzą, że w badanych warunkach cząstka α ma na swej drodze, skromnie licząc, miliony atomów metalu, których nie potrafi ominąć. Stąd wniosek, że atom metalu nie jest litą bryłą, lecz wysoce rozprzeczłym układem cząstek. Zastosowanie teorii prawdopodobieństwa do badania odchylen toru cząstek α , podczas ich przechodzenia przez metale i gazy, doprowadza do wniosku, że atom wszelkiego pierwiastka składa się z dodatnio naładowanego jądra i oddalonych od niego na odległość — względem rozmiarów jądra — ogromną — elektronów.



Rys. 1. Model atomów neonu i sodu¹⁾ (Bohr).

Przypadek, coprawda niezmiernie rzadki, centralnego spotkania cząstki α z jądrem atomu może spowodować rozbięcie jądra atomowego. W ten sposób z azotu otrzymuje Rutherford cząstki H^+ identyczne co do masy i ładunku z jądrem atomu wodoru, czyli protonem. Jest to zatem pierwszy sztuczny rozkład pierwiastka. Świeżo Paneth, przepuszczając poddany ciśnieniu wodór nad aktywowaną powierzchnią palladu, otrzymał z wodoru hel. Byłaby to pierwsza „synteza” pierwiastka. Ponieważ dalej cząstka α czyli He^{++} jest to składnik jądra atomów promieniotwórczych, a zestawienie izotopów pierwiastków zwyczajnych wskazuje na liczbę 4 ($He = 4$) jako na różnicę trwale powtarzającą się pomiędzy ciężarami parzystych lub nieparzystych pierwiastków, przeto składnik helu *proton* urasta do roli składnika wszelkich atomów.

Skądinąd otrzymywanie elektronów, jako promieni katodowych, niezależnie od natury metalu katody, dawno już wskazywało na *elektron*, jako na składnik wtóry wszelkich atomów.

Na tym *dorobku* chemicznym, *doświadczalnie sprawdzonym*, a także na *pewnych* w tem samym znaczeniu *prawach* Coulomba

¹⁾ Jądro oznaczone kropką jedynie. Zawiera ono w atomie sodu 23 protony i 12 elektronów — zgodnie z kolejną liczbą pierwiastka oraz liczbą elektronów zewnętrznych = 11.

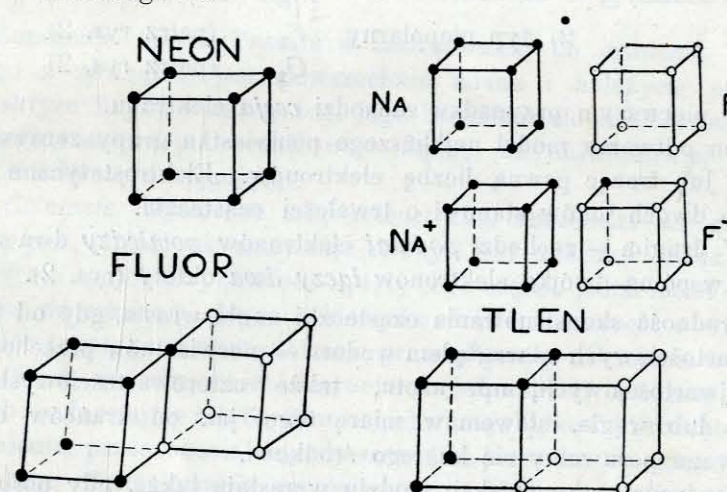
i elektromagnetycznych, nowoczesna myśl naukowa buduje, jako *hipotezę*, model atomowy.

Atom, jako układ elektrycznie zrównoważony, powinien zawierać tyleż protonów, ile elektronów. Jon dodatni, jedno, dwu, trójwartościowy, powstaje z utraty jednego, dwóch, trzech elektronów z powierzchniowej warstwy atomu, jon ujemny — z nabycia elektronów obcych.

Dynamiczny model atomu Rutherforda-Bohra przedstawia obraz torów, po których krążą oddzielne elektrony dokoła jądra (patrz rys. 1).

Statyczny model Lewisa-Langmuira zakłada w pewnej mierze sztywne rozmieszczenie elektronów dokoła jądra atomu (patrz neon rys. 2).

Dynamiczny model popierają fizycy, statyczny — głównie chemicy i mineralogowie.



Rys. 2. Model elektronowej powłoki atomu neonu, atomów i jonów sodu i fluoru oraz cząsteczek fluoru i tlenu¹⁾ (Lewis - Langmuir).

Nie wchodząc w krytykę obu modeli z punktu widzenia: 1) praw Coulomba, 2) praw elektromagnetycznych, 3) użyteczności obu modeli do wytłumaczenia atrakcji atomowej i do konstrukcji modelu cząsteczki, podkreślę ich wspólne strony, właśnie wynikłe z potrzeby dostosowania obu modeli do faktu okresowych zmian wartościowości w ciągu pierwiastków.

W obu interpretacjach największe cechy symetrii nastroczają modele gazów grupy zerowej: szlachetnych, zdając w ten sposób sprawę ze stanu równowagi atomu, zatem chemicznej nieczynności, tych gazów.

¹⁾ Rysunek przedstawia jedynie powierzchniowe elektrony. Kropkami i kółkami wyobrażono teoretycznie identyczne elektrony dla zaznaczenia do którego należą z dwóch atomów.

Pierwszy model uskutecznia to w drodze symetrycznego ułożenia torów, drugi w drodze nadania zewnętrznej powłocy elektronowej postaci sześcienu, w którego ośmiu narożach umieszczone są elektrony: oktet elektronowy.

W pierwszym modelu eliptyczne tory elektronów wartościowości najdalej się wychylają od jądra atomu, położonego w ognisku tych torów, w drugim — elektrony wartościowości leżą na zewnątrz oktetu, charakteryzującego najbliższy lżejszy pierwiastek grupy zerowej.

Rozpatrzmy z punktu widzenia drugiego, statycznego, modelu parę typów połączeń chemicznych:

Przykłady: 1) typ polarny NaF (patrz rys. 2)
 MgO
 2) typ niepolarny F_2 (patrz rys. 2)
 O_2 (patrz rys. 2)

W pierwszym przypadku zachodzi *cesja* elektronu.

Jon odtwarza model najbliższego pierwiastka grupy zerowej, dobierając lub tracąc pewną liczbę elektronów. Elektrostatyczne przyciąganie dwóch jonów stanowi o trwałości cząsteczki.

W drugim — zachodzi *podział* elektronów *między* dwa atomy tak, iż wspólna dwójka elektronów *łączy* dwa oktety (rys. 2).

Trudność skonstruowania cząsteczki nagle wrasta, gdy od jedno- i dwuwartościowych — względem wodoru — pierwiastków przechodzimy do trójwartościowych, np. azotu, także czterowartościowych, np. krzemu lub węgla, słowem w miarę tego, jak od krańców układu okresowego posuwamy się ku jego środkowi.

Trudności w konstrukcji modelu wzrastają także, gdy posuwamy się od górnej ku dolnej części układu, zatem gdy rozważamy atomy coraz cięższe.

Krótko mówiąc, wzrost trudności dydaktycznych, gdy wędrujemy po układzie okresowym w obranym tu kierunku, idzie równolegle ze wzrostem trudności teoretycznych, gdy chcemy interpretować wartościowość atomu ułożeniem elektronów jego zewnętrznej elektronowej powłoki.

Myśl przewodnia, zastosowana w nauczaniu chemii szczegółowej, a to: *jedność materji*, także kierunek obrany w rozwijaniu kursu: od pierwiastków lżejszych ku cięższym i od pierwiastków — względem wodoru — jednowartościowych ku dwu-trój-i czterowartościowym, dają tło dobrze harmonizujące z barwami nowoczesnej chemii teoretycznej.

Dydaktyka, jako *forma nauki* harmonizuje tu z nauką samą, jako *formą prawdy*.

Dr. GUSTAW DOBORZYŃSKI.

Prawo Pascala w cieczech i gazach.

Znaczenie prawa Pascala w zastosowaniu do ciśnienia, pochodzącego z zewnątrz, jest powszechnie znane i należyte oceniane w dydaktyce fizyki. Pomimo tego jego brzmienie słowne nie jest ustalone w literaturze podręcznikowej. Sądzę, że najwłaściwiej byłoby nadać mu formę następującą:

„Ciśnienie, wywołane siłą zewnętrzną, rozchodzi się po całej masie płynu, działa we wszystkie strony i jest wszędzie jednakowe.”

W ten sposób uwydatnione są trzy jego części: jedna mówi o przenoszeniu się ciśnienia, druga o kierunku działania, trzecia o wartości. Najczęściej spotykane sformułowanie prawa Pascala: „Ciśnienie w cieczy rozchodzi się we wszystkich kierunkach jednakowo” (w innych odmianach: jednostajnie lub równomiernie) ujmuje tylko fakt rozchodzenia się ciśnienia, przenoszenia się, nie mówiąc o kierunku działania i wartości. Inne sformułowania wprowadzają w błąd czytelnika, nie różniąc ciśnienia i parcia.

W chwili obecnej można, zdaje się, uważać za ustalone, że siłę, wywieraną przez jakieś ciało stałe, ciekłe lub gazowe na całą powierzchnię braną na uwagę, nazywamy „parciem”, o ile jest skierowana do niej prostopadle; natomiast taką samą siłę, wywieraną na jednostkę tej powierzchni, zwiemy „ciśnieniem”. Terminy te spotykamy dotychczas w niewielu podręcznikach fizyki dla szkół średnich. Używa ich w tem znaczeniu prof. Zakrzewski w „Zarysie fizyki” i prof. Kalinowski w „Fizyce”. Inni autorzy nazywają parcie „naciskiem”, lub tylko „siłą”, nie wyodrębniając jej z pośród sił innych. Nie będę, jak sądzę, odosobnionym wśród uczących fizyki, skoro wypowiem się stanowczo za utrzymaniem „parcia”. Oznaczając parcie przez F (force), powierzchnię, na którą działa, przez S (surface), ciśnienie przez p (pression), otrzymamy łatwy wzór, określający ciśnienie:

$$p = \frac{F}{S} \quad 1)$$

Ustalenie tej terminologii wyruguje z podręczników fizyki taką np. niedorzeczność: „Ciśnienia są w stosunku prostym do powierzchni“ (Sporzyński).

Z prawa Pascala wynika bardzo ważny wniosek.

„Parcia na jakiegokolwiek dwie powierzchnie w płynach są do nich proporcjonalne“.

Wyprowadzenie tego wniosku jest matematycznie bardzo proste. Prócz prawa Pascala należy wziąć do pomocy tylko powyżej przytoczone określenie ciśnienia (1). Niech rozpatrywane powierzchnie będą S_1 i S_2 , parcia na nie wywierane F_1 i F_2 , ciśnienie, panujące w cieczy, p . Wówczas na mocy określenia ciśnienia (1) mamy:

$$F_1 = p S_1 \quad \text{ i } \quad F_2 = p S_2$$

Dzieląc te równości przez siebie, otrzymujemy:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} \quad 2)$$

Wniosek ten jest niewątpliwie bardzo ważny w nauce o cieczach. Prawo Pascala w swej czystej formie ma niewiele zastosowań w hydromechanice. Najważniejszym z nich jest prasa hydrauliczna. Tu jednak znajduje zastosowanie ten właśnie wniosek. F_1 w prasie hydraulicznej jest siłą zewnętrzną wywieraną na mały tłok o przekroju S_1 ; F_2 jest parciem wywieraniem przez tłok większy o przekroju S_2 na ściskany przedmiot.

Sądzę, że wprowadzanie dźwigni przy opisie prasy hydraulicznej, jako przyrządu pomocniczego, spotykane w podręcznikach, tylko zaciemnia istotę działania tłoków i jest wobec tego zupełnie zbędne. Jest to zresztą szczegół, zależny od rodzaju modelu prasy, w wielkich maszynach zastępowany bywa innymi przyrządami pomocniczymi, śmiało więc może być pominięty. Natomiast pompa ssąco-tłocząca, która służy do wielokrotnego wywierania parcia, jako integralna część przyrządu, musi być oczywiście wyjaśniona już przy opisie prasy w ogólnych zarysach; ale trzeba przy nauczaniu podkreślić, że jest to pomocnicza część przyrządu, zasadniczymi zaś częściami są dwa tłoki przesuwane w dwu cylindrach, połączonych przewodem i wypełnionych cieczą.

Ważność wniosku (2), tak nadającego się do rozwiązywania różnych zagadnień, dotyczących prasy hydraulicznej, podręczniki fizyki naogół dość trafnie oceniają. Często jednak jest on niepotrzebnie włączany do brzmienia samego prawa, przez co staje się niepomiernie długie i zawiłe (Sianożęcki).

Na tem kończy się zastosowanie prawa Pascala w czystej formie do nauki o cieczach. Inaczej rzecz się ma z nauką o gazach. Uczący fizyki powinni podnieść znaczenie tego prawa dla badań nad prężnością gazów. W podręcznikach nie jest zazwyczaj dostatecznie

uwydatnione, że w gazach stosuje się to prawo nie tylko do ciśnienia zewnętrznego, ale także do ciśnienia wewnętrznego gazów, czyli prężności. Żadne pomiary prężności nie byłyby możliwe, gdyby prawo Pascala nie stosowało się do niej. Prawa Mariotte'a, Charles'a, Clapeyrona, Van der-Waalsa, Daltona nie są do pomyslenia bez prawa Pascala w zastosowaniu do prężności gazów. Podręczniki najczęściej wcale nie wspominają o zastosowaniu prawa tego do prężności, uważając widocznie tę sprawę za oczywistą. Później przy wielu rozważaniach, ba, prawie przy wszystkich, stosują prawo o stałej prężności w gazach bez uzasadnienia, że jest ono tylko odmianą prawa Pascala. Przykład, podawany zwykle jako ilustracja prawa Pascala w gazach, mający za przedmiot kulę, zaopatrzoną rurkami manometrycznymi w różnych miejscach i napełnioną gazem, na który zapo mocą tłoka, poruszającego się w rurze, wywierane jest ciśnienie zewnętrzne — nie dotyczy się prężności. Chcąc stwierdzić stosowanie się prawa Pascala do prężności, należałoby doświadczenie to zmienić: gaz wytwarzany w specjalnym przyrządzie powinien napływać przewodem do owej kuli, a nie być wtłaczany siłą zewnętrzną.

Wracając do cieczy, podnieść należy, że w hydromechanice o wiele większe zastosowanie dydaktyczne od ciśnienia zewnętrznego ma ciśnienie, pochodzące od własnego ciężaru cieczy. Proponuję dla tego ciśnienia nazwę „ciśnienia grawitacyjnego“. W gazach ciśnienie to jest brane na uwagę tylko w jednej formie — ciśnienia atmosferycznego. W małych ilościach, jak to bywa w zbiornikach, gaz posiada tak mały ciężar, że jego ciśnienie grawitacyjne jest znikomo małe. Ale za to ten jedyny rodzaj ciśnienia grawitacyjnego w gazach gra, jak wiemy, olbrzymią rolę w fizyce.

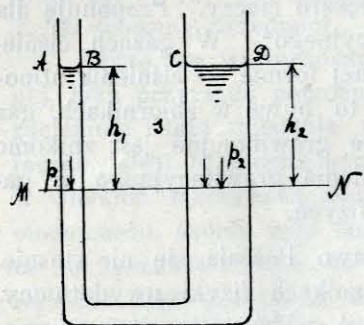
Otóż do ciśnień grawitacyjnych prawo Pascala się nie stosuje. Szkoda, że fakt ten nie jest w podręcznikach fizyki uwydatniony. Zazwyczaj czytelnik ma się tego domyslać, widząc, że ciśnienie grawitacyjne jest zależne od głębokości. Oczywiście wówczas nie może być wszędzie jednakowe, jak tego wymaga prawo Pascala. Wobec jednak braku ograniczenia stosowalności prawa Pascala, wobec tego, że w gazach stosujemy je bez zastrzeżeń do prężności, uczeń często nie może się wywikłać ze sprzeczności: z jednej strony kazano mu wierzyć w nieograniczoną stosowalność prawa Pascala, z drugiej strony stwierdzono, że ciśnienie grawitacyjne w cieczach zależne jest od głębokości, a więc zmienne; przytem nie wie dobrze, czy zaliczyć ciśnienie grawitacyjne do zewnętrznych, czy też do wewnętrznych; w niektórych podręcznikach nadto niema zastrzeżenia, że prawo Pascala stosuje się w cieczach tylko do ciśnień zewnętrznych.

Do ciśnień grawitacyjnych stosuje się natomiast pewne prawo, któremu nadać można brzmienie następujące:

„W jednym i tym samym poziomie jednolitej cieczy zarówno w jednym naczyniu, jak w naczyniach połączonych, ciśnienie grawitacyjne jest jednakowe i działa we wszystkie strony”.

W żadnym niemal podręczniku prawo to nie jest należycie sformułowane, a niewątpliwie w żadnym nie jest wyodrębnione i podkreślone. Tymczasem przez swe zastosowania ważniejsze jest od samego prawa Pascala. Można mu nadać nazwę „Zmienionego prawa Pascala” albo „Prawa jednakowego poziomu”. Zastosowania tego prawa są wielostronne. Stosuje się je przy argumentacji bez wyodrębnienia i jasnego sformułowania w prawo. Należy z tem przemilczaniem zerwać i należycie uwypatnić tak ogólną zasadę; wszak nauka ma na celu uogólnienie. Wszędzie, gdzie go stosujemy w charakterze argumentu, trzeba podkreślać: „na podstawie zmienionego prawa Pascala” lub „na podstawie prawa jednakowego poziomu”. Będzie to miało, jak sądzę, pewne dydaktyczne znaczenie.

Nie chcąc być gołosłownym, pragnę wymienić i skonstatować krótko niektóre zastosowania prawa jednakowego poziomu. Oto lista tych zastosowań: 1° naczynia połączone z jedną cieczą, 2° naczynia połączone



Rys. 1.

z dwiema cieczami, lub więcej, 3° do świadczenie Torricelli'ego i barometry rtęciowe, 4° zamiana wysokości słupów cieczy, 5° manometry otwarte, 6° sprawdzanie prawa Boyle'a, 7° wakuometry, 8° lewar zgięty, 9° poprawka barometryczna ze względu na rozszerzalność rtęci, 10° metoda Dulong'a i Petit'a wyznaczania współczynnika rozszerzalności cieczy, 11° pomiar temperatury zapomocą termometru gazowego, 12° rozwiązywanie wielu bar-

dzo zadań z dziedziny nauki o cieczach i gazach. Postaram się kolejno każde z tych zastosowań omówić i wyjaśnić.

I. Naczynia połączone z jedną cieczą podlegają, jak wiadomo, prawu tej treści:

„Poziom swobodnej powierzchni cieczy jest we wszystkich naczyniach połączonych, napełnionych tą samą cieczą, jednakowy”.

Zmienione prawo Pascala, zastosowane do jakiegokolwiek poziomu MN, daje:

$$p_2 = p_1 \quad 3)$$

Na mocy prawa, że ciśnienie grawitacyjne w cieczach równe jest głębokości danego miejsca przez ciężar właściwy cieczy, mamy:

$$p_2 = h_2 s \text{ i } p_1 = h_1 s$$

W zestawieniu ze wzorem (3) równości powyższe dają:

$$h_2 = h_1 \quad 4)$$

Jeżeli MN jest płaszczyzną poziomą, muszą wobec tego i powierzchnie AB oraz CD leżeć na jednym poziomie.

II. Naczynia połączone, zapełnione różnymi cieczami, podlegają prawu treści odmiennej:

„Wysokości równoważnych słupów dwóch różnych cieczy w naczyniach połączonych mierzone od poziomu, rozgraniczającego te dwie ciecze, są odwrotnie proporcjonalne do ciężarów właściwych tych cieczy”.

Stosując znów w poziomie MN, który tutaj jest wskazany, jako powierzchnia zetknięcia obydwu cieczy, prawo jednakowego poziomu, otrzymujemy:

$$p_2 = p_1 \quad 3)$$

Jak widać z rysunku, zakładamy, że cięższa ciecz, o ciężarze właściwym s_2 zapełnia całą dolną część obu naczyń oraz w prawym sięga ponad MN do wysokości h_2 ; natomiast w lewym nalana jest na ciecz cięższą — lżejsza, o ciężarze właściwym s_1 , i sięga wysokości h_1 .

Stosując prawo, że ciśnienia grawitacyjne w cieczach równe są iloczynowi głębokości danego miejsca (wysokości prostopadłego słupa cieczy, spoczywającego nad danym miejscem) przez ciężar właściwy cieczy, znajdujemy:

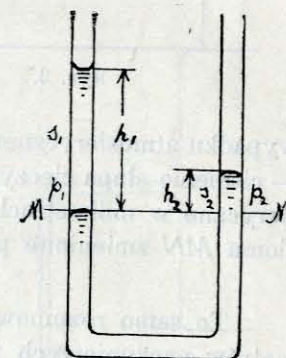
$$p_1 = h_1 s_1 \text{ i } p_2 = h_2 s_2$$

Stąd, oraz z równania (3), wynika równość:

$$h_1 s_1 = h_2 s_2$$

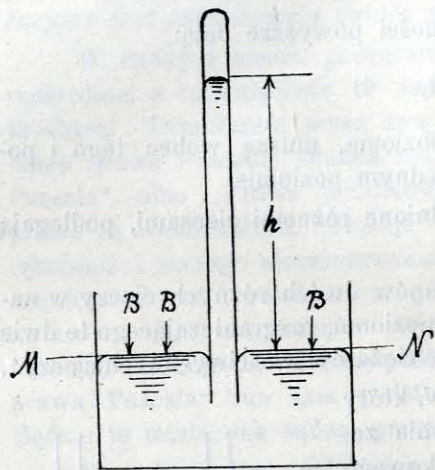
Po podzieleniu obydwu jej stron przez $h_2 s_1$ otrzymujemy:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{s_2}{s_1} \quad 5)$$



Rys. 2.

III. Doświadczenie Torricelli'ego można ująć jako zastosowanie naczyń połączonych o dwu różnych płynach: jedno z nich jest to naczynie większe z rtęcią, drugie stanowi zanurzona w niem rurka z rtęcią, odwrócona do góry dnem. Jak



Rys. 3.

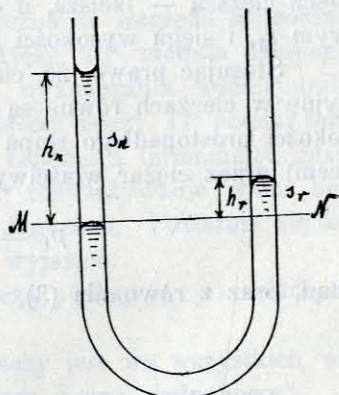
wiemy, rurka ta, długości około metra, wypełniona została rtęcią, zatkana palcem, odwrócona do góry dnem i pogrążona do rtęci, wówczas rtęć w rurce opadła do wysokości h , odpowiadającej ciśnieniu atmosferycznemu B . Tam, gdzie się znajduje powierzchnia swobodna rtęci w naczyniu większym, jest poziom MN , t. j. poziom, którym się kończy jednolita ciecz w obydwu naczyniach połączonych, mianowicie rtęć. W naczyniu otwartym nad nią jest atmosfera, wywierająca ciśnienie grawitacyjne, zwane w tym

wypadku atmosferycznym, albo barometrycznym B ; w rurce zamkniętej — ciśnienie słupa cieczy o wysokości h . Chcąc wyrazić ciśnienie atmosferyczne w milimetrach słupa rtęciowego, zastosować musimy do poziomu MN zmienione prawo Pascala:

$$B = h \quad (6)$$

To samo rozumowanie służy do wyjaśnienia konstrukcji barometrów naczyniowych i syfonowych.

IV. Częstokroć w zagadnieniach z dziedziny aeromechaniki trzeba zastąpić ciśnienie słupa jakiegokolwiek cieczy ciśnieniem słupa rtęci. Do wzoru na zamianę łatwo dojść na podstawie zmienionego prawa Pascala. Przypuśćmy, że znaleźliśmy jakoweś ciśnienie, wyrażone w wysokości słupa nafty h_n ; chcemy je wyrazić w wysokości słupa rtęci. Oznaczmy szukaną wysokość równoważnego słupa rtęci przez h_r . Zastosujmy dalej naczynia połączone drugiego typu (o różnych cieczach). Nalejmy na dno rtęć, a następnie do jednego kolana nafty do wysokości h_n ; w drugim kolanie rtęć okaże się wyższą nad poziom MN o wysokość h_r . Na



Rys. 4.

podstawie prawa jednakowego poziomu otrzymujemy — analogicznie do wzoru (5) — proporcję następującą:

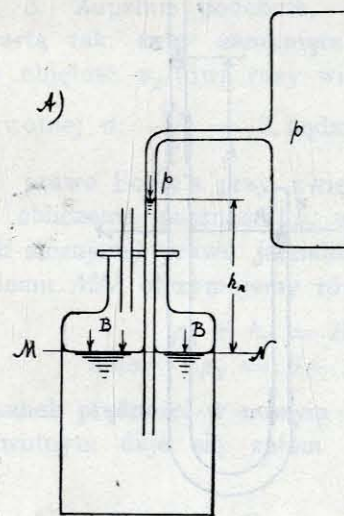
$$\frac{h_r}{h_n} = \frac{s_n}{s_r}$$

Stąd znajdujemy h_r :

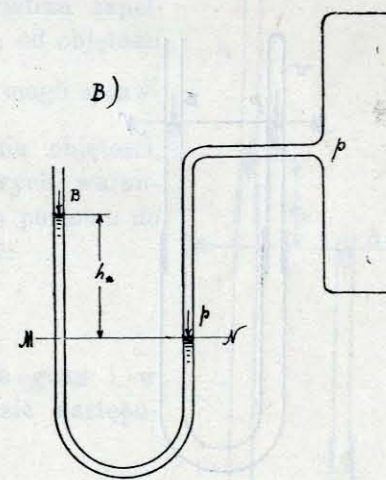
$$h_r = h_n \cdot \frac{s_n}{s_r} \quad (7)$$

Jest to poszukiwany wzór na zamianę. W nim s_r , s_n są to ciężary właściwe rtęci i nafty.

V. Wyjaśnienie konstrukcji manometrów otwartych, bądź naczyniowych, bądź syfonowych, opiera się na prawie jednakowego poziomu. W obu wypadkach założmy, że cieczą manometryczną jest nafta



Rys. 5.



Rys. 6.

W przekroju poziomym MN w jednym i drugim wypadku panuje w obydwu naczyniach połączonych na mocy zmienionego prawa Pascala ciśnienie jednakowe:

$$A) \quad B = p + h_r$$

$$B) \quad B + h_r = p$$

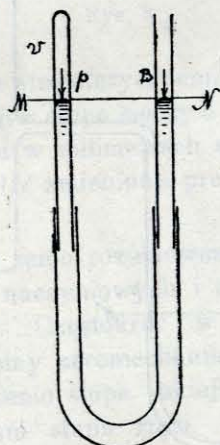
Wzór, stosujący się do obydwu rodzajów manometrów otwartych, mieć będzie kształt następujący:

$$p = B \pm h_r \quad (8)$$

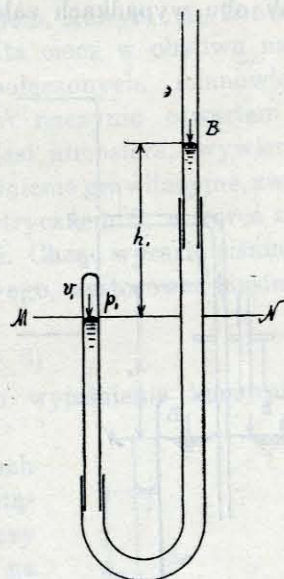
Uwzględniając wzór na zamianę równoważnych słupów cieczy (7), otrzymujemy:

$$p = B \pm h_n \cdot \frac{s_n}{s_r} \quad 9)$$

VI. Do sprawdzania prawa Boyle'a używa się zazwyczaj specjalnego przyrządu. Składa się on z dwu rurek szklanych, z których jedna jest otwarta, a druga zamknięta; rurki te są połączone węzłem kauczukowym, wypełnionym rtęcią, która znajduje się również w dolnych częściach rurek szklanych; zamknięta rurka zawiera pewną ilość powietrza nad rtęcią. Podnosząc rurkę otwartą do góry, co umożliwia wąż kauczukowy, zwiększamy prężność gazu w rurce zamkniętej, opuszczając — zmniejszamy.



Rys. 7.



Rys. 8.

1. Przypuśćmy, że pierwotnie rtęć sięga do jednakowego poziomu w obydwu rurekach.

Stosując do tego poziomu MN zmienione prawo Pascala, widzimy, że ciśnienie p powietrza, zamkniętego w objętości v , równe jest w danym wypadku ciśnieniu atmosferycznemu

$$p = B$$

2. Następnie podnosimy rurkę otwartą na tyle, że objętość v , powietrza zamkniętego zmniejszy się do połowy:

$$\frac{v_1}{v} = \frac{1}{2}$$

Prężność p_1 znajdziemy znowu, stosując zmienione prawo Pascala do poziomu MN cieczy w rurce zamkniętej:

$$p_1 = B + h_1$$

Stosunek ciśnień w obydwu stanach gazu jest tedy:

$$\frac{p}{p_1} = \frac{B}{B + h_1} \quad 10)$$

Według prawa Boyle'a powinien ten stosunek wynosić również $\frac{1}{2}$. Jeżeli więc zachodzi proporcja:

$$\frac{B}{B + h_1} = \frac{1}{2} \quad 11)$$

prawo Boyle'a zostało stwierdzone przy zmniejszaniu objętości.

3. Zupełnie podobnie, opuszczając rurkę otwartą tak, żeby zamknięte powietrze wypełniło objętość v_2 , dwa razy większą od objętości pierwotnej v : $\frac{v_2}{v} = 2$, będziemy mogli sprawdzić prawo Boyle'a przy zwiększaniu objętości. Dla obliczenia prężności p_2 w nowych warunkach stosujemy prawo jednakowego poziomu do poziomu MN ; otrzymujemy równość:

$$p_2 + h_2 = B$$

$$\text{albo: } p_2 = B - h_2$$

Stosunek prężności w nowym stanie gazu i w pierwotnym daje się zatem wyrazić następująco:

$$\frac{p}{p_2} = \frac{B}{B - h_2} \quad 12)$$

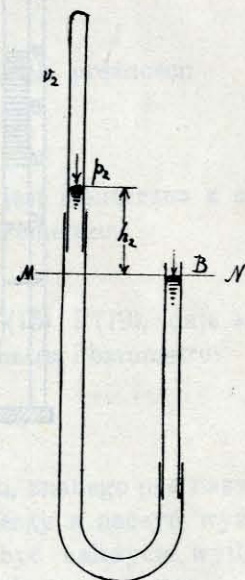
Według prawa Boyle'a stosunek ten powinien wynosić 2:

$$\frac{B}{B - h_2} = 2 \quad 13)$$

Jeżeli to zachodzi, prawo Boyle'a i tym razem zostało sprawdzone.

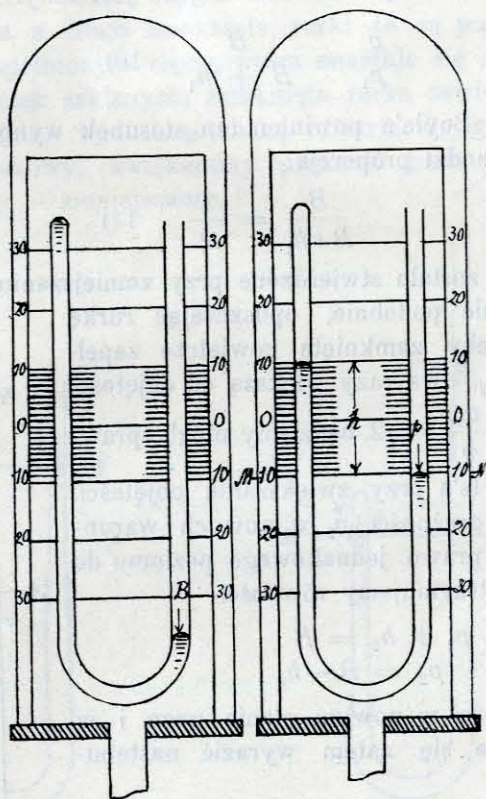
Z równości (11) i (13) wynika, że

$$h_1 = B; \quad h_2 = \frac{B}{2} \quad 14)$$



Rys. 9.

Inne warjanty tych doświadczeń, których może być bardzo dużo, wymagają również stosowania zmienionego prawa Pascala. Podobnie i doświadczenia, wykonywane na innych przyrządach, prostszej konstrukcji, nie wymagającej węża kauczukowego dużej wytrzymałości, wielkiej ilości rtęci i wysokiego statywu, zaopatrzonego w centymetrową podziałkę.



Rys. 10.

VII. Przyrządem niezbędnym do ilościowych pomiarów rozrzedzenia jest wakuum-metr. Weźmiemy na uwagę kształt przyrządu tego rodzaju, że jest on rurką szklaną, wygiętą na wzór litery *u*, o jednym kolanie zamkniętym, a drugim otwartym, przyczem zamknięte jest całkowicie wypełnione rtęcią przed użyciem przyrządu i podczas użycia przy słabych rozrzedzeniach; wysokość każdego kolana wynosi od 60—80 cm. Umieszczony jest wakuum-metr pod małym kloszem, komunikującym się ze zbiornikiem, w którym rozrzedzamy powietrze.

Po dostatecznem rozrzedzeniu rtęć w zamkniętym kolanie poczyna opadać. Prężność rozrzedzonego gazu mierzy się wysokością słupa rtęci *h*, zawartego między obydwoma poziomami — w otwartym i zamkniętym kolanie wakuum-metru. Dla dowodu znów stosujemy zmienione prawo Pascala do poziomu *MN* rtęci w kolanie otwartym:

$$p = h \quad (15)$$

Chcąc znaleźć rozrzedzenie *r* powietrza, przypomnijmy sobie, że jest ono stosunkiem gęstości końcowej gazu *d* do jego gęstości pierwotnej *d*₀:

$$r = \frac{d}{d_0} \quad (16)$$

Nadto zaś uwzględnijmy znany wniosek z prawa Boyle'a, że gęstości gazu w dwu różnych stanach są wprost proporcjonalne do prężności, o ile temperatura jest ta sama:

$$\frac{d}{d_0} = \frac{p}{p_0} \quad (17)$$

Wobec tego rozrzedzenie daje się ująć jako stosunek prężności:

$$r = \frac{p}{p_0} \quad (18)$$

W naszym przypadku prężność pierwotna *p*₀ jest identyczna z ciśnieniem atmosferycznem *B*, wyznaczonem na barometrze:

$$p_0 = B \quad (19)$$

Rozrzedzenie więc, po uwzględnieniu równości (15) i (19), daje się wyznaczyć przez porównanie wskazań wakuum-metru i barometru:

$$r = \frac{h}{B} \quad (20)$$

VIII. Paradoksalne nieco działanie przyrządu, znanego pod nazwą lewaru zgiętego, a służącego do przenoszenia cieczy z naczyń wyżej położonych do naczyń niżej położonych, może być należycie wytłumaczone tylko zapomocą prawa jednakowego poziomu.

Przepływ powstaje skutkiem tego, że w przegubie rurki występuje różnica ciśnień z obu stron *p*₁ > *p*₂, tak że nadmiar ciśnienia:

$$p = p_1 - p_2 \quad (21)$$

pcha ciecz ku dołowi.

Że w istocie ciśnienie *p*₁ jest większe od *p*₂, skoro tylko długość rurki, zwisającej z naczynia, jest większa od pograżonej, a zatem *H*₂ > *H*₁, — można z łatwością dowieść, stosując prawo Pascala.

W poziomie MN mamy naczynia połączone: w naczyniu szerokim nad cieczą jest ciśnienie atmosfery, w rurce zaś ciśnienie p_1 oraz ciśnienie słupa cieczy o wysokości H_1 , któremu odpowiada ciśnienie słupa rtęci o wysokości h_1 , tak że mamy równość:

$$B = p_1 + h_1 \quad 22)$$

albo $p_1 = B - h_1$

Na mocy prawa zamiany słupów cieczy mamy:

$$h_1 = H_1 \cdot \frac{s_c}{s_r} \quad 23)$$

gdzie s_c jest ciężarem właściwym cieczy, zapęlniającej naczynie górne, a s_r oznacza ciężar właściwy rtęci.

W poziomie $M'N'$ mamy także jakgdyby naczynia połączone: rurkę i ocean atmosferyczny; w rurce panuje ciśnienie $p_2 + h_2$, na zewnątrz w oceanie atmosferycznym ciśnienie B ; stąd równość:

$$B = p_2 + h_2 \quad 24)$$

albo $p_2 = B - h_2$

Wysokość słupa rtęciowego h_2 znajduje się w następującej zależności od H_2 :

$$h_2 = H_2 \cdot \frac{s_c}{s_r} \quad 25)$$

Po podstawieniu wzorów (23) i (25) do wzorów na p_1 i p_2 otrzymujemy:

$$p_1 = B - H_1 \cdot \frac{s_c}{s_r} \quad \text{ i } \quad p_2 = B - H_2 \cdot \frac{s_c}{s_r}$$

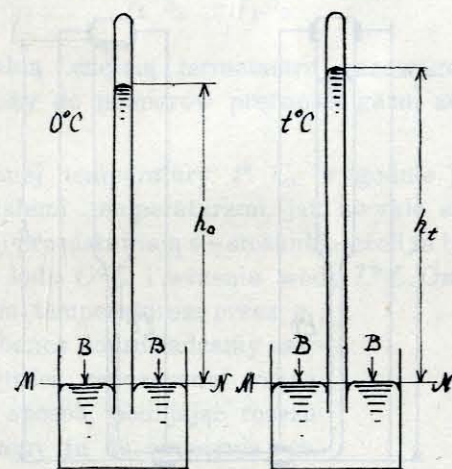
Widzimy, że $p_1 > p_2$, jeżeli tylko $H_2 > H_1$. Możemy nadto znaleźć ciśnienie p , pod wpływem którego ciecz wypływa z naczynia wyżej położonego; na mocy wzoru bowiem (21) otrzymujemy:

$$p = (H_2 - H_1) \cdot \frac{s_c}{s_r} \quad 26)$$

Rys. 11.

IX. Chcąc wyznaczyć poprawkę barometryczną ze względu na rozszerzalność rtęci, zestawmy na podstawie zmienionego prawa Pascala ciśnienie barometryczne B z ciśnieniem słupa rtęciowego w poziomie MN przy temperaturze $t^\circ C$ i $0^\circ C$:

$$B = d_t h_t g \quad 27) \quad B = d_o h_o g \quad 28)$$



Rys. 12.

We wzorach (27) i (28) d_t i d_o są to gęstości rtęci w tych temperaturach. Z drugiej strony na podstawie prawa rozszerzalności objętościowej cieczy wiemy, że:

$$d_t = \frac{d_o}{1 + \alpha t} \quad 29)$$

gdzie α jest współczynnikiem rozszerzalności cieczy (rtęci).

Z porównania wzorów (27) i (28) wynika:

$$d_t \cdot h_t = d_o \cdot h_o$$

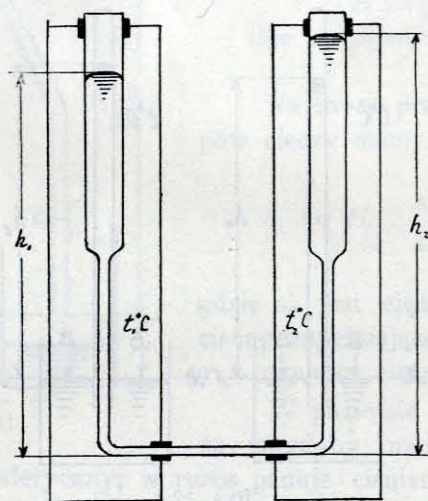
Ostatnie równanie pozwala obliczyć h_o :

$$h_o = \frac{d_t}{d_o} \cdot h_t$$

Po uwzględnieniu wzoru (29) otrzymamy:

$$h_o = \frac{h_t}{1 + \alpha t} \approx h_t (1 - \alpha t) \quad 30)$$

X. Metoda wyznaczania współczynnika rozszerzalności cieczy, pochodząca od Dulong'a i Petit'a, daje się łatwo zrozumieć przy zastosowaniu prawa jednakowego poziomu. Polega ona, jak wiadomo, na umieszczeniu dwu naczyń z rtęcią A i B, połączonych zapomocą wąskiej rurki, w kąpielach o dwu różnych temperaturach t_1 i t_2 , przy czym niech $t_2 > t_1$.



Rys. 13.

W rurce łączącej na dnie obu naczyń na mocy zmienionego prawa Pascala panuje jednakowe ciśnienie; fakt ten stwierdza równość:

$$h_1 d_1 g = h_2 d_2 g \\ \text{albo: } h_1 d_1 = h_2 d_2 \quad (31)$$

Do obydwu gęstości stosuje się wzór (29); mamy tedy formuły:

$$d_1 = \frac{d_0}{1 + \alpha t_1} \quad \text{i} \quad d_2 = \frac{d_0}{1 + \alpha t_2}$$

Z formuł tych wynika stosunek:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} \quad (32)$$

Równanie (31) daje dla tegoż stosunku wartość następującą:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{h_2}{h_1} \quad (33)$$

Zestawienie wzorów (32) i (33) pozwala utworzyć równanie:

$$\frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} = \frac{h_2}{h_1} \quad (34)$$

Z niego łatwo obliczyć szukany współczynnik α :

$$\alpha = \frac{h_2 - h_1}{t_2 h_1 - t_1 h_2} \quad (35)$$

XI. Integralną częścią termometru gazowego jest manometr otwarty, który służy do pomiarów prężności gazu, zawartego w bańce termometru.

Prócz szukanej temperatury $t^\circ \text{C}$, wygodnie jest rozporządzać dwiema innymi stałymi temperaturami, jak zwykle zresztą w termometrii; najprościej przedstawiają się stosunki, jeżeli te temperatury odpowiadają topnieniu lodu 0°C i wrzeniu wody $T^\circ \text{C}$. Oznaczmy ciśnienia, odpowiadające tym temperaturom przez p_t , p_0 i p_T . Gaz w bańce doprowadzamy zawsze do stałej objętości, zaznaczonej wskaźnikiem. W ten sposób, pomijając rozszerzalność szkła, mamy tu do czynienia z gazem o stałej objętości, można więc doń stosować prawo rozprężalności Charles'a:

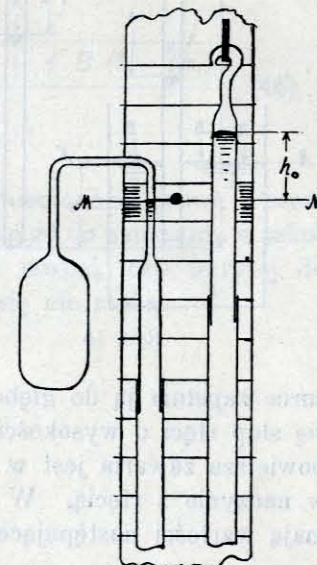
$$p_t - p_0 = \alpha p_0 t \\ p_T - p_0 = \alpha p_0 T$$

Dzieląc te równości stronami otrzymujemy:

$$\frac{t}{T} = \frac{p_t - p_0}{p_T - p_0}$$

Stąd znajdujemy t :

$$t = T \cdot \frac{p_t - p_0}{p_T - p_0} \quad (36)$$



Rys. 14.

Wszystkie trzy ciśnienia p_0 , p_t i p_T wyznaczamy zapomocą podnoszenia rurki otwartej tak, ażeby poziom rtęci w rurce zamkniętej sięgał zawsze do znaczka. Rurka otwarta służy do pomiarów manometrycznych. Na mocy prawa jednakowego poziomu ciśnienia w obu rurkach na poziomie MN czyli na poziomie znaczka są równe. Stąd równości:

$$\left. \begin{aligned} p_o &= B + h_o \\ p_t &= B + h_t \\ p_T &= B + h_T \end{aligned} \right\} \quad 37)$$

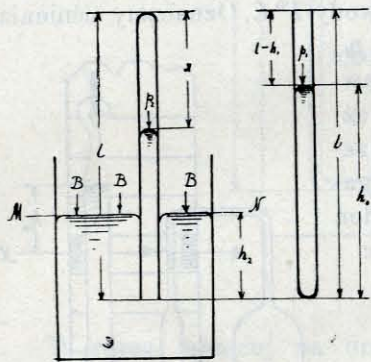
gdzie h_o , h_t i h_T są wysokościami słupów rtęci, zawartymi między obydwoma poziomami rtęci w rurkach przy temperaturach 0° , t° i T° .

Podstawiając wartości (37) do wzoru (36) otrzymujemy wzór temperatury szukanej:

$$t = T \cdot \frac{h_t - h_o}{h_T - h_o} \quad 38)$$

pozwalający na wyznaczenie temperatury przez obserwację trzech wysokości, z których h_o i h_T są stałymi przyrządu.

XII. Na zakończenie chcę przytoczyć przykład zastosowania omawianego prawa do rozwiązywania zadań. Rozwiążemy zadanie następującej treści (Sianożęcki):



Rys. 15.

„Rurka szklana o długości l cm., zatopiona jest na jednym końcu i napełniona rtęcią do wysokości h_1 cm. Wolny koniec rurki zatkało wówczas palcem, rurkę zaś przewrócono i końcem tym zanurzono do rtęci na głębokość h_2 cm. Jaką wysokość x wykazuje wtedy zamknięty w rurce słup powietrza, jeżeli ciśnienie barometryczne wynosi B cm. rtęci?”

Należy w zadaniu tem porównywać ze sobą dwa stany gazu: 1-szy, kiedy powietrze w otwartej u góry

rurce zapelnia ją do głębokości $l - h_1$, natomiast pod nim znajduje się słup rtęci o wysokości h_1 , oraz drugi, w którym ta sama masa powietrza zawarta jest w rurce z rtęcią pogrążonej do głębokości h_2 w naczyniu z rtęcią. W pierwszym stanie gazu prężność i objętość mają wartości następujące:

$$p_1 = B \quad 39)$$

$$v_1 = (l - h_1) q \quad 40)$$

gdzie q oznacza przekrój rurki.

W drugim stanie dla objętości v_2 otrzymujemy wzór:

$$v_2 = x q \quad 41)$$

Ażeby znaleźć prężność p_2 powietrza w tym stanie, zastosujemy prawo jednakowego poziomu do poziomu MN w naczyniu z rtęcią i w rurce:

$$B = p_2 + l - x - h_2$$

Stąd otrzymujemy wartość p_2 :

$$p_2 = B - l + x + h_2 \quad 42)$$

Do obydwu stanów zastosować możemy prawo Boyle'a:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1} \quad 43)$$

Po podstawieniu wartości ze wzorów (39), (40), (41) i (42) otrzymujemy równanie:

$$\frac{B}{B - l + x + h_2} = \frac{x}{l - h_1} \quad 44)$$

które po uporządkowaniu przybiera kształt:

$$x^2 + (B - l + h_2) x - B(l - h_1) = 0 \quad 45)$$

Rozwiązanie równania (45) daje:

$$x = \frac{l - B - h_2 \pm \sqrt{(B + h_2 - l)^2 + 4 B(l - h_1)}}{2} \quad 46)$$

Wszystkie powyższe zastosowania zmienionego prawa Pascala są argumentem poważnym za wprowadzeniem go do nauczania w szkole średniej, zwłaszcza, że bez niego w formie jawnej, czy ukrytej dowodzenie w powyższych kwestjach obejść się nie może.

LEON SOWA.

Komplet przyrządów do ćwiczeń z mechaniki (i innych działów fizyki).

Prowadzenie ćwiczeń fizykalnych napotyka jeszcze dzisiaj na trudności, pochodzące z braku odpowiednich przyrządów. Trudności, pochodzące z braku funduszy na zakup, zostały usunięte przez ostatnie rozporządzenie ministerjalne, pozwalające dyrektorom czerpać z taks administracyjnych na środki naukowe.

Strona wytwórcza mocno kuleje dlatego, że w naszych — skromnych zresztą — wytwórniach nie wyrabia się przyrządów zastosowanych do potrzeb szkoły. Dziwić się temu nie można, bo one nie wiedzą, czego szkoła potrzebuje. Nawet zagraniczne wytwórnie swymi wyrobami naszym zapotrzebowaniom i w połowie nie odpowiadają.

Nauczyciel fizyki, pragnący prowadzić ćwiczenia, studjuje odpowiednie podręczniki, przegląda cenniki, kombinuje z tego, co posiada w szkolnych zbiorach, lub obmyśla prymitywne przyrządy i próbuje robić je z uczniami. Po kilkoletnim doświadczeniu, niezadowolony tak z przyrządów jak i z wyników pracy, wraca do przekonania, że zadaniu odpowie tylko przyrząd solidny i celowo przez zawodowca wykonany.

W „Ośrodku fizyki“, założonym przez Ministerstwo Oświaty w naszym gimnazjum, jednym z celów pracy było obmyślanie odpowiednich przyrządów do ćwiczeń. Praca w latach poprzednich i wysiłki tegoroczne dały — po wielu przeróbkach — niżej opisany komplet do ćwiczeń z mechaniki przede wszystkim. Poza bezpośrednią użytecznością tkwią w nim pewne czynniki, które kształcą wyobraźnię ucznia trzynastoletniego, podobnie jak skrzyneczka z kamyczkami Richtera kształci ją u trzyletniego budowniczego. Jeżeli nauczyciel omówi dostatecznie cel i przebieg ćwiczenia, a następnie da uczniom

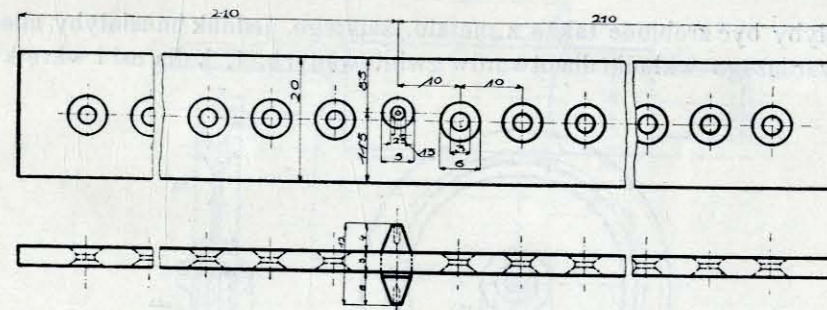
pojedyncze części kompletu, to zdarza się, że któryś z nich wpadnie na tak pomysłowe zestawienie, iż nauczyciel nie powstydziliby się takiego.

Komplet obejmuje poza zakresem ćwiczeń z mechaniki jeszcze części składowe przyrządów do ćwiczeń z innych działów np. ciepła, optyki i t. p. Nie jest on alfą i omegą pod względem doskonałości. Jest pomysłem w niektórych częściach mocno nieoryginalnym, zastosowanym do naszych potrzeb. Sąd o nim wypowiedzą, a nawet — spodziewamy się — ulepszą go ci, którzy go przez pewien czas będą mieli w użyciu. W ostatnim roku szkolnym używany był najwięcej w III i IV klasie. Pracowało po 8 — 10 grup, a w każdej grupie 3 do 4 uczniów. W użyciu wydawał się nam wygodnym, wyniki pracy dawał zadowalające, a przez uczniów był zawsze chętnie widziany, bo pobudzał ich bardzo często do samodzielnego budowania przyrządu.

Komplet ten wykonany został w pewnej części — mianowicie 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 i 11 — przez mechanika uniwersyteckiego w Zakładzie Fizyki i mechanika w naszej pracowni, N-ry 12, 13 i 14 zakupiono gotowe.

Opis poszczególnych składowych części kompletu.

Nr. 1 (H) ¹⁾. Dźwignia z 40 otworami, w połowie długości ma ośkę stalową z wydrążeniami walcowatymi (panewkami). Ośka ta jest

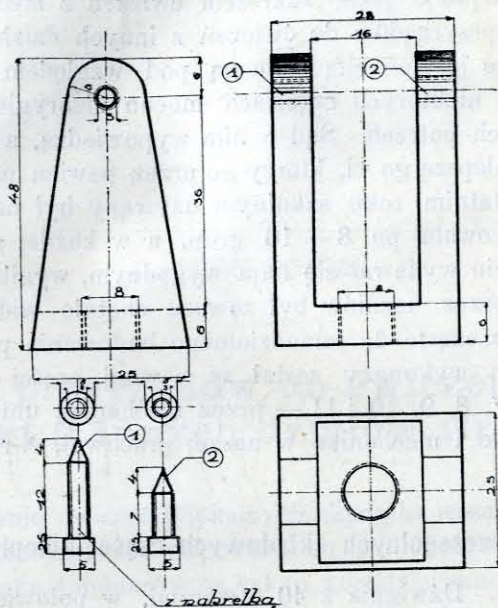


Rys. 1.

24 mm. powyżej prostej, łączącej środki otworów, aby dźwignia miała równowagę stałą. Jest zrobiona z taśmy mosiężnej dlatego, że nie można było dostać materiału krajowego z glinu lub magnaljum. Jest za ciężka, przez co ma małą czułość. Brak odpowiedniej czułości okazał się wygodny przy użyciu niebardzo dokładnych odważników i dynamometrów.

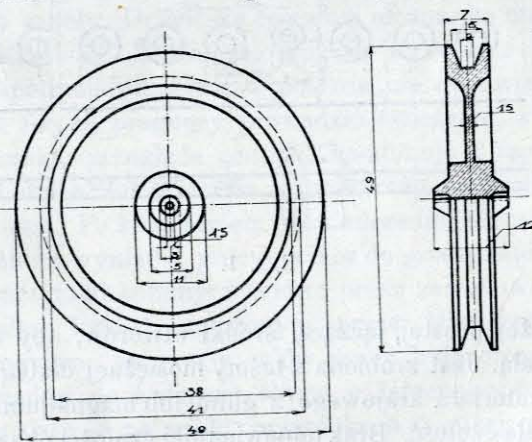
¹⁾ Litera w nawiasie wskazują na odpowiednie części rys. 1, zamieszczonego na str. 9 niniejszego tomu, w artykule p. t. „Ćwiczenia uczniów z zakresu mechaniki i nauki o cieple“.

Nr. 2 (K). Widelki zrobione są z odlewu mosiężnego, żółto lakierowane, mają ośki stalowe, gwintowane i konicznie zakończone.



Rys. 2.

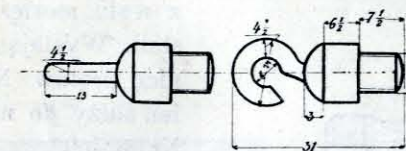
Mogłyby być zrobione także z metalu lżejszego, jednak musiałyby mieć z twardszego wkładki dla otworów gwintowanych, t. j. dla osi i wkrętki.



Rys. 3.

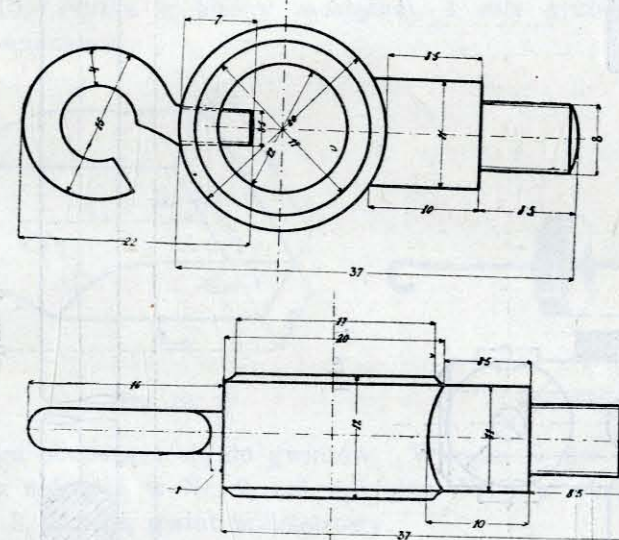
Nr. 3 (I). Krążek jest mosiężny, niklowany, toczony z odlewu. Oś, jak w dźwigni stalowa. Uwagi co do lżejszego metalu mogłyby być i tu zastosowane.

Nr. 4 (M). Haczyk z wkrętką (8 mm średnicy) jest mosiężny, niklowany.



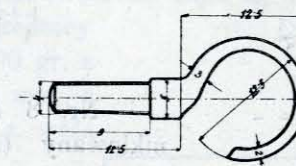
Rys. 4.

Nr. 5 (L). Oko z haczykiem i wkrętką jest również mosiężne, niklowane, ma wchodzić na pręty N-ru 8 i 9. Haczyk zaś na końcu



Rys. 5.

gwintowanym ma być tak spiłowany, aby — po nasunięciu go na pręty Nr. 8 i 9 — po przykręceniu miał płaszczyznę wygięcia w osi pręta.

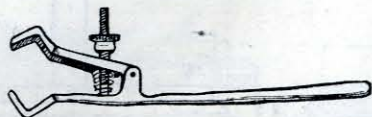


Rys. 6.

Nr. 6 (N). Wkrętka z haczkiem (4 mm. śr.) do Nr. 8 jest z mosiądzu, niklowana.

Nr. 13 (D). Łapa średnia, najlepsza z mosiądzu.

Nr. 14 (F). Uchwyt podwójny do statywu z żeliwa z wkrętkami mosiężnymi.



Rys. 13.



Rys. 14.

Objaśnienia szczegółowe co do zestawień w poszczególnych ćwiczeniach podane są przeważnie na rysunkach, przy odpowiednich ćwiczeniach ¹⁾, więc tu ograniczę się tylko do szkiców lub fragmentów.

Widelki (2) mogą obejmować dźwignię (1) i mogą być zawieszane: *a*) swobodnie, po wkręceniu części (4), *b*) sztywno, po wkręceniu ich do pręta Nr. 8. Pręt umocowujemy w uchwycie cylindrycznym (7).

W te same widelki można ująć krążek (3) i umocować jak poprzednio pod *a*) i *b*) albo zamiast Nr. (4) można użyć oka Nr. (5) i pręta Nr. (8) lub (9). Jeżeli krążek ma służyć do konstrukcji bloków, umocowujemy w widelkach wkrętkę (4). Jeżeli chcemy zbudować wózek dla płaszczyzny pochylej, wkręcamy w 3 pary widełek z krążkami wkrętki (4) przez płytę (10).

Do zawieszania swobodnego czy to na statywie, czy na pręcie (8) w dowolnym miejscu widełek, wahadełek, sznurów i t. p. służy oko (5). Haczyk (6) przeznaczony jest do zawieszania na końcu pręta (8) czy to dynamometru, czy krążka, czy też — w ćwiczeniach z ciepła — termometru.

Uchwyt (7) służy do przedłużania pręta statywu (9), podłużnego lub poprzecznego umocowania pręta (8). Dwa takie uchwyty, złączone ich krótkim walcem, dają jeszcze swobodniejsze złączenie prętów np. ukośnie.

Uchwyt (14), kółko (12), łapy (13) i statyw (9) mają zastosowanie w ćwiczeniach z nauki o ciepłe.

Statywu (9), łap (13), pręta (8), uchwytu (7) oraz kółka (12), na którym poprzednio nalepiono matowy papier, można użyć do ćwiczeń z optyki. Soczewki, oprawione w deseczki lub w pierścien z rączką, ujmując się w łapy, kółko z nalepionym papierem matowym służy za

¹⁾ Patrz zamieszczony w niniejszym tomie (na początku) artykuł p. t. „Ćwiczenia uczniów z zakresu mechaniki i nauki o ciepłe”.

ekran do chwytania obrazów, światło umieszcza się w łapie w pobliżu podstawy statywu i cały przyrząd ustawia się poziomo. Można w ten sposób budować modele lunet, mikroskopów i fotometrów. W ostatnim przypadku należy złączyć pręty dwóch statywów uchwytem cylindrycznym jeden w przedłużeniu drugiego. Przy użyciu zasłon z tektury, umocowaniu pręta (8) poprzecznie do pręta statywu i pryzmatu umieszczonego w jednej z łap, można zbudować przyrząd do ćwiczeń z załamania i rozczepienia światła.

Całe to zestawienie nazwalismy krótko — dla wygody w oznaczeniu — kompletem, jednak nie uważamy go za całość zamkniętą, której dalej rozbudować nie można.

Ceny obecne poszczególnych części całego kompletu (wyższe aniżeli przed rokiem z powodu podrożenia materiału i robocizny) są następujące:

	zł. i gr.
2 statywy	12.—
1 kółko żelazne	2.—
2 łapy średnie	12.—
1 uchwyt cylindryczny	15.—
3 uchwyty podwójne	12.—
2 pręty 35 cm.	8.—
1 dźwignia	6.—
4 krążki i 4 widelki	60.—
3 oka z haczykami i wkrętkami	7.50
2 haczyki z wkrętką do prętów	2.—
4 haczyki z wkrętką do widełek	8.—
1 garnitur ciężarków (6 sztuk).	25.—
1 siatka azbestowa	1.—
Razem	170.50

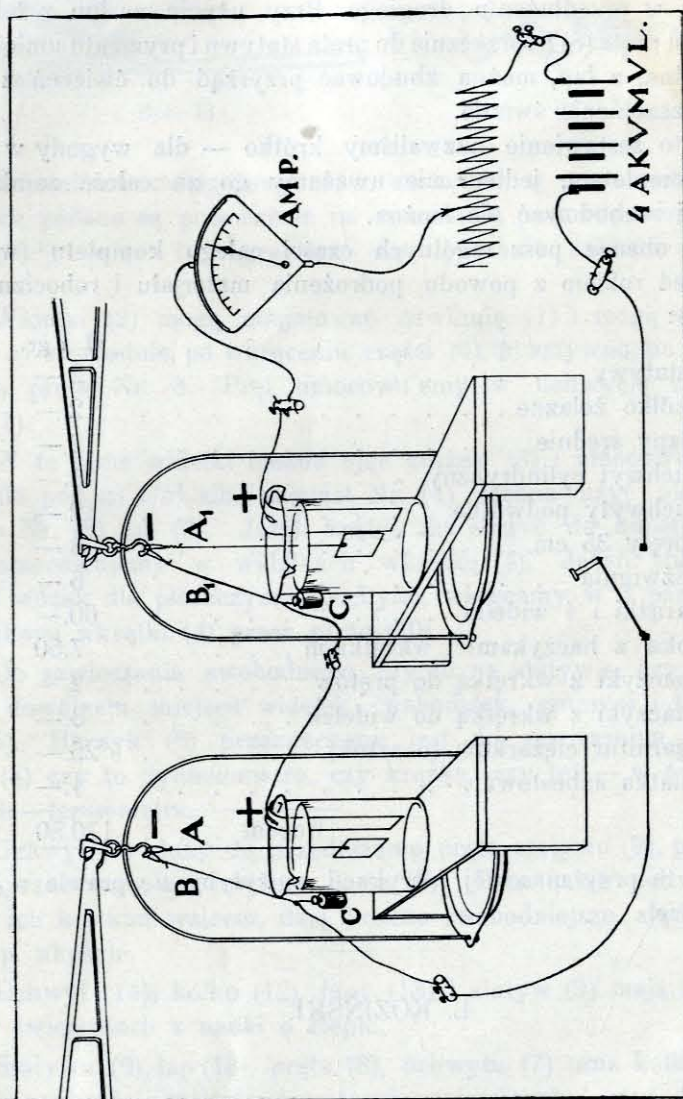
Ceny te przy masowej fabrykacji zniżyłyby się prawie o 30 zł na komplecie.

L. KOZIŃSKI.

Sprawdzenie obydwu praw elektrolizy zapomocą ćwiczenia uproszczonego.

Zwykle ćwiczenie to przerabia się, osadzając miedź (lub inny metal) na katodzie, a następnie przemywając, susząc i ważąc ją. Wymaga to więcej czasu i naraża na możliwość utlenienia metalu — np.

miedzi — podczas suszenia. Można jednak to ćwiczenie wykonać sposobem nieco odmiennym, bodaj prostszym, a pozwalającym na sprawdzenie równoczesne obydwu praw elektrolizy.



Rys. 1.

Układ obwodu wskazuje rysunek, na którym widać zastosowanie amperomierza, opornika i obydwu zlewów do elektrolizy, połączonych szeregowo. W każdej ze zlewów (ustawionych na ławeczkach, nie krępujących ruchów wagi) widzimy przede wszystkim blaszki, zagięte

na jednym końcu i zawieszono na szklance — są to anody. Na haczyku każdej z dwu wag wisi cienka płytki (z tegoż metalu, co i anoda), przylutowana do cienkiego (średnica około 0,2 mm.) drucika, poszelakowanego w $\frac{2}{3}$ swej długości, licząc od dołu. Drucik ten (A i A_1) jest zawieszony przy pomocy pętelki na haczyku wagi. Drugi drucik (B i B_1) grubszy, również o ten sam haczyk zaczepiony, jest obciążony ciężarkiem (C i C_1) dla uniknięcia luźnego kontaktu i połączony z ujemnym biegunem baterji. Katoda wisi tu więc bezpośrednio na samej wadze. Anodę jednej szklanki łączymy z katodą drugiej.

Po nalaniu odpowiednich roztworów soli do obydwu zlewów zdejmujemy z haczyków wagi druciki B i B_1 z ciężarkami i ważymy same tylko katody, zanurzone całkowicie w odpowiednich elektrolitach. Po zważeniu ich zakładamy druciki B i B_1 na haczyki wagi i zamykamy obwód, notując czas, w którym to nastąpiło, a jednocześnie szybko regulujemy opór w celu otrzymania na amperomierzu pożądanego natężenia prądu. Prąd przepuszczamy około $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ godz. Po przerwaniu prądu i zanotowaniu chwili przerwania ostrożnie zdejmujemy druciki B i B_1 i ważymy po raz drugi obydwie katody w płynie.

Różnica mas wskaże nam masę pozorną, wydzieloną przez prąd; mnożąc ją przez ułamek $\frac{d_1}{d_1 - d_2}$, otrzymamy masę rzeczywistą dzięki wyeliminowaniu błędu, wynikającego ze straty ciężaru katody wskutek ważenia jej w płynie (d_1 — gęstość metalu, d_2 — gęstość roztworu).

Porównanie otrzymanych wyników z tablicami fizycznymi nie wykaże błędów większych, niż przy użyciu sposobu wzmiankowanego na początku. Poza tem, obliczając stosunek mas dwu różnych metali wydzielonych przez ten sam prąd, możemy sprawdzić i drugie prawo elektrolizy, czyli proporcjonalność wydzielonych mas do równoważników chemicznych metali, użytych do doświadczenia.

Dodatnią stroną tego uproszczonego sposobu jest właśnie ta okoliczność, iż uczniowie przekonują się naocznie, jak ten sam prąd i w tym samym czasie wydziela różne ilości różnych metali — zależnie od ich równoważników chemicznych.

W celu osiągnięcia pomyślnych wyników należy przestrzegać następujących przepisów: 1) anodę i katodę należy sporządzić z metalu, wchodzącego w skład soli, zawartej w elektrolicie, 2) anodę i katodę należy starannie oczyścić papierem szklanym i przetrzeć wacem, umoczaną w alkoholu, 3) do elektrolitu trzeba dodać trochę żelatyny (lub innego koloidu) w celu uniknięcia krystalizacji metalu na katodzie, kryształki bowiem mogłyby odpadać z katody podczas ważenia.

ANTONI KARPOWICZ.

Wyznaczanie współczynnika objętościowej rozszerzalności szkła oraz cieczy zapomocą dilatometru.

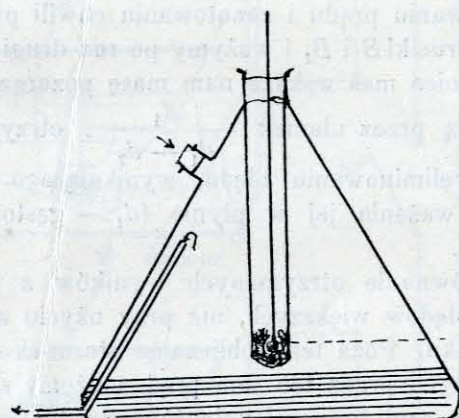
Dwa ćwiczenia praktyczne dla uczniów gimnazjum wyższego.

1. Rozszerzalność szkła.

Z próbki szklanej robią uczniowie dilatometr o pojemności 25 — 30 cm³. (rys. 1); na zwężeniu kreślą znak (N) zapomocą pilniczka, diamentu lub noża do krajania szkła.



Rys. 1.



Rys. 2.

Suchy i czysty dilatometr ustawiają na podstawce, zrobionej z dużego korka z uprzednio wydrążonym wgłębieniem lub otworem, poczem ważą wraz z podstawką z dokładnością do 0,01 gr. (lepiej 0,001 gr. Masa dilatometru próżnego m).

Do dilatometru wlewają uczniowie wodę, o znanej temperaturze pokojowej t_1 , bacząc, by poziom jej sięgał dokładnie kreski, poczem ważą ponownie. (Masa dilatometru z wodą o temperaturze t_1 M_1).

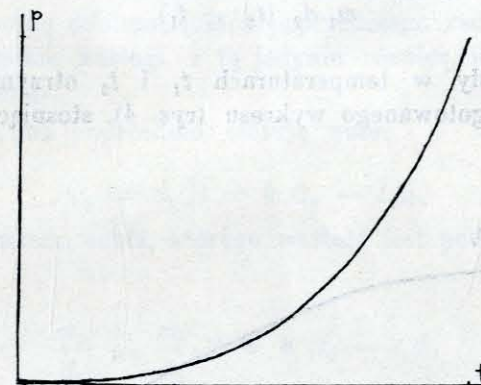
Masa wody o temperaturze t_1 jest więc:

$$m_1 = M_1 - m.$$

Dilatometr z wodą zdejmują z podstawki i wprowadzają do grzejnika (rys. 2), lub do kolby z wodą, ogrzewają wodę w grzejniku do

temperatury wrzenia i czekają 10 — 15 minut, by się upewnić, iż woda w dilatometrze osiągnęła temperaturę wrzenia.

Woda w dilatometrze rozszerzy się i przekroczy kreskę wskutek większej rozszerzalności w porównaniu ze szkłem. Nie wyjmując dilatometru z grzejnika, usuwają uczniowie nadmiar wody bibułą filtracyjną tak, by jej poziom ponownie sięgał kreski, poczem wyjmują di-



Rys. 3.

latometr z grzejnika, wycierają, ustawiają na podstawce i ważą ponownie. (Masa dilatometru z wodą gorącą M_2).

Masa gorącej wody w dilatometrze wynosi:

$$m_2 = M_2 - m.$$

Temperaturę wrzenia wody oznaczają uczniowie zapomocą termometru z dokł. do 0,2° C, bądź na podstawie pomiaru ciśnienia atmosferycznego z tablic, lub z uprzednio wykonanego przez uczniów wykresu (rys. 3) metodą interpolacji graficznej.

(Oznaczamy temperaturę wrzenia wody t_2 , pojemność dilatometru (do kreski) przed ogrzaniem — v_1 , po ogrzaniu — v_2 , gęstość wody przed ogrzaniem — d_1 , po ogrzaniu — d_2 , współczynnik rozszerzalności objętościowej szkła — k , współczynnik rozszerzalności liniowej — α).

Uczniowie stosują wzór:

$$v_2 = v_1 [1 + k (t_2 - t_1)].$$

Podstawiając:

$$\frac{m_2}{d_2} = v_2, \quad \frac{m_1}{d_1} = v_1,$$

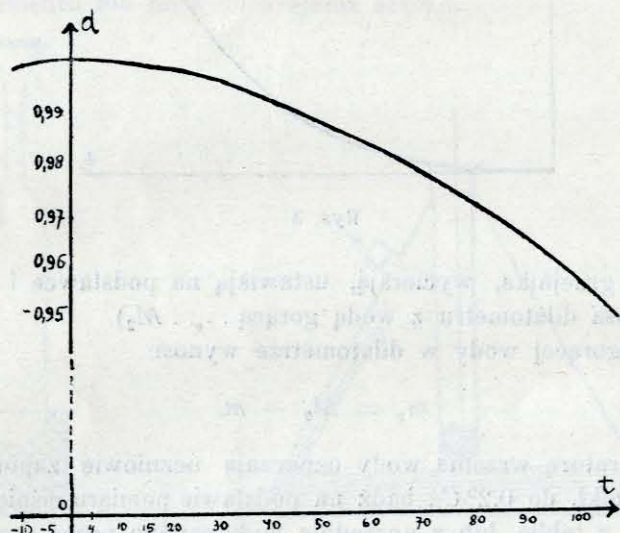
otrzymują:

$$\frac{m_2}{d_2} = \frac{m_1}{d_1} [1 + k (t_2 - t_1)],$$

skąd

$$k = \frac{m_2 d_1 - m_1 d_2}{m_1 d_2 (t_2 - t_1)}.$$

Gęstość wody w temperaturach t_1 i t_2 otrzymują uczniowie z uprzednio przygotowanego wykresu (rys. 4), stosując metodę interpolacji graficznej.



Rys. 4.

Dzieląc wynik przez 3, otrzymują uczniowie wartość współczynnika rozszerzalności linowej szkła:

$$\alpha = \frac{k}{3}.$$

Przykład: $m = 7,62$ gr.; $M_1 = 33,19$ gr.; $t_1 = 14,5^\circ \text{ C}$; $d_1 = 0,999 \frac{\text{gr.}}{\text{cm}^3}$; $M_2 = 32,23$ gr.; $H = 746$ mm. Hg; $t_2 = 99,48^\circ \text{ C}$; $m_1 = 25,57$ gr; $m_2 = 24,61$ gr; $K = 0,00003$ (powinno być $0,000028$; błąd bezwzględny = $0,000002$; błąd względny: $7,1\%$).

Uwaga 1. Aby uniknąć wrzenia cieczy w dilatometrze, można zamiast wody wziąć inną ciecz, o temp. wrzenia wyższej, np. oliwę.

Uwaga 2. Praca trwa 2 godziny; podstawy teoretyczne zadania winny być omówione uprzednio na lekcji.

2. Rozszerzalność cieczy.

Posługując się dilatometrem z poprzedniego zadania, powtarzają uczniowie wszystkie zabiegi, z tą jedynie różnicą, iż zamiast wody, biorą ciecz badaną.

Uczniowie, jak poprzednio, stosują wzór:

$$v_2 = v_1 [1 + k (t_2 - t_1)],$$

(k — współcz. rozszerz. szkła, którego wartość jest podana),

lub

$$\frac{m_2}{d_2} = \frac{m_1}{d_1} [1 + k (t_2 - t_1)].$$

Biorąc na uwagę, iż

$$d_2 = \frac{d_1}{1 + \gamma (t_2 - t_1)},$$

gdzie γ jest współczynnikiem rozszerzalności cieczy, otrzymują ostatecznie:

$$\gamma = \frac{m_1 [1 + k (t_2 - t_1)] - m_2}{m_2 (t_2 - t_1)}.$$

Przykład: $m = 12,2$ gr.; $M_1 = 27,46$ gr.; $t_1 = 13^\circ \text{ C}$; $m_1 = 15,26$ gr.; $M_2 = 26,36$ gr.; $H = 747$ mm Hg; $t_2 = 99,52^\circ \text{ C}$; $m_2 = 14,16$ gr.; $K = 0,000028$.

$$\gamma = 0,00093$$

(powinno być $0,00092$; błąd bezwzględny = $0,00001$; błąd względny: $1,1\%$).

Uwaga. Ćwiczenie może być wykonane w ciągu jednej godziny.

ANTONI KARPOWICZ.

Wyznaczanie ciśnienia atmosferycznego za pomocą rurki Meldego.

Ćwiczenie praktyczne dla uczniów gimnazjum wyższego.

Uczniowie odcinają rurkę włoskową długości ok. 35 cm., następnie zatapiają jeden jej koniec w płomieniu palnika Bunsen'a.

Ogrzewając ostrożnie rurkę, wprowadzają nieco rtęci tak, by jej słupek w rurce miał długość 10–15 cm.

Gdy temperatura powietrza zamkniętego w rurce słupkiem rtęci zrówna się z temperaturą otoczenia, ustawiają uczniowie rurkę pionowo (np. końcem zamkniętym do góry) i mierzą wysokość słupka rtęci (h) oraz wysokość słupka powietrza (h_1). (Pomiaru dokonuje się za pomocą skali milimetrowej, do której przytwierdza się rurkę, lub za pomocą suwaka milimetrowego).

Następnie obracają uczniowie rurkę dnem do dołu i mierzą ponownie wysokość słupka powietrza (h_2). (Wysokość słupka rtęci, oczywiście, nie ulega zmianie).

Stosując wzór na prawo Boyle-Mariotte'a

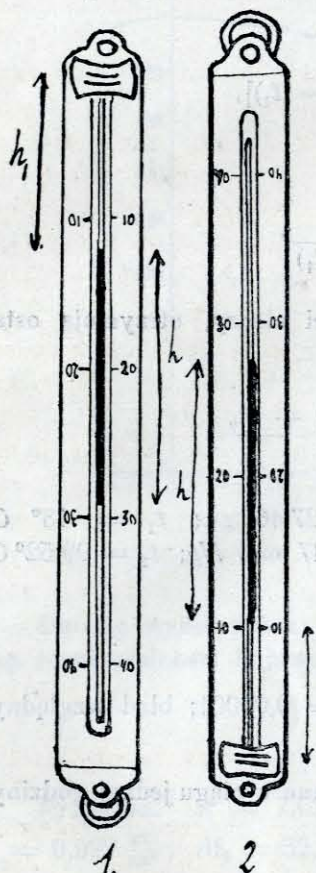
$$V_1 P_1 = V_2 P_2$$

i wyrażając:

$$V_1 = h_1 S, P_1 = H - h, V_2 = h_2 S, P_2 = H + h$$

(H — ciśnienie atmosferyczne, S — pow. przekroju rurki),

otrzymują:



Rys. 1.

$$H = \frac{h(h_1 + h_2)}{h_1 - h_2}$$

Przykład: $h = 9,4$ cm., $h_1 = 17,8$ cm., $h_2 = 13,8$ cm.

$$H = 74,2 \text{ cm.}$$

(Zamiast 74,9 cm. Błąd względny : 0,9%).

JAROSŁAW CHEŁMIŃSKI.

O demonstrowaniu pewnych zjawisk z dziedziny widma.

Na podstawie praktyki mogę stwierdzić, iż nauka o promieniowaniu wogóle, a o świetle w szczególności, interesując bardzo młodzież, nie sprawia jej takich trudności, jakie — przy wielkiem zainteresowaniu — sprawia najwięcej „sensacyjna” nauka o elektryczności; dlatego też naukę o promieniowaniu uważam za najlepszy może rozdział fizyki, w granicach którego — przy licznych eksperymentach pokazowych oraz ćwiczeniach własnoręcznych młodzieży — można stosunkowo łatwo osiągnąć te cele, do jakich dążymy, ucząc fizyki w szkole średniej. Dlatego też więcej uwagi i czasu poświęciłem eksperymentalnej stronie nauki o promieniowaniu, czego wynikiem jest szereg eksperymentów pokazowych, nie wymagających kosztownych przyrządów, oprócz dobrej latarni projekcyjnej, którą ciągle posiłkuję się w optyce geometrycznej i fizycznej, jako źródłem wiązki silnego światła. W celu otrzymania takiej wiązki światła zamiast przezroczysta umieszczamy przy kondensatorze szybkę szklaną, oklejoną czarnym papierem, w którym zrobiono wąską (ok. 0,5 mm.) szczelinę długości ok. 1 cm. Puszczając w ten sposób otrzymaną wiązkę światła do roztworu np. fluoresceiny lub na biały ekran („Tarcza Hartla”), możemy przy zasłoniętych oknach wykonać wszystkie najważniejsze eksperymenty pokazowe wobec nawet licznej klasy.

Z tych eksperymentów opiszę zwięźle dwa, uważane często przez nauczycieli fizyki za trudne i wymagające kosztownych przyrządów, i demonstrowane — z tego powodu — tylko w nielicznych szkołach. Te eksperymenty były przeze mnie demonstrowane na posiedzeniach Sekcji fizycznej przy Kole Warszawskiem T. N. S. W.

1. Widmo dyfrakcyjne.

Zamiast przezrocza zakładamy opisaną wyżej szybkę ze szczeliną; po usunięciu obiektywu zasłaniamy otwór tekturką, w której zrobiona jest równoległa do szczeliny w szybce szczelina szerokości ok. 5 mm., dług. ok. 1 cm. Tę szczelinę zasłaniamy rozsuniętymi na 1 mm. ramionami suwaka z nonjuszem¹⁾, a wiązkę światła, które przeszło przez te dwie szczeliny, kierujemy na umieszczony w odległości ok. 1 m. biały ekran, prostopadle do jego odbijającej powierzchni.

Gdy teraz zwięźać będziemy szczelinę, utworzoną między ramionami suwaka, wówczas przy odpowiedniej szerokości (ok. 0,1 — 0,2 mm.) szczeliny na ekranie wystąpi bardzo wyraźne widmo dyfrakcyjne. Piękne widmo zobaczymy, gdy zbliżywszy oko do szczeliny, utworzonej między ramionami suwaka, patrzeć będziemy na szczelinę w szybce przy kondensatorze. Zobaczenie tego „subiektywnego“ widma przez wszystkich uczniów nawet licznej klasy trwa stosunkowo bardzo krótko.

W widmie dyfrakcyjnym, otrzymanem w ten sposób, oprócz białych i czarnych prążków widzimy prążki barwne. Chcąc pokazać widmo dyfrakcyjne światła „prostego“, zasłaniamy szczelinę szybką czerwoną, lecz w tym wypadku pokazujemy tylko widmo subiektywne, ponieważ silne pochłonięcie światła przez czerwone szkło prawie uniemożliwia dostrzeżenie widma na ekranie.

2. Widmo absorbcyjne sodu.

Zamiast przezrocza zakładamy opisaną szybkę ze szczeliną, której nadajemy kierunek pionowy. Gdy na drodze otrzymanej po przejściu przez obiektyw wiązki światła umieścimy pionowo dobry pryzmat szklany, oraz za pryzmatem — biały ekran, wówczas otrzymamy na nim widmo; w doświadczeniu tem należy starać się, ażeby barwne widmo było jak najintensywniejsze.

W pobliżu obiektywu (między obiektywem a pryzmatem) umieszczamy łyżeczkę do spalań w ten sposób, ażeby jej krawędź była na poziomie dolnej granicy wiązki światła (czyli na poziomie dolnego końca szczeliny w szybce). Pod łyżeczką umieszczamy lampkę spi-

¹⁾ Zamiast tekturki ze szczeliną i suwaka możemy zastosować szybkę szklaną, oklejoną czarnym papierem lub cynfolją ze zrobioną ostrym nożykiem bardzo wąską (0,2 mm) szczeliną, lub specjalną zasłonę z regulowaną zapomocą śrubki szczeliną (takie zasłony są stosunkowo tanie).

rytusową w ten sposób, ażeby najwięcej grzejąca część płomienia wypadła na dolnej powierzchni łyżeczki. W ogrzewanej w ten sposób łyżeczce umieszczamy kawałek (wielkości np. grochu lub fasoli) sodu, osuszonego bibułą. Gdy płomień sodu zasłoni wiązkę światła białego, wówczas w żółtej części widma ujrzymy wyraźną ciemną linię. Jeżeli przy paleniu się pierwszego kawałka sodu linii ciemnej nie zobaczymy, wówczas wrzucamy do łyżeczki drugi, trzeci i t. d. kawałek sodu, aż wreszcie ciemna linia się ukaże.

Uwaga: przed demonstracją tego doświadczenia wobec klasy należy samemu je przerobić; pryzmat należy przez obracanie tak na-
stawić, ażeby nietylko otrzymać widmo absorbcyjne sodu, lecz ażeby to widmo było jak najintensywniejsze.

ST. ZIEMECKI.

Przyciąganie i odpychanie ciał naelektryzowanych.

Początkowe doświadczenia z dziedziny elektrostatyki wykonywane są najczęściej przy pomocy wahadła elektrycznego. Zasadniczą wadą tego urządzenia stanowią małe rozmiary kulek; zdaleka są one prawie niedostrzegalne. Znalazłszy w jednej ze starszych książek niemieckich wzmiankę o tem, że do pokazów można używać rurek sklejonych z bibułki, wypróbowałem ten sposób. Okazało się, że rurki z cienkiej bibułki długości ok. 10 cm., o średnicy 0,8 — 0,9 cm., dają b. dobre wyniki. Zawiesza się je bądź na nitkach metalowych (np. na nitkach szychu, używanego do ubierania choinek), bądź na nitkach jedwabnych.

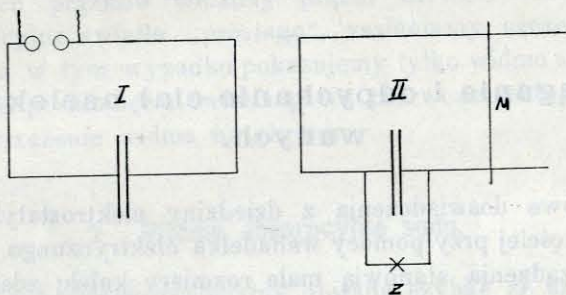
Pierwszy sposób stosujemy, gdy nam zależy jedynie na okazaniu przyciągania lekkich ciał (elektryczność wzbudzona tegoż znaku, co i wzbudzająca, spływa wówczas do ziemi). Laseczka ebonitowa przyciąga rurkę już w odległości 20 cm. Zawieszenie na jedwabiu jest konieczne, gdy chodzi o nadanie rurce określonego ładunku elektrycznego. Należy mieć na względzie, że spotykane w handlu materiały i nici jedwabne niemal zawsze są zrobione z jedwabiu sztucznego,

przewodzącego. Jedwab sztuczny nie nadaje się do celów elektrostatycznych. W większych sklepach można jednak zaopatrzyć się i w motki jedwabiu prawdziwego. (W Warszawie np. otrzymywano nici z jedwabiu prawdziwego w sklepie Kumrowa na Nowym Świecie).

ST. ZIEMECKI.

Demonstrowanie rezonansu elektrycznego.

Od kilku lat wyrabiane są lampki elektryczne, w których jarzą się gazy szlachetne, najczęściej neon z domieszką helu i pary rtęci (niem. Glimmlampen). Przekonałem się, że lampki te z wielką korzyścią mogą być używane w doświadczeniach, dotyczących rezonansu



Rys. 1.

elektrycznego. Lampki te u nas są rzadko spotykane w handlu; próbując je zastąpić innymi, stwierdziłem, że najlepiej do tego celu nadają się małe żarówki, stosowane w lampkach kieszonkowych. Przeglądając „Zeitschrift für physikalischen u. chemischen Unterricht“, znalazłem notatki o użyciu lampek jarzeniowych do rezonansu. Być może, iż moja uwaga o ich zastąpieniu nie będzie w naszych warunkach bezużyteczna.

Najprostsze doświadczeniem, stwierdzającym istnienie rezonansu elektrycznego, jest doświadczenie Lodge'a (Ob. t. III „Nauki fizyki“ Natansona i Zakrzewskiego, str. 190). Polega ono, jak wiadomo, na dostrajaniu butelki lejdejskiej II (rys. 1) zapomocą mostka ruchomego M. Dostraja się butelkę II do okresu drgań butelki I, włączonej

w obwód wtórny cewki Ruhmkorffa. Po osiągnięciu rezonansu otrzymuje się w obwodzie drugiej butelki o tyle silne napięcie, że w iskierniku, połączonym z obydwoma okładkami, ukazuje się jasna iskierka, której długość w przeciętnych warunkach doświadczenia jest rzędu 1 mm. Nadmienimy, że rysunek podany w cytowanym wyżej podręczniku nie jest dokładny w szczegółach i że wskazanie na to, iż iskierkę można otrzymać między dwoma skrawkami cynfolji, jest niewłaściwe, gdyż cynfolja topi się, a iskierka znika często w najważniejszym momencie.

W najlepszych nawet warunkach iskierka jest niedość widoczna dla całej klasy. Najlepiej zastąpić ją lamką jarzeniową typu literowego. Nie potrzeba na to żadnego specjalnego urządzenia, jakby można było mniemać z notatek niemieckich; wystarczy zwykła oprawka i połączenie drutami. Lampki jarzeniowe są u nas widocznie bardzo mało używane, gdyż w szeregu najpoważniejszych sklepów elektrotechnicznych w Warszawie nie wiadano o ich istnieniu. Opierając się na informacji, iż w Berlinie wyrabia je Towarzystwo „Osram“, zgłosiłem się w Warszawie do firmy „Żarówka Polska Osram“ (Królewska 11) i tu znalazłem na składzie lampki dwu typów: koszyczkowe i literowe. Można nabyć lampy, które świecą już przy napięciu rzędu 120 volt; takimi właśnie lampkami typu literowego posługiwałem się. Przy użyciu cewki średniej wielkości (długość iskry rzędu 8 cm) sala wyraźnie może obserwować rezonans, gdy odległość pomiędzy butelkami wynosi 70 cm; przy cewce większej rezonans jest dobrze widoczny, gdy odległość między butelkami wynosi 1 m.

Bardzo ładnie udaje się ten sam pokaz, jeżeli zastąpić lampkę jarzeniową żaróweczką z latarki kieszonkowej. Odległość pomiędzy butelkami lejdejskimi musi być jednak znacznie mniejsza. Koszt jest bez porównania niższy (lampka jarzeniowa kosztuje 5 zł. 50 gr.). Maximum występuje wówczas przy nieco odmiennej pozycji mostka ruchomego; być może dlatego, że pojemność lampki jarzenia jest stosunkowo duża.

W. JEZIERSKI.

Z e n i t a r j u m.

Przyrząd ten jest zmienionem nieco tellurjum. Wada tellurjów polega na zbyt małych wymiarach globusa oraz na tem, że wiązka światła, wychodząca z lampy, pomimo zwierciadła (niby) paraboloidalnego jest wyraźnie rozbieżna. Mimo te braki, tellurjum w nauczaniu

kosmografii, czy geografii matematycznej, jest pomocą szkolną pożądaną.

Przyrządu, który nazwaliśmy „zenitarjum“, używamy w szkole przed pokazem tellurjum.

Źródłem światła w zenitarjum jest żarówka, zasilana przez dwie baterje kieszonkowe, połączone równolegle w celu umożliwienia dłuższego funkcjonowania; tuż przed żarówką umieszczona jest diafragma z małym otworkiem; promienie, wychodzące z tego otworka, po przejściu przez kondensator tworzą wiązkę (niemal) równoległą, która



Rys. 1.

Zenitarjum wyrobu firmy Urania — Fizyka w Warszawie.

daje okrągły ślad świetlny na powierzchni globusa. Wiązka symbolizuje promień słoneczny, biegnący po linii środków Słońca i Ziemi (promień „zenitalny“).

Globus, wchodzący w skład zenitarjum, ma przeszło 25 cm. średnicy; układ dwóch (pod źródłem światła i pod globusem) przekładni zapewnia stałość kierunku osi globusa w czasie obrotu dokoła źródła światła. Nasada osi globusa może być przesuwana po pierścieniu kołowym, podzielonym na stopnie; można tedy oś globusa nachylać dowolnie do płaszczyzny „ekliptyki“, przyczem jednak środek globusa pozostaje nieruchomy. Ruchy obrotowe globusowi nadajemy ręką.

Gdy oś globusa jest prostopadła do płaszczyzny „ekliptyki“ (kąt 90°), ślad świetlny promienia „zenitalnego“ podczas ruchu globusa dokoła osi i dokoła źródła światła wędruje po równiku (0°). Nauczyciel zapisuje zatem:

$0^\circ \quad 90^\circ$

Jeżeli oś nachylimy pod kątem 80° , ślad świetlny promienia „zenitalnego“ wędruje pomiędzy $+10^\circ$ a -10° sz. geogr.

$10^\circ \quad 80^\circ$

W trzecim przypadku, gdy mianowicie oś nachylimy pod kątem 70° , ślad wędrować będzie między $+20^\circ$ a -20° sz. geogr.

$20^\circ \quad 70^\circ$

Nietrudno zauważyć, że każda z trzech powyższych par liczb (pary kątów dopełniających się) daje w sumie 90° .

Obserwacja ustaliła, że słońce w zenicie bywa tylko między $+23\frac{1}{2}^\circ$ a $-23\frac{1}{2}^\circ$ sz. geogr.; stąd wniosek na zasadzie poprzedniego:

„Oś Ziemi jest nachylona do płaszczyzny ekliptyki pod kątem $66\frac{1}{2}^\circ$ “.

Zwrotniki w rozważaniu tej lekcji występują wyraźnie jako *granice wędrówki śladu promienia „zenitalnego“ po powierzchni Ziemi* wbrew podawanej zazwyczaj *dogmatycznie* informacji, że są to równoleżniki $+23\frac{1}{2}^\circ$ i $-23\frac{1}{2}^\circ$.

Ustalamy ściśłą zależność pomiędzy szerokością geograficzną zwrotników a kątem nachylenia osi planety do płaszczyzny jej orbity.

Naprz. na Jowiszu, którego oś tworzy z płaszczyzną jego orbity kąt 87° , szerokość zwrotników wynosi zaledwie 3° . Gdyby oś ziemską była tak nachylona, co stałoby się z porami roku?

Obserwując uważnie i cierpliwie przebieg plamki świetlnej po powierzchni globusa w czasie całkowitego jego obrotu dokoła sztucznego słońca, można zauważyć, że ślad ten zatacza tor „śrubowy“ między zwrotnikami (oblicz liczbę zwojów!); w rzeczywistości zwoje tej linii w pobliżu zwrotników są zagęszczone, najrzadsze zaś przy równiku (dlaczego?).

G. WUTTKE.

Luźne uwagi o nauczaniu propedeutyki fizyki i chemji.

Wprowadzenie do programu niższych klas gimnazjalnych propedeutycznego kursu fizyki i chemji, tego bądź co bądź nowego przedmiotu, posiada bezsprzecznie duże znaczenie, stanowi znaczne posunięcie w rozwoju naszego szkolnictwa i powinno wydać bardzo owocne

wyniki. Tem bardziej, że wystarczający do tego celu wymiar godzin¹⁾, jako też przesunięcie środka ciężkości na ćwiczenia samodzielne uczniów, postawiły sprawę nauczania tego przedmiotu — przynajmniej teoretycznie — na właściwej płaszczyźnie.

Jednak teoria w tej sprawie znacznie wyprzedziła praktykę szkolną, która nie szczędzi utyskiwań, wysuwając sploty nieporozumień, wykazując niejednokrotnie niemożliwość realizacji założeń teoretycznych.

To też czas najwyższy, by cały szereg zagadnień, zarówno teoretycznych jak i praktycznych, spraw spornych w praktyce szkolnej nieustalonych a wymagających co rychlejszego rozstrzygnięcia ze względu na ich zasadnicze znaczenie pedagogiczne, poddać wszechstronnemu omówieniu i dyskusji zbiorowej.

Niniejszy artykuł ma właśnie na celu zapoczątkowanie tego, podając na razie luźne uwagi i myśli, które nasunęła praktyka szkolna i które nurtują wielu nauczycieli.

Przedewszystkiem należy wyświecić i ustalić stosunek Propedeutyki do Fizyki i Chemii na terenie szkoły.

Czem ma być propedeutyczny kurs tych nauk w stosunku do kursu zasadniczego, przewidzianego w programie klas wyższych? Czy ma dawać *wyłącznie wiedzę* w szczupłym „propedeutycznym” wymiarze — czy też, nie przywiązując zbytniej wagi do ilości wiadomości, skierować cały wysiłek na *rozwój myślenia*, uzdalniać, rozwijać myśl ucznia, nastawiać ją odpowiednio, stwarzać określony nałóg myślowy, umożliwiając późniejsze normalne studjum fizyki i chemii.

Co należy bardziej zaakcentować: zdobywanie pamięciowe wiadomości, czy też zdolności rozumowania? Czy wszystkiego potrochu, po łebkach, słowem czy propedeutyka ma być skrótem skrótu fizyki i chemii, — czy też ma i czy może się wyodrębnić, jako pewna niezależna poniekąd jednostka, jako dyscyplina metodyczno-pedagogiczna, stanowiąca swoistą odrębną całość w zespole przedmiotów szkolnych, wiążąc się z niemi, oczywiście tak, jak wszystkie one są powiązane wzajemnie?

Powstaje więc zagadnienie, czy propedeutyka powinna oglądać się niewolniczo na fizykę i chemję i liczyć się nie tylko z ich metodami i zagadnieniami, ale i z ich systemem, układem i zasobem treści — czy też, dążąc do wyzwolenia, wyszukać swoje własne, odrębne metody nauczania, troskliwie dobrać z przebogatej treści fizyki i chemii materiał odpowiedni do obserwacji, doświadczeń, badań, dociekań

¹⁾ Artykuł napisany przed ukazaniem się programów gimnazjum niższego z r. 1925.

i rozważań, by wywołać jak największe zainteresowanie, rozżagwieć isierki twórczej, badawczej myśli, tłać w duszy każdego dziecka i rozbudzić umiejętność myślenia, co wszystko razem należałoby uważać jako właściwy wstęp: „propedeutykę” do późniejszej samodzielnej pracy w przeogromnym gmachu fizyki i chemii?

Niewolnicą ma być, czy Wyzwoloną?

Przedwcześnie i pośpiesznie powiadamiając ucznia o wszystkich rozdziałach „dużej fizyki”, utrwalając w jego pamięci tylko dźwięki nazw obcojęzycznych, wypisując filuternie kredą na tablicy formuły magiczne praw, mozolnym trudem wieków zdobyte — czyż nie zaszczerpiemy w duszy ucznia, w zaraniu jego życia intelektualnego, najstraszniejszego z jądów, jadu — zarazy: nudy, obojętności i lenistwa myśli?

I czyż dziwić się temu można, że uczeń, ponad swe siły umysłowe (których naturalny rozwój zaniedbano) przedwcześnie powagą Nauki obciążony, zniechęca się w klasach wyższych do pracy, właśnie wtedy, gdy mógłby już swobodnie, samodzielnie, z całym zapalem młodzieńczym śledzić rozwijający się przepych myśli, jej zwycięstwa, dowcip i stalową konsekwencję. Lecz jad zniechęcenia zatruwa myśl; przyswojone pamięcią nazwy i wzory maskują treść zagadnienia, które nie nęci już swoją świeżością tajemnicy, nie chłosta woli, zmuszając ją do wysiłków, poszukiwań i rozwiązań. „Już się to słyszało” — i błyski zainteresowania w oczach gasną; pozostaje szare, monotonne tętno nauczania: objaśnienie, odpytanie i lęk przed złą notą.

A jednak jakże często słyszy się zdanie, że w propedeutycznym kursie fizyki i chemii nie można nic innego podawać, jak tylko fakty i fakty, przedmioty, konkretne przedmioty, pewniki i tylko pewniki. Żadnych rozumowań, żadnych „filozofij”. A więc żadnych wątpliwości, pobudzających myśl do pracy. To przedwczesne. Czyżby? Któż to stwierdził z taką pewnością, że dzieci nie potrafią rozumować, wyprowadzać wniosków, że tego nie lubią? A przedewszystkiem to ostatnie. I kiedyż ta zdolność się zjawia? Czyżby raptownie — zniecka, pewnego pięknego poranka? Wystarczy podpatrzeć dziecko podczas pierwszej lepszej zabawy, żeby się przekonać, że dziecko rozumuje stale, choć może odrębnie niż my, po „dziecinnemu”, ale rozumuje. I stopniowo doskonali tę sztukę; należy więc, by nauczanie nie zatrzymało tego naturalnego procesu rozwojowego, lecz przyspieszyło katalitycznie to, co się już narodziło, ćwicząc stale, gymnastykując budzącą się myśl, poddając jej — uprzednio *zainteresowanej* —

coraz to nowe, trudniejsze zagadnienia. Fakty, wiadomości, stają się wtedy środkiem, rozwijającym rozumowanie a nie celem, ćwiczącym pamięć.

Zgoda, że świat rzeczy i faktów dostępniejszy jest dla umysłowości dziecka, niż zawile rozumowanie. Lecz pocóż odrazu mamy dziecku podawać właśnie zawile rozumowanie — można przecież zacząć od prostych, prościuteńkich (co dziecko już samo czyni) i dopiero stopniowo przechodzić do coraz to bardziej skomplikowanych. I to trzeba czynić, a nie uciekać przed rozumowaniem, nadmiernie powiększając chaotyczny bagaż faktów. „Kiedys, kiedys zrozumiesz — jak dorośniesz“, słyshi się często. A dziecko, gdy dorasta, rzadko kiedy chce już zrozumieć i idzie w życie z „głową pełną gwoździ“. Lub też bywa inaczej: odpowiada się dziecku na jego zapytanie odrazu gotową najpoprawniejszą odpowiedzią, najnowszą teorią, terminem — fetyszem. I znowuż ucieczka przed rozumowaniem, *rozwojowem rozumowaniem*, znów zabito kielkującą myśl nowym gwoździem.

Gdy zastanawiamy się nad tem zagadnieniem, nasuwa się jeszcze uwaga. Rozwój dziecka wogóle, a więc i rozwój jego intelektu, powtarza w skrócie ogólny rozwój ludzkości. Od konkretności do abstrakcji, od rzeczy — przedmiotów do idei. Od „niezmienności“ *rzeczy* do *zjawisk*, przeistaczających te rzeczy, do odczucia życia wszechświata. Więc od *statycznego* utrwalania pamięcią różnic ciał, do *dynamicznego* myślenia, zapamiętane rozsypujące się skłębione, po wielokrotnie uzależnione od siebie wzajem zjawiska, życie Kosmosu tworzące. Zatrzymywanie więc rozwój dziecka na rozbudowie automatu pamięciowego znaczy to uczynić go kaleką duchową, odebrać mu całą rozkosz życia intelektualnego w jego najwyższej, dostępnej człowiekowi formie. Pozostanie wtedy chyba tylko kolekcjonowanie „wykutyh“ martwych symboli.

Chronić należy dzieci za wszelką cenę od przedwczesnej śmierci ich Myśli.

I jeszcze jedna uwaga. W nauczaniu, szczególnie początków, razi pośpiech: byle materiał przepisany wyczerpać. A tego „materiału“ dużo, dużo zawiera program, więc oszałamiający, kinematograficzny pęd nauczania i w ten sposób powstaje nowy skrót — ze „skrótów skrótów“. Czyż nie należałoby raczej rozpoczynać pracy bardzo powoli, nie spiesząc się — natomiast możliwie dokładnie i troskliwie zakładać fundamenty pod budowę wieloletniego gmachu Nauki. Wszelki bowiem pośpiech, bez należytego zasymilowania podstawo-

wych pojęć, mści się w sposób przerażający w latach późniejszych: rodzi brak zainteresowania, wytwarza niechęć do nauki, która wzrasta w miarę nagromadzania pośpiesznie przerobionego materiału naukowego. A pod ciężarem stale wzrastających, nowych nieporozumień, braków i luk, runąć musi cały ten gmach myśli, mozolnie lecz bez podstaw wzniesiony, niszcząc bezpowrotnie ogrom pracy i czasu zużytego.

Od samego początku więc należy żądać od ucznia też pracy uważnej, zastanawiającej się nad każdym szczegółem, i pracę tę umiejętnie a bezwzględnie u każdego kontrolować, wciągając do tego ogół klasy. Takie powolne „przerabianie materiału“ opłaci się wielokrotnie, gdyż oszczędzi późniejszego zbytecznego powtarzania, lub nawet cofania się do początków. Lepiej mniej, ale gruntownie, byleby nie uprawiać tandety myśli. Niech zakres pojęcia, które podajemy, będzie jak najwyższy, lecz zato, postępując zgodnie z rozwojem intelektualnym dziecka, opierając się na świecie faktów i zjawisk dobrze mu znanych, pozwólmy, by samo — bez narzucania z góry utartych myśli — powoli łączyło poszczególne elementy i samodzielnie dochodziło do wniosku. Podsunąć należy tylko nowe, nieznane dziecku *fakty*, nie wykonując za nie pracy kojarzenia i asymilacji. Nie ułatwiać mu pracy myślowej podsuwaniem gotowych i wielokrotnie przeżytych *myśli* i sformułowań, tylko stwarzać warunki, w których dziecko mogłoby zdobyć się na sąd samodzielny; w ten sposób zdobyta zostaje praktycznie metoda pracy. Przez obcowanie z nią stałe a nieznaczne i przez przyzwyczajanie się do niej, narzuca się dzieciom *nałóg myślenia naukowego*.

Gdy uczeń osiągnął pewną wprawę w wyprowadzaniu wniosków z faktów i zjawisk obserwowanych i omawianych w szkole, lub napotykanym w życiu codziennym, czy można już uważać pracę jego za wypełnioną, skończoną? Czy nauczyciel może na tem poprzestać? Nie! Jest on tym przekornym duchem, który sieje zaródz wątplenia, niewiarę w prawdziwość otrzymanego tylko co wniosku. „Czyż naprawdę, w istocie to tak jest?“ pyta się ucznia i sam podsuwa szeregi wątpliwości, burzących zdobytą przed chwilą tryumfującą pewnością. Jednak ten niezbędny krytycyzm w świadomości ucznia w stosunku do własnych wniosków nie powinien być przygniatającym, zbyt niszczącym zaufanie we własne siły — przeciwnie, powinien torować nowe drogi, wskazywać na konieczność uzasadnienia wniosku z innej strony, szukania jeszcze innych dowodów słuszności. W ten sposób nauczyciel budzić będzie pomysłowość dziecka, zmuszać je do wszechstronniejszego, głębszego rozpatrzenia faktu badanego lub zjawiska.

obserwowanego — do sumiennego skontrolowania tylko co przebytej drogi myślowej, azali nie tkwi gdzie niedostrzeżony narazie błąd. Ten proces myślowy zwiększy pewność wniosku przed chwilą wypowiedzianego, lub stać się może źródłem nowej koncepcji, nowego pomysłu, nowego doświadczenia.

Po każdej próbie zwątpienia prawda zdobyta jest pewniejszą, budzi radość większą. Prawda powiązana z drugą tworzy więcej niż dwie prawdy. Tak powoli prowadzone dziecko może odczuć to „coś więcej“, może odczuć tętno pracy myśli, pracy naukowej, jej radość, cichy przepych, pogodę i dostojność.

Siejmy zwątpienie — zbierzemy pewność.

Posiew zwątpienia, wywoływanie pozornych sprzeczności, prowadzi nie tylko do powtórnego, nieraz wielokrotnego, uprzątniania sobie badanych faktów, myśli rozważanych, ale uczy wiązania ich z poprzednio poznanymi, *syntezowania*. Wskutek tego uczeń utrzymuje w pamięci całość zjawisk, a nie śledzi bezwzględnie tylko ostatnie wiadomości — lekcje. W ten sposób fakty, zjawiska, pojęcia i myśli luzem stojące zespala się w całość — pojęcia „węzłowe“, które w coraz to innych zestawieniach z nowymi faktami lub pojęciami rozszerzają światopogląd, wprowadzają w świątynię Mądrości — w Jednię.

Nauka powinna rozpalać w duszy wrażliwej, niezatrutej jadem nudy, Święty Znicz zaciekawienia, a jakże często staje się martwą, mrozącą duszę chłodem powagi, udręką. Nauka, która jest mądrością i radością życia, stać się tak łatwo może tego życia utrapieniem i zgryzotą, będąc tylko ponurym spisem reguł, faktów, nazw, ślamazarnością ducha.

Nauka rozwijała się przez pomyłki, mimo błędów, których się nie lękała, owszem, wysiłkiem swym jędrnym pokonywać je zdołała i zdoła nadal po wieki. A my usuwamy skrętnie one pomyłki przed dzieckiem, by ono trosk nie zaznało, ale też i radości z pokonania onych trosk płynących.

Błąd nie jest grzechem, jest drogą najkrótszą do prawdy.

Nauka ogrom faktów wielorakich, otaczających nas, pakuje skrętnie a roztropnie, umiejętnie a użytecznie, do lilipucich puzderek — *symboli*, które dla tych, co owo pakowanie widzieli, przypatrywali mu się, może sami byli czynni przy niem, mają głębokie i pełne znaczenie. Lecz dla dziecka? — Dostaje ono zamknięte najczęściej pu-

delka. I nie. Nie raduje się, tylko się boi; boi, by nie zapomniało numerów kolejnych, wypisanych na nich. Symbolizujemy życie w nauce. Przepyszne zajęcie, przecudowne! Ale pozwólcie dziecku to samo czynić, nauczcie je, jak to się czyni, a nie każcie mu na pamięć uczyć się tego zsymbolizowanego życia! I ono ma przecież swoje prawa.

Ten zespół zagadnień, jak wprowadzić dziecko w Świątynię Myśli samodzielnej, wymaga od propedeutyki zastanowienia się, obrania najlepszej metody nauczania, przystosowanej do psychiki dziecka w tym wieku, metody niezależnej od metody stosowanej przy nauczaniu „dużej“ fizyki, co stanowić powinno pierwszą właściwość, a przeto odrębność wyzwolonej propedeutyki. I to jest pierwsza sprawa sporna, która musi być przedewszystkiem załatwiona.

G. WUTTKE.

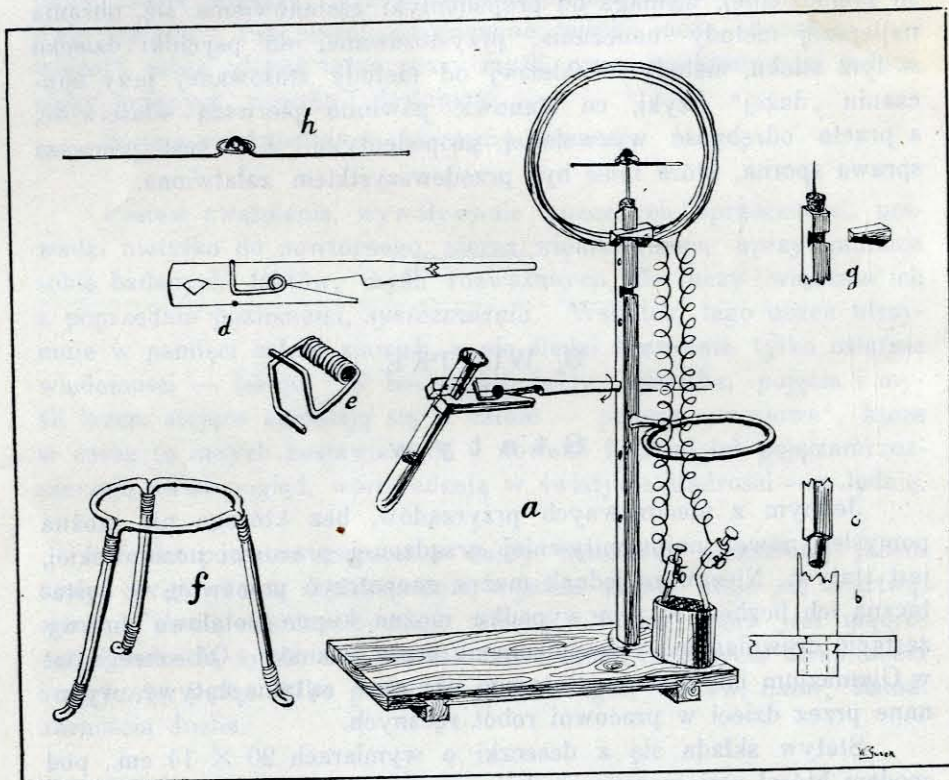
Statyw.

Jednym z nieodzownych przyrządów, bez którego nie można pomyśleć nawet najprymitywniej urządzonej pracowni uczniowskiej, jest statyw. Niezawsze jednak można zaopatrzyć pracownię w dostateczną ich liczbę. W tym wypadku można kupne metalowe statywy zastąpić drewnianymi, sporządzonymi przez uczniów. Od szeregu lat w Gimnazjum im. Stefana Batorego używane są takie statywy, wykonane przez dzieci w pracowni robót ręcznych.

Statyw składa się z deseczki o wymiarach 20×14 cm., pod spodem której umieszczone są dwie poprzeczne listewki, zapuszczone w deseczkę jak na rys., lub zwyczajnie przyśrubowane do niej, dzięki czemu deseczka nie paczy się, a statyw jest mniej wywrotny.

W deseczce wywiercony jest otwór o średnicy przynajmniej 3 cm. — na wylot przez deskę i listewkę, znajdującą się pod nią (rys. b). Do tego otworu wstawiamy słupek o przekroju kwadratowym zaopatrzony na końcu w zaokrąglony czop (rys. c). Czop powinien być dokładnie dopasowany do otworu, tak by słupek można było „ciasno“ obracać (strzałka na desce — rys. a). W słupku powiercone są otwory o średnicy 1 cm w odstępach co 5 cm, przyczem pierwszy otwór od dołu znajduje się na wysokości 15 cm. W otwory te można wstawić łapkę drewnianą o „rączce“ zlekką stożkowo wystruganej (rys. d). Łapkę taką można kupić gotową, lub z łatwością zrobić

z łapki używanej do celów fotograficznych, która dostarczy najtrudniejszej do samodzielnego sporządzenia części: sprężyny (rys. *e*); gumowe paski często spotykane nie są praktyczne. Na rysunku *a* widać również kółko druciane lub wycięte pileczką z „dykty“, służące do utrzymania lejków. Ogrzewać należy zawsze na siatce, która spoczywa na zwykłym trójnogu zrobionym z drutu (rys. *f*).



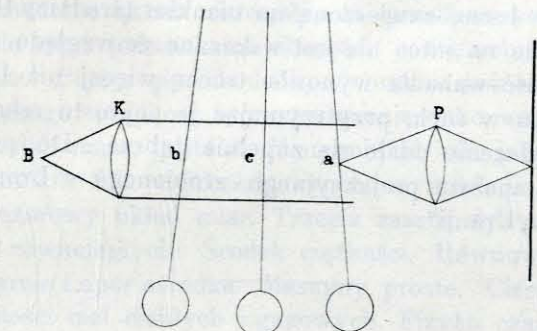
Rys. 1.

Statyw ten może mieć w praktyce laboratoryjnej uczniowskiej duże zastosowanie, gdyż przy tanioci swej i prostocie może służyć do przeprowadzenia wielu nawet skomplikowanych doświadczeń. Tak np. został (jak widać z rys. *a*, *g*, *h*) zastosowany do sporządzenia prostego galwanoskopu. Szpilka do włosów odpowiednio przesunięta przez „zatrzask“ używany w krawiecczyźnie i namagnesowana służy tu jako igła magnetyczna (rys. *h*). Obraca się na szpilce przechodzącej przez korek; do umocowania zwojów drutu służy klin wchodzący w boczny otwór słupka statywu (rys. *g*).

Z. KOWALCZEWSKA.

Demonstracja wahadła Foucault.

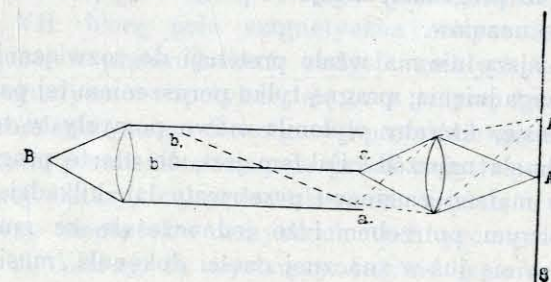
Demonstracja ta nastręcza zwykle w szkole dość duże trudności — wywołuje zaś ze strony uczniów wielkie zainteresowanie. Wygodny sposób tej demonstracji podaje von F. Harms w Physikalische Zeit-



Rys. 1.

schrift z 15 lutego 1924 r. Sposób ciekawy jest przez to, że już po jednym wahnięciu efekt jest widoczny, a po kilku wahnięciach zaobserwowany być może nawet w dużej sali.

Umocowuje się wahadło i w tem położeniu projektuje kawałek nitki na ekran w kierunku początkowego wahnięcia $a \rightarrow b$ na skalę S (rys. 1), przyczem B — to źródło światła, K — kondensor,



Rys. 2.

P — soczewka projektująca punkt a , A — obraz punktu a . Po puszczeniu w ruch wahadła obraz będzie niewyraźny, ponieważ wahadło przechodzi przez położenie c , b i z powrotem; wyraźnym stanie się znów po dojściu do położenia a , t. j. po jednym wahnięciu. Wobec tego, że po pewnym czasie płaszczyzna wahań $a \rightarrow b$ zmieni się

na $a_1 \rightarrow b_1$, więc i obraz A znajdzie się w punkcie A_1 (rys. 2, przekrój poziomy). Przy odpowiednim doborze długości wahadła, amplitudy wahań i ogniskowej soczewki projektującej, już po jednym wahnięciu obraz A przesunąć się może, jak twierdzi autor. Przy tak krótkotrwałym doświadczeniu błędy zawieszenia i wszystkie inne grają rolę minimalną, należy tylko zwrócić uwagę na możliwe zmniejszenie szkodliwych uderzeń przy puszczeniu w ruch wahadła.

Doświadczenie to przerobiłam. Jako wahadło wzięłam kulkę stalową o średnicy 1 cm, zawieszoną na cienkim (średnicy 0,1 mm) druciku. Zawieszenie na nitce nie jest wskazane ze względu na skręcanie się tejże. Długość wahadła wynosiła trochę więcej niż 1 metr. Wahadło puszczałam w ruch, przytrzymując je poprostu ręką. Po kilku próbach doświadczenie udało się zupełnie dobrze. Do projektowania nitki używałam aparatu projekcyjnego, zrobionego w firmie „Fizyka“, zakupionego w „Uranji“.

Z. KOWALCZEWSKA.

Szkic programu fizyki dla szkół humanistycznych.

Nauczanie fizyki w szkołach średnich ma obecnie przed sobą niezmiernie trudne zadanie — przystosowania programu z jednej strony do potrzeb życia, z drugiej do postępów wiedzy. Poza tem zaś rozszerzanie nadmierne programu, nie jest bynajmniej wskazane ze względu na przeciążenie uczniów.

Szkic niniejszy nie ma wcale pretensji do rozwiązania całkowicie tak trudnego zagadnienia; pragnę tylko poruszeniem tej palącej sprawy wywołać dyskusję, któraby wyłoniła nowe pomysły w tej dziedzinie i sprawę popchnęła naprzód. Faktem jest, że utarte programy fizyki, które z bardzo małymi zmianami przetrwały lat kilkadziesiąt, nie odpowiadają obecnym potrzebom i że jednocześnie ze zmianą metody nauczania, która się już w znacznej części dokonała, musi iść w parze gruntowna rewizja programów.

Program, o którym chcę mówić, przeprowadzany jest przeze mnie od lat paru w szkole prywatnej i różni się od oficjalnego tylko układem. Być może, że należałoby w nauczaniu fizyki wprowadzić bardziej radykalne zmiany.

A więc w szkole, w której pracuję, przeznaczone są na fizykę łącznie z chemią i kosmografią następujące godziny.

W kl. VI-ej 3 godz.: 2 teoretyczne i jedna praktyczna. Wobec dzielenia klasy na ćwiczenia, nauczyciel ma godzin 4. W kl. VII-ej 6 godzin, które dowolnie przeznaczam na fizykę lub chemję; dwie z nich przeciętnie poświęcam na zajęcia praktyczne. W kl. VIII-ej — 4 godz., z tych przeciętnie 1 przeznaczona na zajęcia praktyczne.

Program klasy VI-ej nie odbiega wiele od zwykle przeprowadzanego. Zaczynamy oczywiście od mechaniki, z której rzeczy trudniejsze przenosimy na początek kl. VIII-ej.

Jeśli chodzi o układ materiału, to przedewszystkiem następuje zaznajomienie się z jednostkami długości, powierzchni i objętości, następnie czasu. Potem przechodzimy do ruchu jednostajnego i jednostajnie zmiennego; prędkość i przyspieszenie jako wektory. Pierwsza zasada dynamiki, masa, gęstość. Mierzenie sił, siła jako wektor. Druga zasada dynamiki. Siła ciężkości, swobodne spadanie, przyspieszenie ziemskie; ciężarowy układ miar. Trzecia zasada dynamiki; grawitacja. Składanie sił równoległych. Środek ciężkości. Równowaga ciał. Praca i energia; tarcie i opór ośrodka. Maszyny proste. Ciśnienie i odkształcenie. Własności ciał ciekłych i gazowych. Fizyka cząsteczkowa. Wobec tego, że materiał tej klasy jest — szczególnie na początku — trudny, a godzin mało, to jest wszystko, co można zdążyć przerobić w tej klasie.

W kl. VII-ej początkowo wszystkie godziny przeznaczam na fizykę, chodzi bowiem o przerobienie znacznej części ciepła przed zaczęciem chemji. Po przejściu rozszerzalności i kalorymetrii prowadzę równocześnie fizykę i chemję, przeznaczając w środku roku szkolnego na tę ostatnią nieco więcej godzin. Po ukończeniu ciepła, t. zn. koło Bożego Narodzenia, przechodzę do magnetyzmu i elektryczności. Przytem w kl. VII biorę pole magnetyczne statyczne, elektrostatykę i prawa prądów w przewodnikach stałych, ciekłych i gazowych, aż do elektromagnetyzmu. Spotykam się tu z jedyną trudnością, a mianowicie z promieniowaniem Roentgena i promieniowaniem γ , gdy mowa o pierwiastkach promieniotwórczych, przed terją falową. Trudność ta jest tej samej natury, co promieniowanie cieplne, o którym zawsze się mówi przy cieple. Do wszystkich tych promieniowań wrócimy pod koniec kl. VIII-ej; tu wystarczy jedynie wzmianka o istnieniu owego niewidzialnego promieniowania. Przy traktowaniu elektronem budowy materji łatwo jest dać ogólne pojęcie o mechanizmie powstawania tego promieniowania, nie wdając się w mechanizm rozchodzenia się tegoż.

Kl. VIII: Krótkie powtórzenie praw prądów. Elektromagnetyzm. Termoelektryczność. Indukcja elektromagnetyczna. Następnie powrót do mechaniki. Po krótkim (w ciągu 2 lekcji) powtórzeniu zasad ki-

nematyki i dynamiki z kl. VI-ej przejście do ruchów krzywoliniowych — szczególnie wypadek ruch po kole. Prędkość kątowna. Siła dośrodkowa i odśrodkowa. Prawa Newtona i Keplera. Ruch harmoniczny prosty. Wahadło matematyczne. Ogólne pojęcie o ruchu obrotowym i momencie bezwładności. Ruch precesyjny. Kilka lekcji kosmografii z dziedziny rzeczywistych i pozornych ruchów ciał niebieskich i związanych z nimi zjawisk. Teoria falowa — fale podłużne i poprzeczne. Własności fal na tle akustyki. Promieniowanie poprzeczne. Przypomnienie własności pola elektromagnetycznego. Prądy szybkozmienne. Obwody drgające. Fale elektromagnetyczne. Radjotelegrafia i radio-telefonja. Lampa elektroniczna. Promieniowanie krótkofalowe. Światło. Uginanie się światła, rozczepienie przy ugięciu. Długość fali i mierzenie jej. Fotometria. Prędkość światła. Optyka geometryczna. Przyrządy optyczne. Rozczepienie w załamaniu. Rodzaje widm. Analiza spektralna. Zastosowanie tejże do badań kosmogonicznych. Kilka lekcji z kosmografii opisowej. Promieniowanie ultrafioletowe i ultraczzerwone. Serje widmowe. Pominiowanie Roentgena i serje promieni Roentgena. Promieniowanie γ . Rzut oka na całe widmo elektromagnetyczne w związku z teorią elektronową.

Motywy, które mi nasunęły plan powyższy, były natury praktycznej i teoretycznej. Motywy praktyczne to połączenie fizyki i chemii w kl. VII-ej Teoria jonów znakomicie mieści się przy prawie Faraday'a, wobec tego nie potrzeba tej sprawy poruszać dwa razy, stąd oszczędność na czasie. Poza tem wobec rozwoju techniki elektrycznej uważam, że należy możliwie szybko zapoznać uczniów ze zjawiskami i prawami nauki o elektryczności. Jeśli chodzi o motywy teoretyczne, to — wobec konieczności elektronowego traktowania budowy materji oraz emisji i absorpcji promieniowania — optyka mimowoli przesuwają się poza elektryczność.

Trudności, na jakie natknęłam się przy takim planie, nie były większe, niż przy innych układach. Trudności te znakomicie może pomóc pokonać podręcznik prof. Natansona i Zakrzewskiego, którego układ ostatecznie utwierdził mnie w słuszności zmian, które proponuję.

Na korzyść powyższego układu przemawia jeszcze i to, że ciężkości ćwiczeń praktycznych przeniesiony jest na klasę VII-mą. Tam się bowiem mieszczą wszystkie ćwiczenia z ciepła oraz duża część ćwiczeń z elektryczności. Odciąża to klasę VIII-mą, która i tak ma duży materiał do przerobienia. Pozostaje więc tu część poważniejszych ćwiczeń z elektryczności jak np. mostek Wheatstona lub busola stycznych, oraz ćwiczenia optyczne — zupełnie łatwe. Cały wogóle koniec klasy VIII-ej jest zajęty przez optykę, łatwiejszą od elektryczności, co jest również wielkim plusem, bo wypada to zwykle

w tym czasie, gdy przepracowanie uczniów kl. VIII-ej wpływa raczej ujemnie na tempo kursu. Spokojne zaś przerobienie elektryczności w kl. VII-ej, z krótkim powtórzeniem na początku VIII-ej kl., doskonale wpływa na przyswojenie trudnych pojęć z tej dziedziny.

MARJAN JALEWSKI.

Pojęcie prędkości.

Pojęcie prędkości średniej w nauce fizyki w szkole ogólnokształcącej jest jednym z tych pojęć, które wymagają dużego wysiłku umysłowego ucznia (szczególnie na niższym stopniu nauczania). Uczeń staje bowiem po raz pierwszy przed zadaniem ścisłego określenia pojęcia znanego mu intuicyjnie z życia codziennego i podsunięcia mu treści istotnej, uwolnionej od rzeczy przypadkowych, pozwalającej na stosowanie go w nauce ścisłej.

Problem wprowadzenia pojęcia prędkości średniej wymaga również wielkiej ostrożności nauczyciela; na pojęciu tem bowiem opierają się niektóre dalsze pojęcia kinematyki i od zrozumienia pojęcia prędkości przez uczniów zależy nie tylko należyte zrozumienie pojęć dalszych, ale również łatwość przyswojenia ich sobie.

Dwie te okoliczności są powodem niniejszego artykułu; o ile druga z nich nie wymaga bliższych wyjaśnień, o tyle co do pierwszej można powiedzieć, że niedocenia się naogół trudności zrozumienia pojęcia prędkości, z jakimi walczy umysł ucznia.

Znaczna część podręczników z pojęciem tem załatwia się w kilku wierszach, przyjmując rzekomo przystępne, ale fałszywe określenia w rodzaju drogi przypadającej na pewien czas¹⁾. Do tego przyłącza się jeszcze ta okoliczność, że przy wprowadzaniu pojęcia, o którym mowa, nauczyciel używa przeważnie metody werbalnej. Aczkolwiek nie ulega wątpliwości, że można ją stosować w tym wypadku z powodzeniem, to jednak ciekawa i dająca może lepsze wyniki, byłaby próba zastosowania „heurezy“ także przy wprowadzeniu pojęcia prędkości. Przytoczony poniżej protokół lekcji, odbytej w III-ej klasie gimn. (z końcem r. szk.), przedstawia jedną z prób w tym kierunku.

¹⁾ W sprawie tej, nie podlegającej zresztą dyskusji, wypowiedzieli się dostatecznie uczeni tej miary, jak Poske, Mach, Höfler i wielu innych.

Stojąc na stanowisku, że w określeniu pojęcia musi być zawarty sposób pomiaru danej wielkości, niektórzy autorzy¹⁾ przyjmują matematyczne określenie prędkości średniej (stosunek przebytej drogi do czasu, w którym została przebyta). Według innych²⁾ prędkość nie jest czysto matematycznym wyrażeniem, określa raczej stan ciała poruszającego się, mierzony stosunkiem drogi do czasu.

Maxwell³⁾ nazywa prędkością cząstki stopień lub miarę ruchu, a jej wielkość wyraża, mówiąc, że cząstka przebiega pewną oznaczoną przestrzeń w ciągu pewnego oznaczonego czasu. Nie wdając się w dyskusję nad powyższymi poglądami, należy wybrać ze względów dydaktycznych określenie matematyczne, jako najbardziej przystępne i odpowiednie dla umysłu ucznia w szkole ogólnokształcącej.

Zanim uczniowie przystąpią do rozważania pojęcia prędkości, powinni przedtem już zapoznać się z określeniem ruchu, łatwymi przykładami układów odniesienia i względnością ruchu, a także — jak to przewidują programy szkolne — z jednostkami długości i czasu. Uczniów można też zapoznać z pojęciem punktu geometrycznego, proporcjonalnością prostą i wykresami. Następnie należy przeprowadzić podział ruchów na proste i krzywoliniowe, co przy pomocy układów odniesienia da się łatwo uskutecznić.

Dysponując temi wstępnymi wiadomościami, oraz pojęciem ruchu prostoliniowego, uczniowie wykonywają ćwiczenie (np. niżej opisane), mające doprowadzić ich do stwierdzenia, że w celu dokładnego poznania i opisanie jakiegoś ruchu prostoliniowego nie wystarczy zważać na samą tylko drogę przebytą, albo tylko na czas, potrzebny do przebycia tej drogi, ale, że trzeba koniecznie oba te czynniki wziąć równocześnie pod uwagę, oraz że nie potrzeba brać żadnych innych.

Jak tego dowiodły próby czynione z uczniami (nawet 3 klasy) tutejszego gimnazjum, uczniowie po takim przygotowaniu sami wpadają na myśl charakteryzowania ruchu prostoliniowego stosunkiem drogi do czasu i zupełnie dobrze zdają sobie sprawę z tego, że w liczbie tej zarówno droga, jak czas są uwzględnione. Nazywając stosunek ten prędkością średnią, podaje nauczyciel dokładne określenie pojęcia. Ten sposób wprowadzenia pojęcia prędkości średniej ma następujące zalety:

1) Podaje określenie możliwie ściśle, usuwa różne niedomówienia i możliwość fałszywej interpretacji pojęcia.

¹⁾ Natanson — Zakrzewski, tom I.

²⁾ F. Poske. Didaktik d. physikalischen Unterricht. Str. 119.

³⁾ Maxwell. Materja i ruch.

2) Ułatwia znakomicie wprowadzenie pojęcia prędkości chwilowej.
3) Usuwa konieczność ciągłego prostowania, że prędkość nie jest drogą.

4) Ułatwia zrozumienie sposobu tworzenia jednostek pochodnych.

5) Pozwala obejść się bez intuicyjnego stwierdzenia równości lub nierówności prędkości, które to intuicyjne stwierdzenie dokonywa się w umyśle ucznia zwykle przez zamianę prędkości na drogę, względnie w pewnych wypadkach na czas.

Protokół lekcji odbytej dnia 14 czerwca 1926 r.

Uczniowie, podzieleni na grupy po 6, wyprowadzeni na podwórze, wykonywają następujące ćwiczenie. Każda grupa odmierza sobie pewien tor do biegu (18, 20, 23, 25, 27 m), przyczem poleca się każdej grupie odmierzyć inną długość. Następnie połowa uczniów pierwszej grupy staje do biegu, połowa zaś ze stoperami ustawia się na mecie. Każdy z uczniów biegnących ma osobnego kontrolera ze stoperem. Na dany znak uczniowie ruszają biegiem, równocześnie drudzy naciskają stopery; w chwili, gdy uczeń przebiega metę, jego kontroler zatrzymuje stoper. Czas potrzebny na osiągnięcie mety zapisują. Po ukończeniu biegu pierwszej grupy, staje do zawodów druga, potem trzecia i t. d. Uczniowie wracają do klasy i jeden z nich wypisuje na tablicy wyniki biegu grupy pierwszej, osobno drugiej i t. d. w sposób następujący:

Grupa I. tor 18 m.

Nazwisko ucznia	Czas potrzebny na osiągn. mety

Podobnie dla grupy II, i t. d.

Stawiamy uczniom pytania: 1) Który z uczniów grupy I biega najlepiej, przyczem wyjaśniamy, że za ucznia najlepiej biegającego trzeba uważać takiego, który przy zawodach przybiegłby pierwszy do mety; 2) po czem można poznać w wypisanej tabelce, który uczeń pierwszej grupy biega najlepiej? Powtarzamy to samo z resztą grup.

Uczniowie stwierdzają, że jeżeli tor dla kilku uczniów był wspólny, to sam czas wystarczy, żeby ocenić, który z uczniów biega najlepiej (czas najmniejszy).

Ponieważ tory różnych grup różniły się od siebie niewiele, więc zdarzyło się w kilku wypadkach, że tory różnych grup przebiegali uczniowie w równych czasach. (Gdyby się to nie było zdarzyło, byłbym odpowiednio ćwiczenie przeprowadził: bieg w równych czasach, następnie odmierzanie drogi). Doprowadzam uczniów do stwierdzenia, że jeśli uczniowie przebiegli różne drogi w równych czasach, to za najlepiej biegnącego, należy uważać tego, u którego droga jest największa; ta droga wystarczy do oceniania „dobroci biegu“.

Wybieramy następnie z każdej grupy najlepiej biegnącego i sporządzamy następującą tabelkę:

Nazwisko	Długość toru	Czas

Pytanie: Jak znaleźć teraz ucznia najlepiej biegnącego.

W celu znalezienia odpowiedzi trzeba z uczniami przeprowadzić dyskusję, w której ma się okazać, że żadne inne czynniki nie wpływają na ocenę dobroci biegu, prócz drogi i czasu; następnie muszą uczniowie stwierdzić, że w ostatniej tabelce ani sama droga, ani sam czas nie wystarczają do oceny „dobroci biegu“. Ponieważ sam czas, lub sama droga nie wystarczają, zaś „dobroć biegu“ od innych czynników (przeszkody pomijamy) nie zależy, więc może tylko jeden wypadek zachodzić: zależność „dobroci biegu“ równocześnie od czasu i drogi. Uczniowie w tej chwili wpadają na tę myśl. Teraz przystępują do rozwiązywania pytania, który uczeń biegnie najlepiej; zupełnie im w tym nie pomagam. Podają sami kilka sposobów obliczania, sprowadzających się do 1) obliczenia czasu, przypadającego na jednostkę drogi u wymienionych uczniów i 2) drogi, przypadającej na jednostkę czasu. Pozwalam dwóm, podającym sposób rozwiązania, wykonać odpowiednie rachunki na tablicy w sposób dowolny (robią przeważnie rozumowaniem), wymagam tylko zapisania przy wyniku (liczbie), skąd się wzięła ostatecznie.

Doprowadzam do stwierdzenia, że ta jedna liczba wystarcza do oceny „dobroci“ biegu, że każda z nich powstała przez uwzględnienie i drogi, i czasu. Nie potrzeba obu obliczać przy badaniu „dobroci“ biegu, jedna wystarczy: wybieramy drugą. Uczniowie sami odpowiadają na pytanie, jak znaleźć tę liczbę (dzielenie, ułamek, iloraz, stosunek).

Określam teraz „prędkość średnią“ jako stosunek s/t i od razu wprowadzam jednostkę cm/sek . Tłumaczę uczniom jeszcze znaczenie słowa „średnia“: uczeń biegł początkowo wolno, bo się rozpędzał, potem prędzej i wykazuję, że te różne biegi nie były uwzględnione w rachunku.

Na zakończenie zadaję pytanie: Spróbuj mi powiedzieć, co to jest prędkość, nie używając określenia s/t . Po kilku próbach, które uczniowie sami zbijają (szczególnie używając jednostek cm/sek na dowód, że nie jest to droga) okazuje się, że jest to jedyne określenie.

Z WARSZTATÓW PRACY.

Pracownie fizyczna i chemiczna w Warszawskim Muzeum Pedagogicznym.

L. P.

1.IX. 1915 — 5.XI. 1917.

W pierwszych dniach września 1915 r. opróżniono w gmachu byłego gimnazjum rosyjskiego — Jezuicka 4 — pokój o wymiarach $5,5 \times 5,2 \times 2,9$ m. (po byłym szpitalu wojskowym rosyjskim i po krótkim pobycie w nim wojsk niemieckich), założono światło, odszukano i otwarto kanał wentylacyjny gazowy, oszklono okna, opatrzone drzwi oczyszczono kanalizację, założono krany czerpalne, usunięto istniejące na ścianach napisy kliniczne, wzgl. dialekt żołnierski rosyjsko-niemiecki, ustawiono w środku pokoju stół ($3,6 \times 1,2 \times 0,8$) i 12 taboretów — i tym sposobem przygotowano pomieszczenie na pracownię, mogącą pomieścić dosyć wygodnie 12 osób.

Równoległe z powyższymi zabiegami gospodarczymi prowadzono poszukiwania pomocy szkolnych laboratoryjnych. Aczkolwiek inwentarza pisanego nie znaleziono, a stan faktyczny na miejscu przedstawiał obraz zupełnego chaosu, jednak podniętą do poszukiwań były: 1) wiadomości, że już przed wojną istniały (w wyżej wymienionym gmachu) zaczątki pracowni fizycznej, 2) rachunki firmy: Woltmann-Kaldonek, która dostarczała tej pracowni komplety laboratoryjne. W rezultacie udało się odnaleźć kilka suwaków, śrub, wag z odważnikami, dilatometrów, kalorymetrów — środki dostateczne, by uruchomić pracownię.

Przedstawione wyżej urządzenia pracowni, jako też jej zasoby w zaopatrzeniu zdecydowały o następujących zasadach organizacji pracy. Komplet pracujący składał się z 12 osób i kierownika; zasadniczy temat laboratoryjny był dla wszystkich pracujących wspólny; zależnie od zaopatrzenia laboratoryjnego temat ten mógł być przera-

biany jednocześnie i równoległe w grupach sześciu, czterech, trzech; jeżeli (wyjątkowe) warunki pozwalały, przerabianie tematu samodzielne obowiązywało każdego uczestnika.

Zakres tematu bywał możliwie tak wymierzony, by na jego ogólne omówienie, przerobienie laboratoryjne, obliczenie, zestawienie ogólne i wnioski wystarczyły dwie godziny.

Zajęcia w pracowni — z jednej strony jako nowość pozaprogramowa, z drugiej zaś jako odbywające się poza gmachem właściwej szkoły — nie mogły być uwzględnione w normalnym rozkładzie lekcyjnym danej szkoły. Stąd zagadnienie: jak zorganizować czas pracy ucznia, rozwiązano w ten sposób, że zajęcia te odbywały się w czasie pozaszkolnym, w takim wymiarze, by na ucznia przypadała średnio jedna godzina tygodniowo, przytem nieobowiązkowo, gdyż ani ówczesny Wydział Oświecenia, ani poszczególne kierownictwa szkolne, wobec ogromnych zadań organizowania szkolnictwa w nowych warunkach politycznych nie zwracały specjalnej uwagi na omawianą sprawę nauczania fizyki i chemii.

Jednak na tem miejscu wypada stwierdzić, że już ówczesny stan umysłów, zarówno u kierujących szkolnych, jak i u kierowanych, był taki, że idea była życzliwie przyjęta przez pierwszych, z zapalem przez drugich. Wynik był ten — najważniejszy — że zajęcia stały się moralnie obowiązkowe.

Jakież były rodzaje uczelni, które korzystały z pracowni? Oto ich imienny spis:

Towarzystwo Kursów Naukowych. (Obecnie: Wolna Wszechnica).

Szkoła Techniczna Kolei Warszawsko-Wiedeńskiej.

Uniwersytet dla Dorosłych.

Pensje żeńskie:

H. Gepnerówny,

K. Kochanowskiej,

C. Platerówny.

Razem 6.

W wymienionych instytucjach szkolnych nauczającym fizyki i chemii był ten sam nauczyciel; godziny jego zajęć w pracowni nie były przez szkołę opłacane.

Jaką była ówczesna tradycja nauczania fizyki i chemii, i co z niej w nowej pracowni zostało? Oddawna robiono (niezawodzące) doświadczenia kredą na tablicy. Później — dzięki teoretycznym pracom Wł. Dawida i znakomitym popularyzatorom: M. Brzezińskiemu, Ig. Heilpernowi, St. Kramsztykowi — powstał typ nauczyciela fizyki i chemii, wędrownego demonstratora, wożącego i noszącego ze sobą do

szkół, w których nauczał, wymyślne (często własnej konstrukcji) przyrządy, służące do pokazu. Trwało to dziesiątki lat z wynikiem takim, że w końcu już nie dyskutowano, nie kwestjonowano potrzeby pokazów. Pracownia przy ul. Jezuickiej liczyła się z tym faktem. Stąd — obok organizowania pracowni jako takiej — prowadzono równocześnie starania o urządzenie sali pokazowej.

Sposobność do tego dawała sąsiadująca z pracownią sala o wymiarze $8,4 \times 5,3 \times 3,2$ m., o trzech oknach, z gotowym pionem wodnym, gazowym i elektrycznym. Na 1 grudnia 1915 r. ogólne urządzenie sali było gotowe; obejmowało ono: 1) stół pokazowy (o wymiarze $4,0 \times 0,8 \times 0,9$), zawierający gaz i gazową suszarnię, prąd zmienny i stały (prostownik Graetza), 2) pion wodny, 3) kanał wentylacyjny z gazem 4) tablicę przesuwaną z ekranem, 5) ekran boczny, 6) zasłonę automatyczną na trzy okna (ciemnia), 7) lampę projekcyjną, 8) dziewięć ławek szkolnych, amfiteatralnie ustawionych.

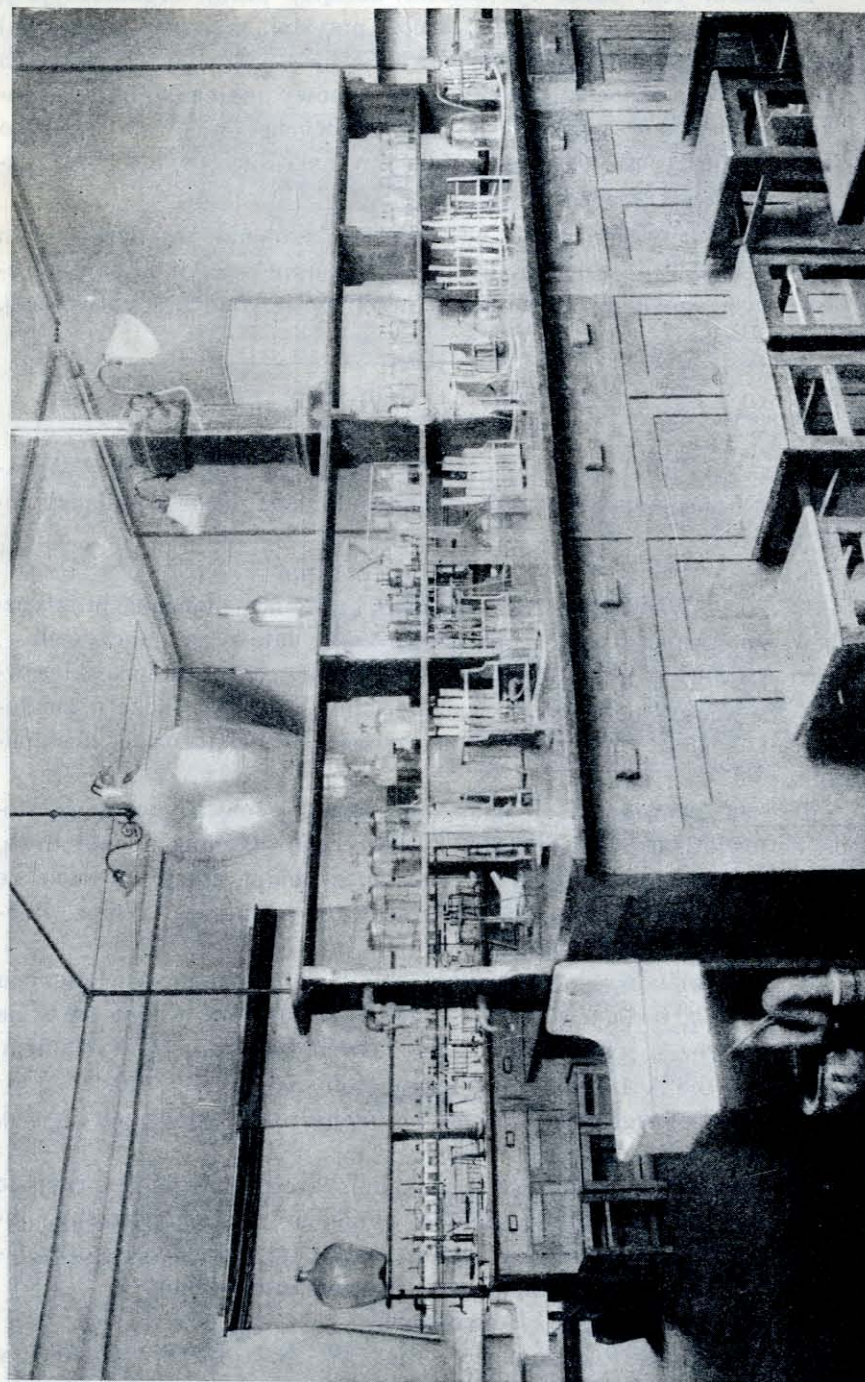
Poszukiwania, prowadzone w salach i szafach gmachu, doprowadziły do względnego skompletowania mniej okaleczonych przyrządów pokazowych, których defekty zaczęto usuwać z pomocą warsztatu wymienionej wyżej firmy: Woltmann — Kaldonek.

Stan posiadania wzrósł w tym czasie do czterech sal (I piętro oficyny): sala ćwiczeń, sala pokazów, sala zbiorów ($3,9 \times 5,6 \times 2,9$), pokój przygotowawczy $5,5 \times 5,2 \times 2,9$.

Wydatki obejmowały pozycje: 1) opał, 2) światło, 3) woda i kanały, 4) porządki, 5) reperacja pomocy, 6) zakup nowych pomocy.

Dla zaspokojenia pierwszych trzech elementarnych potrzeb wprowadzono opłatę od szkolnych instytucji, korzystających z pracowni na miejscu. Opłata wynosiła: 3 ruble, względnie 7 marek 50 fen. miesięcznie od szkoły, niezależnie od ilości godzin w tygodniu, oddanych szkole. Tym sposobem otrzymywano stale od szkół rubli 18, względnie marek 45 miesięcznie. Z powodu, że miesięczne wydatki rzeczowe przekraczały owe wpłaty, deficyt musiał być pokrywany innymi sposobami. Unikano wszakże podnoszenia opłat, uważając, że należy z początku dorabiać się kapitału moralnego, t. j. zaufania, a potem wprowadzać podwyżkę opłat pieniężnych. Taki stan rzeczy trwał do 5.XI 1917 r., t. j. do chwili, kiedy pracownia została przemianowana na Muzeum Pedagogiczne m. st. Warszawy.

Dowodem wzrastającego zaufania może być skierowane do pracowni przez Wydział Oświecenia dnia 13 lipca 1916 r. pismo, polecające przewiezienie z gmachów pofabrycznych przy ul. Siennej 51, „gabinetu fizycznego i wszelkich pomocy szkolnych“ do gmachu przy ul. Jezuickiej Nr. 4.



Dwuletni ten okres był czasem zaciętej pracy organizacyjnej, która promieniowała (wyrażenie, które przystoi pracowni fizycznej) na wolę młodzieży tak, iż ta dobrowolnie, bez nakazu, w godzinach popołudniowych, często głodna, w czas zimowy nierzadko bosa, w porze zaś letniej bez wakacyj wypoczynkowych, pracowała nie tylko w zakresie programu szkolnego, ale i w zakresie zwyczajnych porządków gospodarczych.

I kiedy w owym czasie na świecie pokolenia we wzajemnym niszczeniu się kładły się do mogił, odurzone oparem krwi, tutaj powstawało nowe życie pokolenia młodego, odurzonego oparem pracy twórczej.

5.XI 1917 — 30.VI 1926.

Data 5.XI 1917 r. skalę pracy znacznie podniosła. W „Wyjaśnieniu” do pierwszego budżetu Muzeum Pedagogicznego między innymi powiedziano:

Muzeum Pedagogiczne ma spełnić zadanie:...

1) Utrzymywać pracownię fizyczną i chemiczną do zajęć praktycznych dla nauczycieli szkół miejskich i kandydatów na nauczycieli...

Stosownie do nowych warunków osobowych (zastępca kierownika, palacz, dwóch woźnych) i materialnych (stały budżet) zbudowano całkowicie i odnowa odrębną pracownię chemiczną o następującym wyposażeniu:

2) Sala ćwiczeń na 26 miejsc, obszerna, jasna, z gazem na stołach, ze światłem elektrycznym, z wentylacją okienną i motorową, z dwoma wyciągami, z wodą w stołach, z pompą ssącą, wreszcie ze stołami, wzorowanymi na stołach pracowni chemicznej Warsz. Politechniki. Wymiar sali $13,9 \times 7,2 \times 3,6$.

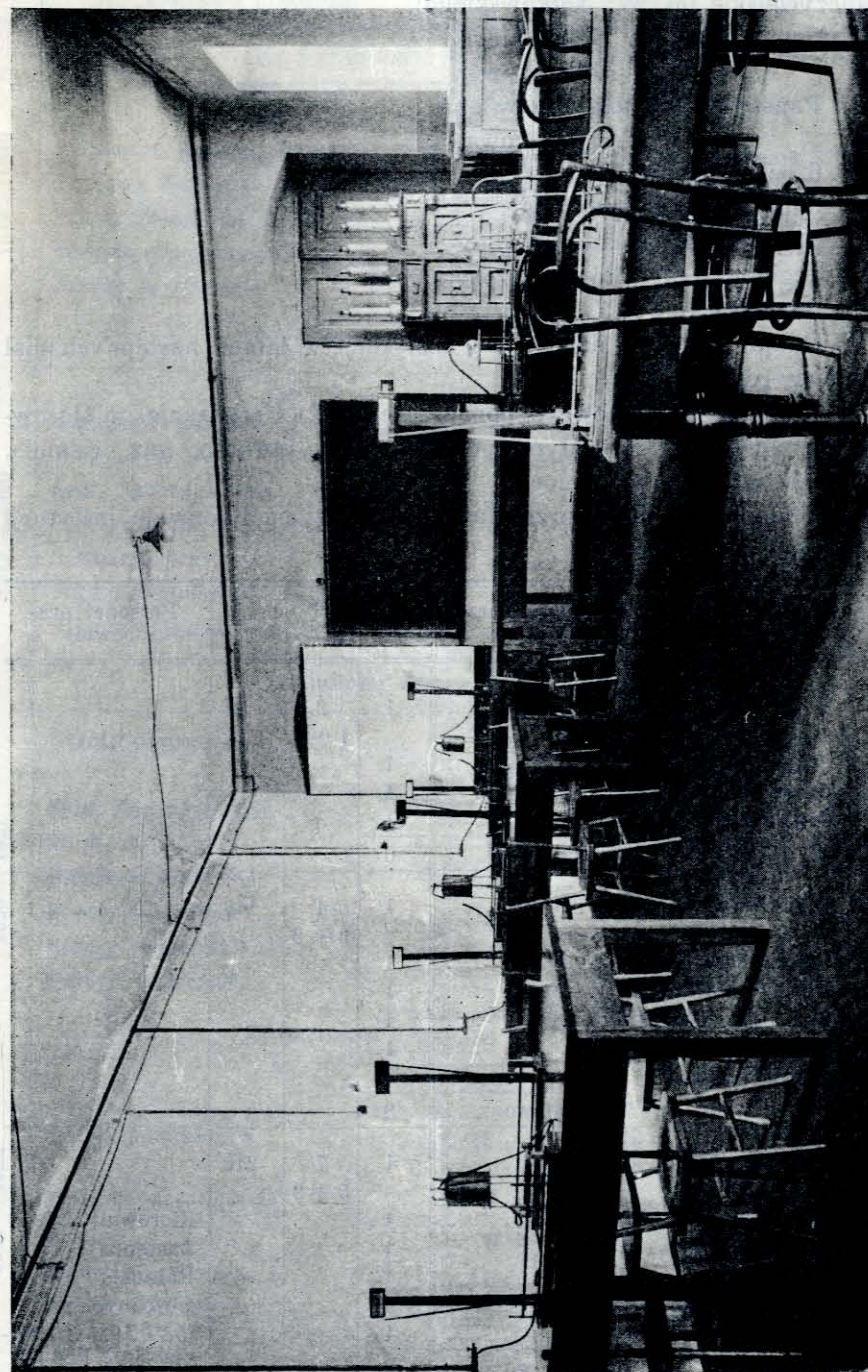
3) Mała sala wykładowa o 30 miejscach z sutem oświetleniem elektrycznym, z instalacją na prąd stały, z instalacją wodną (w stole doświadczalnym) i gazową (w stole doświadczalnym), z wyciągiem. Wymiar sali $6,8 \times 4,9 \times 3,7$. Wymiar stołu $3,8 \times 1,4 \times 1,0$.

4) Pokój przygotowawczy na 11 miejsc, tak samo, jak wyżej, z wodą, gazem, prądem, wentylacją.

Tym sposobem do czterech ubikacji okresu ubiegłego przybyło nowych trzy. Powiększenie to było wynikiem istotnej potrzeby, dowodem czego jest następujący wykaz instytucji szkolnych, korzystających w następstwie na miejscu z urządzeń pracownianych.

Towarzystwo Kursów Naukowych.

Roczny Kurs Pedagogiczny Min. W. R. i O. P. (późniejszy P. Wyższy Kurs Nauczycielski).



Kursa dla kandydatów na nauczycieli (obecnie Państwowe Kursy Nauczycielskie im. W. Nałkowskiego).

Seminarjum im. Konarskiego

" " Orzeszkowej.

Państwowa Szkoła Budowlana.

" " Drogowa.

6 szkół miejskich.

Seminarjum Ursynowskie.

3 gimnazja żeńskie prywatne.

1 gimn. Rady Głównej Opiekuńczej.

Razem 17.

Odtąd charakter działalności instytucji w latach następnych miał przebieg typowo taki:

1) Zdobywanie nowego pomieszczenia. 2) Urządzanie go stosownie do uprzednio dojrzałych potrzeb: woda, światło, gaz, ciemnia, stoły; zaopatrzenie w pomoce.

Następująca tabela przedstawia obraz życia i rozwoju instytucji z biegiem lat:

	Zakłady i instytucje szkolne, korzystające z pracowni	Ilość sal i pomieszczeń	Inwen. pomocy	Personel pracowni
1915 — 1916	T. K. N.	1	2	1
	Szkoła Tech. K. W. W.	1	1 + 1	
	Uniw. dla Dorosłych	1		
	Pensje żeńskie	1		
	Tygodniowo	6		
1916 — 1917	T. K. N.	1	4	1
	Szkoła Tech. K. W. W.	1	2 + 2	
	Uniw. dla Dorosłych	1		
	Sem. im. Konarskiego	1		
	Sem. Ursynowskie	1		
	Pensje żeńskie	3		
	Tygodniowo	8		
1917 — 1918	T. K. N.	1	7	5
	Szkoła Tech. K. W. W.	1	5 + 2	
	P. Kurs Naucz.	1		
	P. Szkoła Budowlana	1		
	Gimn. prywatne	4		
	Szkoły powszechne	4		
	Tygodniowo	12		

Kierownik
Zastępca
Palacz
2 woźnych
(5.VI 1927. Otwarcie Muz. Ped.).

	Zakłady i instytucje szkolne, korzystające z pracowni	Ilość sal i pomieszczeń	Inwen. pomocy	Personel pracowni
1918 — 1919	Sem. Nauczycielskie	3	8	7
			5 + 3	
	P. Roczny Kurs N.	1		
	P. Kursy Naucz.	1		
	Szkoły Zawodowe	2		
	Gimnazja prywatne	4		
	Szkoły powszechne	6		
	Tygodniowo	17		
1919 — 1920	Szkoły powszechne	6	10	Jak wyżej
			5 + 5	
	Sem. Nauczycielskie	3		
	P. Wyż. Kurs Nauczycielski	1		
	Gimnazja prywatne	9		
	Szkoły zawodowe	6		
	Szkoły wojskowe	3		
	Tygodniowo	28		
1920 — 1921	Szkoły powszechne	8	12	8
			7 + 5	
	Sem. Nauczycielskie	2		
	W. K. N.	1		
	Gimnazja prywatne	17		
	Szkoły zawodowe	5		
	Szkoły wojskowe	1		
	Szkoły społeczne	4		
	Tygodniowo	38		
1921 — 1922	Szkoły powszechne	18	18	9
			9 + 9	
	Sem. Nauczycielskie	2		
	W. K. N.	1		
	Gimnazja prywatne	27		
	Szkoły zawodowe	5		
	Tygodniowo	53		

¹⁾ W oddziale przy ul. Chłodnej 11.

	Zakłady i instytucje szkolne, korzystające z pracowni	Ilość sal i pomiesz.	Inwen. pomocy	Personel pracowni
1922 — 1923	Szkoły powszechne	40	18 9 + 9	632
	Sem. Nauczycielskie	3		
	W. K. N.	1		
	Instytut Naucz.	1		
	Gimnazja prywatne	32		
	Szkoły zawodowe	5		
	Szkoły wojskowe	1		
	Tygodniowo	83		
1923 — 1924	Szkoły powszechne	72	20 11 + 9	680
	Sem. Nauczycielskie	4		
	W. K. N.	1		
	Instytut Naucz.	2		
	Gimnazja prywatne	42		
	Szkoły zawodowe	5		
	Instytuty Uniwers.	3		
	Kursy Maturalne	3		
	Różne	7		
	Tygodniowo	139		
1924 — 1925	Szkoły powszechne	86	20 11 + 9	880
	Szkoły dokształ	6		
	Sem. Naucz.	5		
	W. K. N.	1		
	P. Kursy Naucz.	1		
	Instytut Naucz.	2		
	Gimn. państw.	6		
	Gimnazja prywatne	30		
	Szkoły zawodowe	5		
	Kursy maturalne	5		
	Tygodniowo	147		
1925 — 1926	Szkoły powszechne	100	21 11 + 10	890
	Sem. Naucz.	6		
	W. K. N.	1		
	P. K. N.	1		
	P. Instytut Naucz.	2		
	Gimnazja państwowe	6		
	Gimnazja prywatne	23		
	Szkoły zawodowe	5		
	Różne	6		
	Tygodniowo	148		

Liczby podane (tygodniowo) oznaczają ilości szkół, dla których były zastrzeżone stałe godziny, minimum 2 godz. tygodniowo dla szkoły.

W r. 1925—1926 regulamin Pracowni opierał się na następujących zasadach:

Praca odbywa się na podstawie obowiązujących programów Min. W. R. i O. P. dla wszystkich szkół: powszechnych, średnich, zawodowych i dla wyższego Kursu Nauczycielskiego, względnie Państw. Instytutu Nauczycielskiego.

Ćwiczenia i pokazy w stosunku 1:1 — na doraźnie ustawionych przyrządach; zmiana przyrządów co 2 godziny.

Doraźne, indywidualne instrukcje dla nauczycieli są udzielane przez kierownika Pracowni w godzinach 6—7 wiecz. z wyjątkiem soboty i niedzieli.

Nad całością czuwa kierownik Pracowni. Do dyspozycji jest dwóch laborantów i jeden woźny.

Zapotrzebowania (osobiste, listowne, telefoniczne) są rejestrowane. Rejestracja ma na celu odpowiedni rozdział pomocy tak, by każda szkoła była niemi należycie obsłużona, by zakupy odpowiadały potrzebom.

Zajęcia — po dwie godziny dla klasy — od 8 rano do 8 wieczór. (W sobotę do godz. 2; niedziela wolna od zajęć).

Pojemność sal.

Piętro	W y m i a r	O s ó b	
		Ćwicz.	Pokaz
Parter	7,9 × 5,0 × 3,5	12	40
I piętro	7,9 × 7,3 × 4,4	18	50
"	7,6 × 6,4 × 4,3	12	
"	8,4 × 5,3 × 3,2		40
"	5,5 × 5,2 × 2,2	12	
"	5,5 × 5,2 × 2,9	12	
II piętro	18,6 × 7,7 × 4,5		200
"	11,7 × 5,3 × 3,3	24	40
"	5,6 × 4,2 × 3,1		25
III piętro	13,9 × 7,2 × 3,6	26	
"	6,8 × 4,9 × 3,7		36

Szkolna pracownia przyrodnicza w Wilnie.

A. L. DMOCHOWSKI.

Wobec powojennego zrujnowania urządzeń szkolnych w Wileńszczyźnie i niemożliwości ze względów finansowych zaopatrzenia każdej szkoły w niezbędne pomoce naukowe, powstało w Wilnie w 1921 r.

centralne muzeum nauk przyrodniczych pod nazwą „Szkoła Pracownia Przyrodnicza“, a przy niej szkolny ogród botaniczny.

Pracownia nie jest muzeum w ścisłym znaczeniu tego wyrazu, gdyż nie tylko gromadzi kolekcje i okazy do nauczania, lecz głównie ma na celu organizowanie na swym terenie własnoręcznych ćwiczeń uczniów z dziedziny fizyki, chemii, mineralogii i przyrody żywej — dla tych szkół, które nie posiadają odpowiednich urządzeń i pomocy naukowych.

Pomimo, iż Pracownia powstała niemal z niczego i rozporządzała stale b. szczupłymi środkami materialnymi, zdołała w ciągu swego krótkiego istnienia, nie obciążając Skarbu Państwa, zgromadzić prawie wszystkie pomoce naukowe z zakresu przyrodoznawstwa, wymagane przez programy ministerjalne dla szkół powszechnych i średnich, urządzić szkolny ogród botaniczny, bibliotekę przyrodniczą i warsztaty mechaniczne, oraz skonstruować cały szereg prostych i tanich przyrządów fizycznych, które mogą zastąpić kosztowne i skomplikowane wyroby zagraniczne, a są jednocześnie dostosowane do naszych warunków życiowych, jak np. brak w wielu miastach i wszędzie po wsiach elektryczności, gazu, wodociągów i kanalizacji.

Podczas pięciu lat dotychczasowego istnienia Pracowni korzystała z niej już prawie każda szkoła wileńska, czy to powszechna, czy średnia. W roku zaś szkolnym 1925/26 uczęszczało do Pracowni szkół 83, w tej liczbie 51 szkół powszechnych i 32 średnich. Szkół polskich korzystało z Pracowni 58, szkół innych narodowości (żydowskich, białoruskich, litewskich, rosyjskich, niemieckich) 25.

Według wyciągów statystycznych z dziennika pracy frekwencja młodzieży, uczęszczającej na ćwiczenia do Pracowni, przedstawia się w sposób następujący:

w roku szkolnym 1921/22		18.418	dzieci
„ „ 1922/23		67.882	„
„ „ 1923/24		81.722	„
„ „ 1924/25		102.798	„
„ „ 1925/26		96.335	„

Przy takiej frekwencji każde ćwiczenie jest przerabiane wielokrotnie przez dzieci różnego wieku i różnych szkół, co daje podstawy do oceny jego wartości dydaktycznej. Jednocześnie, dzięki czynionym ciągle spostrzeżeniom, Pracownia ma możliwość sporządzać przyrządy coraz praktyczniejsze i udoskonalać dawniej obmyślane, jak również układać ćwiczenia nowe.

Pracownia jest własnością Kuratorjum Okręgu Szkolnego Wileńskiego; w styczniu 1925 r. została upaństwowiona. Personel Pracowni

składa się z założyciela i dyrektora Pracowni A. Dmochowskiego, z mechanika, ogrodnika, 2 woźnych-laborantek i 1 zwyczajnego woźnego. Prócz personelu stałego Kuratorjum przydziela do Pracowni od czasu do czasu dla nauki lub pomocy nauczycieli szkół powszechnych i średnich. Personel Pracowni mianowany jest i utrzymywany przez Kuratorjum O. S. W., oraz odeń zależny. Wydatki na lokal, opał, światło i zaopatrzenie w wodę ponosi Magistrat, który opłaca również woźnego. Co zaś do wydatków rzeczowych i na pomoce naukowe, ogród szkolny, bibliotekę i t. d., to Pracownia korzysta jedynie z doraźnych, jednorazowych zapomóg, udzielanych przez Kuratorjum lub Ministerstwo W. R. i O. P. i niektóre instytucje społeczne, jak również z niedużych opłat prywatnych szkół średnich. Szkoły powszechne — publiczne i prywatne — jak również szkoły średnie państwowe, mają prawo bezpłatnie korzystać z Pracowni.

W y k a z

wpływów do kasy Pracowni na pomoce naukowe i wydatki rzeczowe w ciągu pięciu lat, t. j. od 1. VII. 1921 r., do 1. VII. 1926 r.

1) Zapomogi rządowe	13.248	zł.	96	gr
2) Zapomogi instytucji społecznych i osób prywatnych	2.504	„	89	„
3) Wpływy od średnich szkół prywatnych	9.127	„	74	„
4) Zbiórka wśród młodzieży szkolnej na budowę cieplarni	4.111	„	70	„
Razem	28.993	zł.	29	gr.

Wartość inwentarza Pracowni — meblowania, biblioteki, przyrządów fizycznych, zbiorów mineralogicznych, zoologicznych i botanicznych, szkła i odczynników chemicznych, przezroczy i t. d. — wynosiła 1. VII. 1926 r. — 74.468 zł. 94 gr. Przewyższa ona znacznie wysokość wykazanych powyżej wpływów, dzięki otrzymaniu przez Pracownię bezpłatnie całego szeregu cennych zbiorów muzealnych od fabryk, zakładów przemysłowych, szkół, instytucji społecznych i osób prywatnych.

W pierwszym tygodniu każdego roku szkolnego odbywa się w Pracowni zebranie nauczycieli przyrody wszystkich szkół powszechnych m. Wilna, celem ustalenia godzin ćwiczeń z fizyki, chemii i mineralogii. Dla oddziałów VI i VII każdej szkoły Pracownia przeznacza po 2 godziny w tygodniu, które uzgadnia się z planem lekcji danej szkoły. Następnie wspólnie z nauczycielstwem na początku każdego



Szkoła powszechna Nr. 39 w Pracowni Wileńskiej. (Ważenie wody).

półroczu dokonywam rozkładu materiału przyrodoznawstwa dla oddziałów VI i VII. Materiał, przypadający na jeden tydzień, ilustrowany jest odpowiednimi ćwiczeniami, które szkoła przerabia w Pracowni w ciągu 2-ch godzin, dla niej przeznaczonych. Godziny, pozostałe z rozkładu (1 lub 2) służą do dalszego omówienia, ale już w klasie, zjawisk, zaobserwowanych w Pracowni. W ten sposób podstawą nauczania przyrody martwej w szkołach powszechnych Wilna stają się osobiste obserwacje i ćwiczenia, wykonywane przez uczniów na lekcjach w naszej Pracowni. Ze względu na doniosłe znaczenie prawidłowego prowadzenia tych lekcji, zorganizowałem od jesieni 1923 r. z nauczycielami przyrody oddziałów VI i VII stałe konferencje, które odbywają się regularnie w Pracowni co tydzień w godzinach popołudniowych. Na konferencjach tych nauczyciele przerabiają osobiście, pod moim kierunkiem, przypadające na tydzień najbliższy ćwiczenia lub demonstracje, przyczem udzielam jednocześnie niezbędnych wyjaśnień i wskazówek rzeczowych i metodycznych. Dzięki tym konferencjom każdy nauczyciel zaznajamia się z przyrządami i opracowuje lekcję, na którą w przeciągu tygodnia ma przyprowadzić swą klasę (oddział).

Wszystkie przyrządy przygotowuje zawczasu dla każdej lekcji personel Pracowni — 2 laborantki-woźne i mechanik tak, aby nauczyciel, przybywający ze swą szkołą zastał wszystko do lekcji gotowe i mógł zająć się jedynie przeprowadzeniem ćwiczeń ze swymi uczniami. Wobec tego, że każda szkoła ma godziny zawczasu ustalone, pomimo olbrzymiego ruchu udaje się zachować porządek w kolejnym i nieustannym zmienianiu się szkół w Pracowni w ciągu dnia pracy. Ujednolajnienie ćwiczeń dla wszystkich szkół powszechnych znacznie ułatwia pracę personelu Pracowni.

Każda klasa natychmiast po przybyciu zostaje wprowadzona do odpowiedniej sali, gdzie zastaje potrzebne dla niej przyrządy ustawione na stołach, dookoła których rozsada się uczniów, podzielonych na grupy, po 3-ch w każdej. Każda z grup otrzymuje takie same przyrządy i każda przerabia te same ćwiczenia. Nauczyciel daje uczniom niezbędne wskazówki, bacząc, aby każdy uczeń danej grupy pracował i przerabiał część doświadczeń, składających całość ćwiczenia. Lekcja przeplatana jest stosowną pogadanką, prowadzoną przez nauczyciela, w której zwraca się uwagę przede wszystkim na zastosowanie praw fizyki w całej przyrodzie, a więc na łączność jej z życiem. Najważniejsze spostrzeżone zjawiska uczniowie schematycznie rysują i zwięźle notują, następnie zaś przyswojony na lekcji materiał wciągają do czystych zeszytów, które przez nauczyciela często są przeglądane i poprawiane, one bowiem poniekąd zastępują uczniowi podręcznik.

O ile doświadczenie jakieś, ze względu na niebezpieczeństwo lub wysoką cenę i skomplikowaną budowę przyrządu, nie może przez uczniów być wykonane własnoręcznie, zostaje ono przerobione przez nauczyciela i odpowiednio przezeń omówione. W ten sposób lekcje w Pracowni przeplatają ćwiczenia własnoręczne uczniów, demonstracje nauczyciela, rysunek, notatki i odpowiednie pogadanki.



Szkoła powszechna № 14 w Pracowni Wileńskiej. (Otrzymywanie obrazów przy pomocy soczewek).

Po skończonem ćwiczeniu klasa opuszcza salę, przytem każda grupa musi ustawić na stole przyrządy w takim porządku, jak je znalazła, a nauczyciel sprawdza, czy wszystkie przyrządy i okazy są w całości, laborantki zaś natychmiast przygotowują wszystko dla następnej szkoły.

Co 5 — 6 tygodni, w miarę wyczerpania jakiegoś działu programu (np. ciepła, światła, mechaniki lub in.), jeden tydzień przeznaczony zostaje w szkołach powszechnych na powtórzenie, uzupełnienie i ujęcie ogólne przyswojonych wiadomości. Następnie zaś egzaminują osobiście dany oddział każdej szkoły i przeglądają zeszyty uczniów, wyrażając swą opinię o ogólnym poziomie oddziału i udzielam niezbędnych rad nauczycielowi. Na konferencji, poprzedzającej egzamina, rozdają zwykle nauczycielom odbity na szapirografie spis pytań, które zamierzam

stawiać dzieciom. Te pytania omawiamy z nauczycielami szczegółowo na konferencji. Są one tak ułożone, że dla rozwiązania wymagają nie tylko przyswojonej wiedzy, lecz przede wszystkim ogólnego rozwoju i pojęcia o całokształcie zagadnień danego działu fizyki.

Co się tyczy gimnazjów, to nauczyciele, chcący korzystać z Pracowni muszą podobnież zawczasu ustalać swe godziny i zamawiać ćwiczenia. Wszystkie bowiem ćwiczenia z zakresu programu kl. II i III gimnazjum opracowałem i wydałem drukiem w 1924 r. w Wilnie pod tytułem „A. Dmochowski: Ćwiczenia z fizyki i chemii w klasach II i III według programu gimnazjum niższego“. Każdy więc nauczyciel gimnazjum może je zawczasu przestudjować, a następnie przerobić wieczorem w Pracowni i pozostaje mu jedynie uprzedzić, o które ćwiczenie na dany dzień chodzi.

Klasy wyższe szkół średnich, jak również niektóre szkoły prywatne, wymagają ćwiczeń lub demonstracji specjalnych. Nauczyciele ich wówczas zgłaszają się osobiście do dyrektora Pracowni dla szczegółowego omówienia nowych doświadczeń. O ile przyrządów, niezbędnych do danego doświadczenia, Pracownia nie posiada, zostają one skonstruowane przez miejscowego mechanika, lub wypożyczone za pośrednictwem i na odpowiedzialność Pracowni z nielicznych gabinetów fizycznych, istniejących przy paru miejscowych gimnazjach.

Przy układaniu rozkładu godzin z nauczycielstwem uwzględnia się zawsze odległość szkół od Pracowni, a to w ten sposób, że szkoły dalej położone otrzymują w Pracowni na ćwiczenia godziny ostatnie (od 12-ej), aby dzieci zaraz po ćwiczeniu mogły się rozejść do domów, lub też pierwsze (od 8-ej), aby dzieci i nauczyciele mogli się zebrać od razu w Pracowni dla możliwego uniknięcia straty czasu na dwukrotne przyjście ze szkoły i z powrotem.

Pracownie przyrodnicze dla szkół powszechnych Okręgu Szkolnego Krakowskiego.

Prof. STANISŁAW MIKSTEIN.

Kierownik Centralnej Pracowni Przyrodniczej w Krakowie.

Powstanie i rozwój Centralnej Pracowni Przyrodniczej w Krakowie,

Stosownie do wymagań wprowadzonych planów oraz metod nauczania, opierających się na samodzielnej pracy i bezpośredniej obserwacji uczniów, Kuratorjum Okręgu Szkolnego Krakowskiego utworzyło w Krakowie Pracownię Przyrodniczą dla szkół powszechnych,

która miała być warsztatem pracy uczniów szkół krakowskich, lecz także i miejscem zapoznawania się nauczycielstwa z planami, metodami, oraz przeprowadzaniem nauki w myśl tychże wymagań, a równocześnie i ośrodkiem dla organizacji takich pracowni w całym okręgu.

Do organizacji tej pracowni przystąpiono w czerwcu 1923 r., czem zajął się z ramienia Kuratorjum p. Jan Zerndt, ówczesny asystent przy katedrze mineralogii w Uniwersytecie Jagiellońskim. Otwarcie tej pierwszej pracowni, obecnej Centrali, odbyło się dnia 6. IX. 1923 r. Obejmowała ona pierwotnie dwie sale, jedną do ćwiczeń, drugą jako gabinet, kancelarię i przygotowałnię zarazem.

Po wrzeczeniu się kierownictwa przez p. J. Zerndta, Kuratorjum powierzyło je p. Stanisławowi Miksteinowi, profesorowi VI Gimnazjum w Krakowie, który je objął w dniu 13/II. 1924 r.

Od września 1923 r. aż do końca maja 1924 r. odbywały się ćwiczenia tylko w jednej sali, skutkiem czego można było zająć młodzież tylko 28-miu szkół — i to poszczególne oddziały raz na trzy tygodnie. Dopiero od 1 czerwca 1924 r. udało się uruchomić drugą salę, po uzyskaniu dla niej sprzętów od Magistratu Miasta Krakowa.

Z tych dwu sal tylko pierwsza posiadała instalację gazową, doprowadzającą gaz do każdego stołu od dołu, t. j. z pod podłogi.

W październiku 1924 r. zakupiono ze składek dziesięć stołów odpowiednich do ćwiczeń dla drugiej sali, a stołów uzyskanych poprzednio z Magistratu użyto do przygotowni i gabinetu.

Salę wyznaczone na Pracownię należały do najzimniejszych w budynku, który posiada ogrzewanie centralne, tak że w zimie w r. 1923/4 w dosłownym znaczeniu wymarły wszystkie akwarja, a praca popołudniowa nawet dla personelu była niemożliwą. Skutkiem starań kierownika Pracowni Magistrat Miasta Krakowa swoim kosztem wstawił w listopadzie 1924 r. trzy gazowe piecyki do obu sal i gabinetu, przez co uniezależnił Pracownię od reszty budynku.

Ponieważ instalacja gazowa była tylko w jednej sali, przeto musiano tak układać ćwiczenia, aby równocześnie dwa oddziały zajęte w Pracowni nie potrzebowały korzystać z gazu; wywoływało to opóźnienia i przestawiania w przepisany materiał naukowy. Dopiero w kwietniu 1925 r., skutkiem przyznania dotacji z Ministerstwa, zaprowadzono także i w drugiej sali instalację gazową, doprowadzając od sufitu przewody gazowe nad każdy stół.

Równocześnie w sali pierwszej założono instalację elektryczną. Prądem miejskim, po przejściu przez opornice, ładuje się akumulatory, z których prąd przez tablicę rozdzielczą dochodzi na salę ćwiczeń. Tam nauczyciel zapomocą drugiej opornicy reguluje dopływ prądu do wszystkich stołów uczniowskich tak, że równocześnie może

pracować cały oddział. Siła prądu doprowadzanego do użytku uczniów przy ćwiczeniach wynosi 6 lub 12 Volt. i 4 do 8 amp. Do demonstracji wykonywanych przez nauczyciela można używać prądu aż do 250 Volt. i 50 amp. wprost z tablicy rozdzielczej. W czerwcu b. r. zaprowadzono jednak prąd zmienny, skutkiem czego konieczne jest nabycie prostownika.

Na życzenie nauczycielstwa urządzono przy pracowni ze składek stację odbiorczą radjofoniczną.

Stacja składa się z anteny o rozpiętości 68 m., odbiornika o czterech lampach, amplifikatora i rozgłośnika Brauna oraz baterji akumulatorów. Z koncertów, poprzedzanych krótkimi objaśnieniami z zakresu radjofonji, korzysta młodzież wszystkich krakowskich szkół.

Przez cały rok szkolny 1924/5 i 1925/6 odbywały się ćwiczenia w dwóch salach, tak że każdy z oddziałów VI-ych i VII-ych szkół przydzielonych do Centrali odbywał dwugodzinne ćwiczenia raz na dwa tygodnie. Skutkiem tego materiał naukowy na poszczególne ćwiczenia był za obszerny, a omawianie odbytych ćwiczeń mogło się odbywać dopiero w szkole.

W b. r. w czerwcu zakupiono ze składek umeblowanie dla trzeciej sali; salę tę oddano do użytku we wrześniu 1926 r., tak że odtąd ćwiczenia dla oddziałów VI-ych odbywają się przez cały rok co tydzień, a dla oddziałów VII-ych przez cały rok co dwa tygodnie. W oddziałach VII-ych przez cały rok przerabia się higienę równolegle z fizyką.

Dopiero w bieżącym roku, przy trzech salach do ćwiczeń, można ściśle wykonać program Ministerstwa. Opóźnienie to spowodował tak brak funduszy jak i lokalu.

Powstanie i rozwój filij w Krakowie.

W roku szk. 1923/4 — tak z powodu braku miejsca w Centralnej Pracowni, jak również i zbytnej odległości (3 do 5 km.) — nie korzystały z ćwiczeń szkoły dzielnic miasta położonych na prawym brzegu Wisły. Kierownik Centralnej Pracowni podjął zatem starania, zmierzające do otwarcia filji dla szkół tych dzielnic już w maju r. 1924. Ponieważ jednak na żadne dotacje z powodu „sanacji Skarbu“ nie mógł narazie liczyć, przeto zwrócił się do ofiarności szkół i komitetów rodzicielskich.

Dzięki tej ofiarności sprawiono umeblowanie; potrzebne adaptacje lokalu, wyznaczonego na filję przy szkole 46, oraz instalację elektryczną i gazową, doprowadzającą gaz od sufitu nad poszczególne stoły, urządził swoim kosztem Magistrat Miasta Krakowa.

Z końcem września 1924 r. otwarto tę pracownię, jako I-szą filję. Posiadała ona narazie jedną salę do ćwiczeń, małą przygotowalnię, oraz gabinet wspólny ze szkołą 46. Dopiero we wrześniu b. r. przyznano drugą salę, i — znowu ze składek — zakupiono umeblowanie, tak że w bieżącym roku szkolnym obejmuje dwie sale do ćwiczeń, przygotowalnię, oraz gabinet wspólny ze szkołą 46.

Pierwszych przyrządów dostarczono z Centralnej Pracowni, dalsze zakupiono — z dotacji przyznanej przez Ministerstwo — w listopadzie 1924 i marcu 1925 r. We wrześniu 1925 r. zaprowadzono kosztem komitetów rodzicielskich instalację elektryczną, złożoną z tablicy rozdzielczej, baterji akumulatorów oraz przewodów do każdego stołu do ćwiczeń. Obecnie skutkiem zaprowadzenia w budynku prądu zmiennego konieczne jest zakupienie prostownika.

Otwarcie pierwszej filji zupełnie nie zmieniło trybu zajęć w Centralnej Pracowni, albowiem szkoły, przydzielone do tej filji, uprzednio nie korzystały z Centrali.

Z młodzieży, która pracowała nadal w Centralnej Pracowni, młodzież szkół, położonych w dzielnicach VII, VIII, XIX i XX, traciła za dużo czasu z godzin szkolnych na drogę do Pracowni (2 do 3 km). By temu zaradzić, podjął kierownik Centralnej Pracowni starania o otwarcie drugiej filji dla szkół wymienionych dzielnic, w czem mu był nadzwyczaj pomocny kierownik szkoły V, im. Kazimierza Wielkiego, p. Efraim Fiedler.

Ze składek zakupiono umeblowanie sali ćwiczeń, Magistrat sprawił urządzenie, doprowadzające gaz do stołów uczniowskich, z Centralnej Pracowni wydano część przyrządów, tak że już dnia 1 grudnia 1924 r. rozpoczęły się regularne ćwiczenia w nowej filji.

W marcu 1925 r. zakupiono dalsze przybory z dotacji, przyznanej Centralnej Pracowni przez Ministerstwo W. R. i O. P., a w kwietniu 1925 r. ze składek Komitetów Rodzicielskich sprawiono instalację elektryczną, doprowadzającą prąd do stolików uczniów, podobnie jak w Centrali.

Filja ta, druga z rzędu w Krakowie, obejmowała do września 1926 r. jedną salę do ćwiczeń i małą przygotowalnię, obecnie zaś rozporządza dwiema salami.

Organizacja pracowni przyrodniczych poza Krakowem.

Równocześnie podjął kierownik Centralnej Pracowni starania celem otwarcia pracowni przynajmniej w miastach powiatowych Okręgu Szkolnego Krakowskiego; na pierwszy plan wysunął Białą.

Przychylając się do wniosku kierownika, Kuratorjum zezwoliło

na otwarcie *Pracowni w Białej* i przerzucenie tam przyrządów, przeprznaczonych pierwotnie dla Tarnowa, gdzie zamierzano zorganizować filję, co jednak spełzło na niczem, skutkiem zupełnej obojętności tamtejszych czynników.

Pracownię tę, obejmującą jedną salę do ćwiczeń i gabinet, otwarto 16 września 1924 r. w budynku Państwowego Seminarjum nauczycielskiego. Korzystają z niej — oprócz Seminarjum — dwie szkoły powszechne i Państwowe Gimnazjum. Dotacja Ministerstwa W. R. i O. P. umożliwiła zaopatrzenie jej w potrzebne przybory.

Pracownia ta — mimo braku stałych dotacyj — funkcjonuje i rozwija się pomyślnie, dzięki nieustrudzonej pracy tamtejszego kierownika, p. Stanisława Iżewskiego, prof. Państwowego Seminarjum. Utrzymanie tej pracowni jest tem trudniejsze, że nie można liczyć na żadne składki ubogiej polskiej robotniczej ludności.

Dzięki interwencji i pomocy Inspektora szkolnego w Chrzanowie, p. Stanisława Krzanowskiego, udało się nakłonić Magistrat Miasta *Jaworzna* do założenia i urządzenia *pracowni* własnym kosztem, wynoszącym 5.000 zł. Pracownię tę otwarto dnia 27 kwietnia 1925 r.

Również i *pracownię w Chrzanowie* udało się zorganizować przy poparciu Inspektora, p. St. Krzanowskiego, i tamtejszego nauczycielstwa. Ze składek urządzono lokal oraz zakupiono część zasadniczych przyborów. Resztę uzupełniono z dotacji Ministerstwa W. R. i O. P. w maju 1925, tak że otwarcie jej nastąpiło 26 września 1925 r.

W bieżącym roku uruchomiono *Pracownię w Jasle*. Po uzyskaniu lokalu i zaprowadzeniu instalacji gazowej kosztem Magistratu Miasta Jasła, zakupiono ze składek szkół umeblowanie oraz część zasadniczych przyborów. W lipcu b. r. nadeszło Ministerstwo W. R. i O. P. przyrządy, tak że zajęcia w tej Pracowni mogły się zacząć już od początku roku szkolnego 1926—7.

Nie małą zasługę i w tym wypadku należy przypisać Inspektorowi Szkolnemu, p. J. Leitnerowi, który potrafił nie tylko wzbudzić zainteresowanie u tamtejszych czynników, ale nawet zdobyć dla nowo powstającej placówki pewne świadczenia i w gotówce, i w naturze.

Organizacja dalszych pracowni jest wprawdzie w przygotowaniu, jednakowoż zależy przede wszystkim od funduszy, a te są bardzo trudne do zdobycia, ze względu na stan gospodarczy ludności i brak stałych dotacyj.

Ubocznie należy wspomnieć, że Kierownik Centralnej Pracowni współdziałał w organizacji pracowni na Śląsku: w Królewskiej Hucie i Katowicach, opracowując plany, kosztorysy i dając na miejscu odpowiednie wskazówki. Pracownię w Królewskiej Hucie, obejmującą dwie sale ćwiczeń, gabinet i przygotowalnię, urządzoną kosztem Mia-

sta i Województwa Śląskiego, otwarto w dniu 20 maja 1926 r. Pracownia w Katowicach zostanie uruchomiona w ciągu roku szkolnego 1926—7.

Celem przygotowania nauczycieli do prowadzenia Pracowni w Królewskiej Hucie, tamtejsze władze przysłały czterech nauczycieli do Centralnej Pracowni w Krakowie, gdzie przez sześć tygodni zapoznawali się z prowadzeniem Pracowni.

Organizacja ćwiczeń w Pracowni Krakowskiej.

Pierwszym zadaniem Pracowni jest umożliwienie młodzieży szkolnej obserwacji i własnoręcznych ćwiczeń z zakresu nauki o przyro-



Kraków, Szkoła VII — ćwiczenia z mechaniki.

dzie. Ponieważ jednak do objęcia całej przyrody żywej i martwej — wobec ilości szkół w Krakowie — brak Pracowni odpowiednich pomieszczeń, urządzeń, przyrządów i przyborów, przeto dotychczas nie mogła zająć się przyrodą żywą. Dopiero po dostatecznym zaopatrzeniu Pracowni w przybory do nauki fizyki i chemii oraz uzyskaniu funduszy i lokalu na prowadzenie ćwiczeń z przyrody żywej, przystąpi się do organizacji tego działu. Już teraz Kierownik zwraca uwagę na ten dział przyszłej pracy i gromadzi zbiory, tablice, okazy i modele.

Drugim zadaniem jest zaznajomienie nauczycielstwa z prowadzeniem ćwiczeń uczniowskich: z ich planami i metodami. Większość

bowiem nauczycielstwa w czasie swoich studiów — czyto w Seminarjach nauczycielskich, czy na kursach przygotowujących do dawniejszego egzaminu z przyrody (grupa II, według austrj. przepisów) — nie tylko nie mogła nabyć wprawy w wykonywaniu ćwiczeń własnoręcznych, ale nawet zapoznać się z ich organizowaniem i przeprowadzaniem, z powodu zupełnego braku pracowni.

Do powyższych dwóch celów dochodzi się przez zorganizowanie ćwiczeń dla uczniów, które przedewszystkiem przerabia się najpierw z nauczycielstwem.

Ponieważ Kraków posiada 48 szkół ze 114-tu VI-emi i VII-emi oddziałami, a nadto z miejscowości bliżej położonych uczęszcza około 16 oddziałów, przeto, aby wszystkie mogły korzystać z Pracowni w godzinach normalnej nauki t. j. od 8-ej rano do 1-ej, potrzebny jest okres dwutygodniowy.

Na takie też dwutygodniowe okresy rozdzielono materiał naukowy z przyrody, przeznaczony dla oddziałów VI i VII (patrz zamieszczony na końcu plan rozkładu materiału naukowego na rok szk. 1926—7). Okresów tych, zaczynających się zawsze w sobotę, wypada w r. szk. 1926/7—17.

Na początku każdego okresu, t. j. w sobotę między godz. 16-tą a 19-tą, przerabia personel Pracowni z nauczycielstwem dane ćwiczenie. Następnie od poniedziałku pierwszego tygodnia aż do piątku drugiego tygodnia nauczyciele przyprowadzają swoje oddziały do Pracowni i tu przerabiają z młodzieżą dane ćwiczenia, poczem w sobotę następuje znowu następne ćwiczenie dla nauczycielstwa.

Na ćwiczenia dla nauczycielstwa uczęszcza w r. b. około 90 osób, które podzielono na dwie grupy. Grupa pierwsza obejmuje tych z nauczycielstwa, którzy już przynajmniej przez dwa lata uczęszczali do Pracowni, tak na ćwiczenia dla nauczycieli jak i z młodzieżą. Ćwiczenia dla tej grupy trwają po pół godziny i są tylko informacyjne. Do drugiej grupy przydzielono nauczycielstwo, pracujące mniej niż dwa lata, z czego prawie 80% wypada na osoby, będące po raz pierwszy w Pracowni. Z tą grupą przerabia się każde ćwiczenie co najmniej po godzinie, zupełnie identycznie jak z młodzieżą, daje się wszelkie instrukcje a nawet przerabia się materiał teoretyczny.

Co drugą zatem sobotę personel pracowni przerabia razem sześć ćwiczeń z dwiema grupami nauczycielstwa, t. j. dwa ćwiczenia dla oddziałów VI-tych i jedno dla VII-tych.

Do rozkładu materiału włączono także i higienę, tę jednak przerabia nauczycielstwo poza pracownią, w szkole. W pracowni — po skończeniu ćwiczeń dla oddziałów VII-tych — może młodzież tylko ogląd-

nać preparaty i modele do nauki anatomji, które Kierownik wypożycza z krakowskich szkół średnich, albowiem — oprócz kilkunastu tablic — żadnych innych modeli z tego zakresu nie posiada Pracownia. Wprowadzono tę nowość, ponieważ także i szkoły powszechne nie posiadają modeli do anatomji człowieka, a Kierownik Pracowni na osobistą odpowiedzialność może je wypożyczyć. Zainteresowanie



Kraków, Szkoła XV — ćwiczenia z elektrostatyki.

młodzieży temi modelami jest bardzo duże, co ułatwia pracę nauczycielstwu. Byłoby jednak rzeczą nader pożądaną, by przez udzielenie odpowiedniego funduszu przez Ministerstwo W. R. i O. P. umożliwić zaopatrzenie Pracowni w takie modele.

Ćwiczenia młodzieży pierwotnie trwały po 80 minut, dopiero od 1 grudnia 1924 r., t. j. od otworzenia II filji, trwają po 90 minut. Jest to czas wystarczający na przerobienie eksperymentów, wykonanie obliczeń i omówienie.

Sposób prowadzenia ćwiczeń omówiony jest szczegółowo w przytoczonym na końcu niniejszego artykułu regulaminie

Jakie skutki miało zaprowadzenie ćwiczeń, może Kierownik częściowo tylko stwierdzić na podstawie własnych obserwacji, zresztą musi się powołać na opinie PP. Wizytatorów, Inspektorów oraz Nauczycielstwa.

Przedewszystkiem zaobserwował Kierownik nadzwyczajne zainteresowanie u uczniów. Przychodzący na ćwiczenie oddział z reguły już

jest o niem poinformowany przez inny, który poprzednio je odbył. Ilość uczniów nieobecnych w szkole w dniu, kiedy wypada Pracownia, spada do minimum. Uczniowie pracują bardzo chętnie — a jak nieraz Kierownik na hospitacjach miał sposobność stwierdzić — materiał przerobiony w Pracowni pamiętają doskonale.

PP. Wizytatorzy i Inspektorzy stwierdzili, że od czasu powstania Pracowni wyniki osiągane w nauczaniu przyrody nie mogą iść wogóle w porównanie z dawniejszemi — zarówno co do wiadomości zdobytych przez uczniów, jak i co do wyrobienia bystrości spostrzegania i rozbudzenia zainteresowania przyrodą.

Również i nauczycielstwo krakowskie stwierdza, że prowadzenie ćwiczeń wymaga wprawdzie większego wysiłku, ale pozwala osiągnąć kilkakrotnie lepsze wyniki. Z początku też nauczycielstwo zachowywało się względem Pracowni, jako nowości, biernie, dziś jest nietylko zdecydowanie życzliwe i przychylne, ale nawet wybitnie pomaga w uzyskiwaniu środków pieniężnych.

Utrzymanie Pracowni.

Pracownie przyrodnicze nie posiadają dotychczas stałego budżetu, w którego ramach możnaby prowadzić obmyśloną z góry, planową i systematyczną gospodarkę.

Pierwotnie przy założeniu Centrali w Krakowie całkowite jej utrzymanie spadało wyłącznie na Kuratorjum. W okresie tym od czerwca aż do końca grudnia 1923 r. pokryło Kuratorjum wszystkie wydatki, nietylko na urządzenie i zakupy przyborów, lecz za zużyty materiał przy ćwiczeniach i szkody wyrządzone przez młodzież. Oświetlenia i lokalu dostarczył bezpłatnie Magistrat Miasta Krakowa; płace personelu pokryto z etatów szkolnych.

Z początkiem 1924 r. skutkiem „sanacji Skarbu“ zamknięto wszystkie kredyty tak, że Pracowni groziło zamknięcie. Wtedy też pierwszy jej kierownik i organizator, p. Jan Zerndt, prosił o zwolnienie go z kierownictwa, a Kuratorjum zwróciło się z propozycją objęcia kierownictwa do obecnego Kierownika Pracowni.

Przez miesiące luty i marzec 1924 r. Kierownik i Asystent, p. Stanisław Rokita, pokrywali z własnych funduszy konieczne wydatki gotówkowe lub korzystali z kredytu u firm udzielonego na osobisty rachunek Kierownika Pracowni. Po wprowadzeniu dobrowolnych datków kwota włożona przez Kierownika i Asystenta została im zwrócona w zdewaluowanych markach.

Oczywiście taki stan nie był do utrzymania. Kierownik zwrócił się do ofiarności szkół, Komitetów Rodzicielskich i Władz Samorządowych, o poparcie finansowe. Poparcie to uzyskał, tak że już od uaja 1924 r. czasowe funkcjonowanie Pracowni było zapewnione.

Nauczycielstwo, biorące udział w ćwiczeniach w Pracowni, wybrało Komisję z trzech osób, która kontrolowała prowadzone rachunki.

Po zapewnieniu wyżej wymienionych dochodów, obecne utrzymanie Pracowni przedstawia się w następujący sposób.

1) Lokalu, światła, opał (na Krakowskich filjach i obsługi) dostarczają Magistraty.

2) Na zakupno materiału do ćwiczeń, na utrzymanie i konserwację przyrządów, lokalu, na administrację, a przy nowo powstających Pracowniach i na zakup umeblowania i chociaż części przyborów, używa się dochodów ze składek. Wyjątkowo tylko w Jaworznie pokrywa te wydatki Rada Szkolna miejscowa w całości a w Białej ich część, wypadającą na szkoły powszechne.

3) Płace personelu pokrywa się z etatów szkolnych.

Z dotacji przyznawanych od czasu do czasu przez Ministerstwo W. R. i O. P. pokrywa się wyłącznie zakupy przyrządów i przyborów.

Wszystkie dotacje Ministerstwa — po przeliczeniu pierwszych kwot, opiewających w markach polskich, na złote — wyniosły do końca czerwca 1926 r. (na wszystkie Pracownie Okręgu Szkolnego Krakowskiego) około 30.000 zł.

Składki, które udało się Kierownikowi zebrać wśród szkół, Komitetów Rodzicielskich i t. p., lub uzyskać z różnych innych źródeł, przedstawiają się jak następuje:

W Centrali zebrano od 13/II do 30/6. 1924 r.	
300.130.000 Mkp., co przedstawiało wartość około . . .	180,00 Zł.
Umeblowanie pierwszej filii darowane Pracowni . . .	400,00 "
" drugiej filii " . . .	450,00 "
Składki w Centralnej Pracowni za r. szk. 1924/5 . . .	4109,90 "
" w pierwszej filii za r. szk. 1924/5 . . .	1224,09 "
Uzyskana z Magistratu dotacja na r. 1924/5 . . .	1000,00 "
Składki w drugiej filii za r. szk. 1924/5 . . .	554,80 "
Urządzenie Pracowni w Jaworznie . . .	5000,00 "
Umeblowanie Pracowni w Chrzanowie . . .	400,00 "
Fundusze uzyskane na pierwsze zakupy do Chrzanowa . . .	950,00 "
Składki uzyskane w Centrali w r. szk. 1925/6 . . .	4327,43 "
" " w I filii w r. szk. 1925/6 . . .	1241,02 "
" " w II " " 1925/6 . . .	1385,36 "
Dotacja Magistratu w r. 1926 . . .	500,00 "
Umeblowanie Pracowni w Jasle ze składek . . .	500,00 "
Przybory zakupione ze składek w Jasle . . .	500,00 "
Składki w Pracowni w Białej za r. szk. 1925/6 . . .	157,10 "
" " w Chrzanowie za " 1925/6 . . .	124,35 "
Suma . . .	23.004,05 Zł.

Dla uzupełnienia obrazu kosztów utrzymania pracowni należy jeszcze wziąć pod uwagę lokale, które we wszystkich obecnych pracowniach Okręgu Szkolnego Krakowskiego obejmują: 12 sal do ćwiczeń, 5 sal na gabinety lub przygotowalnie wyłącznie dla użytku pracowni oraz 6 sal na gabinety wspólne ze szkołami, przy których są umieszczone filje i pracownie na prowincji. Lokali tych dostarczają miasta bezpłatnie, jak również opał, oświetlenia i obsługi. Tylko Centralna Pracownia ma dwóch laborantów na etatach szkolnych państwowych, w innych służba jest opłacana przez Magistraty, lub Rady Szkolne miejscowe.

W latach szkolnych 1923/4 oraz 1924/5 sprawdzaniem dochodów, wpływających ze składek, oraz wydatków, zajmowała się komisja z trzech osób wybranych przez nauczycielstwo, które głównie pośredniczy w tej akcji. Od września 1925 r., rachunki wpływów i wydatków, wraz z dowodami, przedstawia się Kuratorjum Okręgu Szkolnego Krakowskiego.

Ogólny inwentarz prowadzi się w Centralnej Pracowni; obejmuje on wszystkie sprzęty, przybory i przyrządy ze wszystkich Pracowni, które uzyskały jakąkolwiek dotację z Ministerstwa. Wyjątek stanowi więc tylko Pracownia w Jaworznie, założona kosztem Magistratu Miasta Jaworzna, albowiem dotychczas nie uzyskała dotacji.

Wzrost inwentarza przedstawia następująca tablica.

	30/VI 1924	30/VI 1925	30/VI 1926
Meble	34	228	318
Przyrządy	704	2709	3047
Tablice i obrazy	77	77	77
Okazy wypchane	28	—	—
Książki	11	97	105
Przeźrocza	317	317	317
Przybory gospodarcze	80	199	199
Szkło	881	2824	2824
Suma	2132	6451	6887

Zakupienie przez Ministerstwo świeżo inwentarza dla Jasła zwiększyło ten inwentarz do 7530 pozycji. Inwentarz Pracowni w Jaworznie obejmuje 1377 pozycji, nie wciągniętych w inwentarz Centralnej Pracowni.

Przybory i przyrządy do ćwiczeń muszą się odznaczać możliwie jak najprostszą i najsilniejszą budową, a zarazem jak najlepszym wykonaniem, aby w rękach młodzieży przy ciągłym użyciu nie ulegały

szybkemu zniszczeniu. Ilość ich wynosi przy tańszych po 20 sztuk, przy droższych 5 do 10 dla każdej Pracowni. Pracownie obliczone są na 40 dzieci pracujących równocześnie.

Najlepiej stosunkowo zaopatrzona jest Centralna Pracownia, aby mogła spełnić swoje drugie zadanie, zaprawianie nauczycielstwa do prowadzenia ćwiczeń i zaznajamianie go z użyciem przyrządów. Tu jednak daje się odczuwać, szczególnie na ćwiczeniach dla nauczycielstwa, brak prawie zupełny aparatów, służących do demonstracji. Pracownia nie posiada np. ani jednego mikroskopu, spadkownicy Atwooda, galwanometru, spektroskopu i t. p. Ze względu na znaczną ilość szkół, korzystających z Centralnej Pracowni, a przede wszystkim na konieczność zaznajomienia przynajmniej nauczycielstwa z takimi przyrządami, należałoby te braki usunąć.

Statystyka ćwiczeń.

Ilość odbytych ćwiczeń zależała w Krakowie głównie od ilości sal będących do dyspozycji. W miarę powiększania ilości sal ćwiczeń zwiększa się ilość szkół uczęszczających do Pracowni i częstość odbywanych przez każdy z oddziałów ćwiczeń. I tak np. w roku szkolnym 1923/4, przy jednej sali ćwiczeń, oddziały VI-te tylko niektórych szkół krakowskich uczęszczały do pracowni raz na dwa tygodnie w półroczu pierwszym a w półroczu drugim — tak jak oddziały VII-me — raz na trzy tygodnie. W bieżącym roku szkolnym, przy siedmiu salach ćwiczeń, uczęszczają do pracowni obowiązkowo wszystkie szkoły: oddziały VI-te co tydzień, a VII-me co dwa tygodnie.

Rozwój ruchu w pracowniach obrazują następujące tablice.

a) Wszystkie krakowskie pracownie łącznie.

Rok szkolny	1923/4	1924/5	1925/6
Ilość szkół korzystających z pracowni .		48	50
„ oddziałów VI „	44	59	60
„ „ VII „	21	52	54
„ ćwiczeń odbytych przez VI oddziały	528	995	1245
„ „ „ „ VII „	153	528	574
Razem odbytych ćwiczeń przez oddziały VI-e i VII-e	681	1523	1819

W każdym odbytem ćwiczeniu brało udział przynajmniej 35 uczniów, średnio zaś po 45.

b) Pracownia w Białej.

Rok szkolny	1924/5	1925/6
Ilość szkół	4	4
„ oddziałów	14	14
„ odbytych ćwiczeń	349	357

c) Pracownia w Chrzanowie.

Ogółem odbyto 73 ćwiczenia: 52 dla oddziałów VI-tych i 21 dla oddziałów VII-tych.

d) Pracownia w Jaworznie.

Rok szkolny	1924/5	1925/6
Ilość szkół	5	5
„ oddziałów	7	7
Ilość odbytych ćwiczeń	38	139

REGULAMIN

ćwiczeń własnoręcznych młodzieży szkół powszechnych w pracowniach przyrodniczych Okręgu Szkolnego Krakowskiego.

Zadaniem pracowni przyrodniczej jest przeprowadzanie nauki przyrody — narazie w oddziałach VI i VII — na podstawie własnoręcznych ćwiczeń i eksperymentów oraz obserwacji uczniów, według programu Ministerstwa W. R. i O. P. Aby młodzież mogła odnieść największą korzyść z tych zajęć, jak również celem ujednostajnienia pracy we wszystkich pracowniach tutejszego Okręgu Szkolnego, przypominam sposób prowadzenia ćwiczeń, oraz wskazówki z lat ubiegłych.

„Ćwiczenia dla uczących“ odbywać się będą w Krakowie co dwa tygodnie w soboty od godz. 16 do 19; na prowincji zaś (Biała, Chrzanów, Jaworzno i Jasło) co tygodnia lub częściej, stosownie do lokalnych potrzeb, po porozumieniu się kierownika pracowni z p. Inspektorem i Kierownikiem Centralnej Pracowni przyrodniczej w Krakowie. Celem tych ćwiczeń dla uczących jest zapoznanie ich:

Plan rozkładu materiału

dla oddz. VI i VII na ćwiczenia
zatwierdzony przez Kuratorium Okr.

Okres L. p.	2 tygodniowy		O D D Z I A Ł VI	O D D Z I A Ł VI
	od	do		
I	25/X	9/X	Pion i poziomnica. Miary metr. No- nusz, Mierzenie długości, powierzchni i objętości; mensurka 2, 4, 5	Śruba mikrometryczna. Zaznajomie- nie z budową wagi i ważeniem 1, 2
II	9/X	23/X	Ważenie wody i spirytusu Ciężar wła- ściwy 7	Zaznajomienie z palnikiem. Zmiana objętości ciał przy ogrzewaniu, ter- mometr 8
III	23/X	6/XI	Kalorja 9. Ile ciepła straci woda ciepła, a ile zyska zimna przy zmieszaniu różnych ilości wody ciepłej i zimnej	Ciepło właściwe. Przewodzenie ciepła 9, 13
IV	6/XI	20/XI	Topnienie; ciepło utajone topnienia i krzepnięcia 10	Mieszanie oziębiające. Wrzenie, skra- planie, destylacja 11, 12
V	20/XI	4/XII	Zachowanie się metali w powietrzu. Zjawisko fizyczne i chemiczne. Azot 14, 15	Tlen i tlenki 17
VI	4/XI	18/XII	Kwasy, zasady, wodór 17 c. d.	Woda, sole, rozpuszczalność ciał, roz- twory 18, 19
	18/XI	1/I	O k r e s ś w i a t	
VII	2/I	15/I	Sól kuchenna, chlor, chlorki 22	Siarka 23, siarkowodór
VIII	15/I	29/I	Siarczki, redukcja, wytopianie metali 24	Rudy żelaza, miedzi i cynku 25
IX	29/I	12/II	Wapień i kwarc, skały osadowe 26, 27	Granit i jego składniki — skały wy- buchowe 23
X	12/II	26/II	Węgiel 29	Ropa naftowa, jej przeróbka i pro- dukty 30
XI	26/II	12/III	Węglowodany 31	Tłuszcze 32
XII	12/III	26/III	Ciała białkowe 33	Gleba 34
XIII	26/III	9/IV	Powtarzanie chemji	Magnetyzm 35, 36
	10/IV	23/IV	O k r e s ś w i a t	
XIV	25/IV	7/V	Elektrostatyka 37	Elektrostatyka 38
XV	7/V	21/V	Ogniwo, prąd i jego działanie na igłę; pole magnetyczne prądu 39	Elektromagnes i jego zastosowanie: dzwonek elektr., telegraf, telefon 40
XVI	21/V	4/VI	Indukcja, cewka Ruhmkorffa, rurki Geislera 40	Motory, prądnice, tramwaj elektrycz- ny 41, 42
XVII	4/VI	18/VI	Telegraf bez drutu, radio, promienie katodowe i Röntgen 41, 42	Powtarzanie i klasyfikacja

Liczby zamieszczone po temacie odnoszą się do programu

naukowego z przyrody

w pracowni przyrod. na rok 1926/27.

Szkolnego Krakowsk. dn. 7 września 1926 r.

O D D Z I A Ł VII — Fizyka	O D D Z I A Ł VII — Higiena
Prostolinijne rozchodzenie się światła, cienie, półcień, zaćmienie 43, 44	Komórki i tkanki
Zwierciadła płaskie, wklęsłe i wypukłe 45	Szkielet
Załamanie światła w płytach równoległych 46	Szkielet
Załamanie światła w pryzmacie, rozszczepienie, barwy 48	Skóra i nerki jako narządy wydzielnice
Soczewki wklęsłe i wypukłe, aparat fotogr., lu- neta, mikroskop. 47	Narządy oddechania
Akustyka 49	Układ krążenia
B o ż e g o N a r o d z e n i a	
Tarcie. Opór ośrodka, bezwładność, ruch jedno- stajny 50, 51	Układ trawienia
Ruch przyspieszony, dynamometr, składanie sił i ruchów 53, 54	Układ nerwowy
Rzut poziomy, ukośny, równowaga ciał, siła odśrodkowa i dośrodkowa 52	Narządy zmysłowe: oko
Dźwignie, bloki, wielokrążek, kołowrót 56	Narządy zmysłowe: ucho
Równia pochyła, klin, śruba 57	Powonienie, dotyk i smak
Ciśnienie cieczy, naczynia połączone i włosko- wate, równowaga 2 cieczy 58, 59	Powietrze, gleba, woda
Prawo Archimidesa i jego zastosowanie	Choroby zakaźne
Wielkanocnych	
Ciepota właściwa przy pomocy piknometru, pły- wanie ciał i areometry 61	Higiena mieszkań i higiena zawodowa
Powietrze, doświadczenie Torricellego, barome- try, prawo Mariotte'a, manometr, lewary 62	Pomoc w nagłych wypadkach
Pompy: pneumatyczna, ssąca i ssąco-tłocząca, siskawka i prasa hydrauliczna 62	Pomoc w nagłych wypadkach
Silniki, energia i jej przemiany	Szkoły żeńskie: Rozwój dziecka. Szkoły męskie: Powtarzanie.

naukowego Ministerstwa W. R. i O. P. strona 44—59.

1) z dyspozycją doświadczeń, które ma młodzież wykonać w pracowni,

2) z przyrządami, służącymi do tych doświadczeń,

3) z normalnym przebiegiem doświadczeń i przyczynami, które ten bieg mogą zakłócić,

4) z technicznym wykonaniem doświadczeń, oraz

5) ze sposobami przeprowadzania, objaśniania i omawiania ćwiczeń z młodzieżą.

Poza temi ćwiczeniami każdy uczący może się zwrócić do kierownika pracowni o specjalne wyjaśnienia lub wskazówki.

Uczęszczanie na ćwiczenia dla uczących jest obowiązkowe dla nauczycieli, prowadzących naukę przyrody w oddziałach VI i VII, korzystających z pracowni.

Inni nauczyciele, w szczególności dojeżdżający z miejscowości poza siedzibą pracowni, mogą korzystać z ćwiczeń dla uczących tylko po osobistym zgłoszeniu się u Kierownika pracowni i przedstawieniu pisemnego zezwolenia przełożonego Inspektora.

Aby z ćwiczenia w pracowni młodzież mogła odnieść należyta korzyść, musi uczący należycie się przygotować, co obejmuje:

1) zapoznanie się z przyborami, przerobienie ćwiczenia celem nabycia wprawy w wykonywaniu doświadczeń,

2) powtórzenie i przyswojenie teoretycznych wiadomości z zakresu danego ćwiczenia,

3) przygotowanie pytań, które przy ćwiczeniu ma wydobyć od uczniów żądane wiadomości, ewentualnie pokierować rozumowaniem ucznia.

Celem nabycia wprawy w posługiwaniu się przyrządami należy na ćwiczeniach dla uczących wykonywać eksperymenty dokładnie, by opanować użycie przyrządów i dojść do dobrych wyników i obliczeń.

Po opanowaniu technicznej strony ćwiczeń w pracowni, należy powtórzyć teoretyczne wiadomości z zakresu danego ćwiczenia, do czego może służyć jakikolwiek podręcznik fizyki, co najmniej jednak Moychy i Kozińskiego, albowiem jest przystosowany do programu Ministerstwa i przy popularnym wykładzie zawiera zakres materiału naukowego nie tylko wystarczający, ale nawet dość obfity dla szkół powszechnych.

Ponieważ podręcznik ten, jako dozwolony, może się znaleźć w ręku młodzieży, przeto uczący powinien się z nim bezwzględnie zaznajomić.

Po przerobieniu, tak praktycznym, jak i teoretycznym danego ćwiczenia, trzeba przygotować sobie, stosownie do poziomu rozwoju

oddziału, pytania, które chce się wydobyć od uczniów żądane wiadomości, jak również i ich kolejność, by pokierować rozumowaniem młodzieży we właściwym, pożądanym kierunku.

Przy prowadzeniu ćwiczeń z młodzieżą należy uważać na następujące zasadnicze warunki:

1) starać się o możliwie największą karność, jest to może najtrudniejszy punkt, szczególnie ze względu na przepełnienie oddziałów;

2) kierować doświadczeniami wykonywanymi równocześnie przez cały oddział a nie przerabiać ich z pojedynczymi uczniami, bo reszta niezajęta może przeszkadzać.

W szczególności doświadczenie należy prowadzić w następujący sposób:

a) cały eksperyment rozłożyć w przygotowaniu na szereg czynności krótkich i prostych, kolejno po sobie następujących;

b) wydawać rozkazy tych kolejnych czynności krótko a dobitnie, bacząc, by wszyscy uczniowie wykonali je natychmiast i równocześnie;

c) dopiero po wykonaniu przez wszystkich uczniów nakazanej czynności, wydawać rozkaz do wykonania następnej czynności.

W ten sposób postępując, może uczący panować nad całym oddziałem i kontrolować wyniki jego pracy, tylko od czasu do czasu poprawiając szybko poszczególnych uczniów.

Ponieważ w bieżącym roku uzyskała Pracownia w Krakowie trzy sale, przeto ćwiczenia dla oddziałów VI-ych odbywać się będą co tydzień a dla oddziałów VII-ych co dwa tygodnie przez cały rok szkolny.

Skutkiem tego zwiększenia ilości ćwiczeń materiał naukowy przeznaczony na poszczególne ćwiczenia uległ, w stosunku do ubiegłych lat, znacznemu zmniejszeniu i zrównał się co do ilości z materiałem, wypadającym na poszczególne ćwiczenia w pracowniach prowincjonalnych, gdzie już i w zeszłym roku, ze względu na małą liczbę szkół, ćwiczenia odbywały się co tydzień.

Wobec więc zmniejszenia ilości materiału naukowego należy po skończeniu eksperymentów wykonać wszelkie obliczenia, szkicowanie przyrządów, oraz przeprowadzić omówienie i powtórzenie przerobionego materiału, tak aby młodzież w zupełności przyswoiła go sobie, tem bardziej, że poza pracownią w szkole będzie tylko jedna godzina tygodniowo, w której można tylko powtórzyć i utrwalić rezultaty ćwiczenia.

Czas przeznaczony na ćwiczenie jednego oddziału wynosi 90 minut. Przed upływem tego czasu nie wolno opuszczać pracowni.

Ćwiczenia należy przerabiać dokładnie, niektóre będą bowiem dalej konieczne, jako części następnych ćwiczeń, n. p. ważenie będzie

potrzebne kilka razy tak w szóstym, jak i w siódmym oddziale. Jeżeli kto wagi i ważenia dokładnie nie przerobi na pierwszym ćwiczeniu, to przy dalszych ćwiczeniach napotka na znaczne trudności, a nawet może nie zdoła ich przeprowadzić.

Również szczególną uwagę należy zwrócić na notatki, które musi prowadzić młodzież, tem bardziej że zaopatrzenie jej w podręczniki wobec ciężkich warunków ekonomicznych jest niewystarczające. Powinna zatem młodzież zapisywać w notatkach rezultaty wykonywanych eksperymentów, ich przebieg, obliczenia i rysunki.

Przy eksperymentach jakościowych notuje młodzież zaobserwowane zjawiska, ich kolejność, tudzież szkicuje przyrządy. Przy wykonywaniu eksperymentów ilościowych, oprócz zjawisk i szkicowania przyborów, notuje młodzież pomiary i otrzymane wielkości; na ich podstawie dochodzi w obliczeniach do wyników, które u różnych grup mogą się różnić w granicy błędów doświadczalnych.

Po dojściu do pewnych praw mają uczniowie je zanotować w brzmieniu ustalonym po kilkakrotnym powtórzeniu.

Przy wykonywaniu szkiców należy młodzież wprawiać do schematycznego rysunku, szczególnie dlatego, aby zwrócić jej uwagę na istotne rzeczy czyto w budowie, czyto we funkcjonowaniu przyrządu, co w rysunku perspektywnym, najczęściej nieudolnym, nie może zostać uwytłumione.

W tym celu już w pierwszych ćwiczeniach należy zacząć od najprostszych przyborów, które jeden z uczniów będzie przy pomocy uczącego szkicował na tablicy. W miarę postępu trzeba zostawiać młodzieży coraz więcej swobody w schematycznym ujmowaniu.

Jak z jednej strony należy położyć nacisk na rysunek schematyczny, tak z drugiej strony nie trzeba zabraniać — obok rysunku schematycznego — także i ujęcia perspektywnego przyborów, które szczególnie z początku lepiej przemawiają do poziomu umysłowego dziecka.

Notatki te ma młodzież przynosić na każde ćwiczenie, aby w razie wizytacji były dostępne dla Wizytującego.

Tematów ćwiczeń z pracowni nie wolno przedtem opracowywać w szkole. Młodzież na ćwiczeniach ma się po raz pierwszy zapoznać z danym zjawiskiem, przyrządem lub zagadnieniem. Dopiero na podstawie wykonanego ćwiczenia i obserwacji mają się odbyć obliczenia, omawianie i uogólnienie poznanego zjawiska.

Jak z jednej strony tematu ćwiczeń nie można napróżd obrabiać w szkole, tak z drugiej strony musi się przed przyprowadzeniem klasy na ćwiczenie, powtórzyć i przygotować z nią podstawowe wia-

domości, które winna była wynieść z poprzedniej nauki przyrody lub rachunków: np. do ćwiczeń ze zwierciadłami i pryzmatami — mierzenie kątów, do wag i ważenia — miary, do środka ciężkości — kształt brył i szukanie środka geometrycznego.

Przy ćwiczeniach należy zwracać uwagę na szanowanie przyrządów oraz materiału, celem uniknięcia strat tak dla pracowni, jak i młodzieży, która musi wyrównać wyrządzone szkody.

Każda szkoda, wyrządzona w inwentarzu pracowni, musi zostać wynagrodzona przez sprawcę, Dyрекcję szkoły lub Komitet Rodzicielski, stosownie do okoliczności i porozumienia się uczącego z Kierownictwem pracowni i Zarządem odnośnej szkoły.

Przy wejściu do sali ćwiczeń należy przeglądnąć i odebrać przygotowane przyrządy i przybory, a ewentualnie zauważone braki zaraz zgłosić personelowi pracowni. Po skończonem ćwiczeniu należy uporządkować przybory i przyrządy, wyprowadzić młodzież na korytarz, oddać salę wraz z przyborami personelowi pracowni i dopiero potem opuścić budynek.

Krakowski „Ośrodek instrukcyjny fizyki“.

J. PACZOWSKI.

Już na szereg lat przed wojną zjawiały się w polskich szkołach średnich zaboru austriackiego dążenia do oparcia nauczania fizyki na zasadach dydaktycznych, stanowiących podstawę obecnie obowiązujących ministerjalnych programów nauczania tego przedmiotu. W pracach Towarzystwa Nauczycieli Szkół Wyższych nad reformą galicyjskiej szkoły realnej, dokonanych w latach 1906—1909, postawiono wyraźnie postulat oparcia nauczania fizyki na własnych ćwiczeniach uczniów. Próby wcielenia tej myśli w życie pojawiały się w niejedynej szkole.

W szczególności piszący te słowa już przedtem, bo w r. 1904, założył w szkole realnej w Jarosławiu — bodaj pierwszą w Polsce — pracownię fizykalną dla uczniów i związał ją organicznie ze „szkołą zręczności“ (pracownią robót ręcznych). Wyczerpujące wiadomości o niej podałem w „Muzeum“ z roku 1907 i 1910, szczegółów więc tutaj nie przytaczam.

Z tem większą gotowością zabrałem się do realizowania projektu — zainicjowanego w r. 1925 przez Ministerstwo W. R. i O. P. oraz Kuratorium Okręgu Szkolnego Krakowskiego — zorganizowania w kie-

rowaniem przeze mnie Gimnazjum VIII im. Augusta Witkowskiego w Krakowie (typ matematyczno-przyrodniczy) ośrodka instrukcyjnego fizyki¹⁾.

Przed wakacjami 1925 r. i w ciągu nich zostały przeprowadzone różne prace przygotowawcze: odpowiednie przystosowanie pomieszczeń, zaprowadzenie potrzebnych instalacji, uzupełnienie sprzętów i pomocy naukowych. Właściwa praca ośrodka rozpoczęła się we wrześniu 1925 r. Brał w niej zrazu kierowniczy udział p. G. Leśnodorski, dyrektor gimnazjum żeńskiego, jednak wycofał się w październiku 1925 r. z powodu zbytniego obarczenia pracą we własnym zakładzie (ponad 1200 uczennic!) Była to wielka strata dla ośrodka, dla którego — zwłaszcza w początkach — wiedza i długoletnie doświadczenie dyrektora Leśnodorskiego przedstawiały nieocenione walory. Pracownikami ośrodka pozostali nadal — prócz piszącego te słowa — nauczyciele Gimnazjum VIII R. Birkenmayer, M. Jalewski, W. Janik, L. Sowa. Praca była wytężona. Widać to choćby z ilości posiedzeń, odbywanych dwa razy tygodniowo. Posiedzeń tych — wielogodzinnych — odbyło się 73.

Przedewszystkiem należało omówić i wypracować przystępną metodę prowadzenia ćwiczeń, uwzględniając warunki (głównie na prowincji) nie wystarczające, lub nawet pozornie uniemożliwiające pracę laboratoryjną w szkole.

Zakres naszej pracy obejmował materiał naukowy przeznaczony na klasy III i IV gimnazjum typu mat. przyr., mianowicie ćwiczenia z nauki o cieple i mechaniki trzech stanów skupienia ciał.

Do każdego z tych dwu działów przydzielono po dwu kolegów, którzy mieli obowiązek przygotować projekt ćwiczenia, obmyśleć sposób jego prowadzenia, udoskonalić jego formę dydaktyczną, dzielić się

¹⁾ Władze szkolne rozpoczęły organizowanie w wybranych w tym celu szkołach średnich „ośrodków instrukcyjnych“, poświęconych nauczaniu różnych przedmiotów. Zadaniem ośrodka instrukcyjnego, poświęconego dydaktyce pewnego przedmiotu, jest przyczynić się jak najwydatniej do podniesienia nauczania tego przedmiotu na obszarze jednego lub kilku okręgów szkolnych, a pośrednio w całym Państwie. Nauczyciele, pracujący w ośrodku, starają się — przy pomocy władz szkolnych — wyposażać należycie przedmiot w urządzenia i pomoce naukowe i — swą indywidualną i zbiorową pracą — postawić jego nauczanie jak najlepiej. Z ośrodka korzystają inni nauczyciele tego przedmiotu, zapoznając się z urządzeniami i pomocami naukowymi, przyglądając się metodom nauczania, zasięgając rad i t. p. Korzystanie z ośrodka odbywa się albo z inicjatywy samych nauczycieli, albo z inicjatywy władz szkolnych. Prócz tego każdy ośrodek winien stać się jednym z ważnych ognisk polskiej twórczej pracy w dziedzinie dydaktyki, powinien — w miarę możliwości — dokonywać jej sam i ułatwiać innym jej dokonywanie. (Przyp. Red.).



Ćwiczenia uczniów w pracowni fizycznej Gimnazjum VIII w Krakowie.

z kolegami na posiedzeniu swemi spostrzeżeniami i wynikami pracy, osiągniętymi na lekcji szkolnej. Szerokie, wielogodzinne dyskusje, poprawki koleżeńskie, pełne życzliwości, tylko dobro sprawy mające na celu uwagi, rady i wskazówki, powtórne próby i przeróbki, powrotne rozważania i poprawki — oto tok naszej pracy, z której wywylaniały się powoli wykończone obrazki ćwiczeń. Wyniki jej podajemy do wiadomości ogółu nauczycielstwa w artykule zamieszczonym w niniejszym roczniku. Liczba ćwiczeń pokaźna, oddana nauczycielowi, którego uznaniu pozostawia się wybór. Nie są to na pewno same nowości, odkrycia nieznanych rzeczy, pomysły obce ogółowi nauczycielstwa — nie! to — jak nazwałem — obrazki dawne, może w nowej oprawie czy ramce, ale wśród tego zbioru i nowe się znajdują, o świeżej, nieznanej a skromnej barwie. Rzucając je w świat, pragniemy ich oceny, krytycznych uwag, może nowego oramienia, czy nawet całkowitej zmiany konturów rysunku.

Dalszą treścią naszych prac, poza ustaleniem metod prowadzenia ćwiczeń i lekcji, była ocena przyrządów fabrycznych, przeznaczonych do użytku w pracowni, ewentualna modyfikacja w zastosowaniu do warunków pracy czy urządzenia laboratorium, wreszcie budowanie nowych, tanich, praktycznych a możliwie dokładnych przyrządów fizycznych. I na tem polu zrobiliśmy wiele. Przedewszystkiem należało uzupełnić dawne zbiory gabinetu, skompletować je i rozszerzyć na 20 grup uczniów (po dwu). Wytyczną przy zakupie przyrządów było oddanie zamówień firmom i wytwórniom krajowym. Przeważną część przyrządów wykonała fabryka „Borek“ i pracownia mechaników Braci Calikowskich w Krakowie, którzy według naszych planów konstruowali bardzo starannie, czysto i dokładnie szeregi przyrządów (uniwersalny statyw do mechaniki, elektroskopy, galwanometri).

Pewną część przyrządów zmuszony byłem zamówić przez firmę „Chemotechnika“ z fabryki zagranicznej „Phywe“ w Getyndze, upewniwszy się uprzednio, że w kraju nie mamy wytwórni podobnych przyrządów. Nieraz musiałem tak postąpić także dlatego, że pośpiech, narzucony przepisami o zużytkowaniu przyznanych kredytów, nakazywał zakupno gotowych przyrządów, które jednak możnaby — nawet taniej — u nas wykonać.

Sprawa ta — piekąca i niezmiernej doniosłości będzie przedmiotem naszych rozważań; mam nadzieję, że w niedalekiej przyszłości wystąpimy z praktycznym projektem jej rozwiązania.

Gabinet fizyczny rozporządza warsztatem mechanicznym (6,80 m. × 2,60 m.) dobrze wyposażonym; tutaj mechanik wykonywa modele projektowanych przez nas przyrządów, przerabia stare nieużytki, poprawia zniszczone. W obecnym roku przez rozszerzenie warsztatu pracy



Ćwiczenia uczniów w pracowni fizycznej Gimnazjum VIII w Krakowie.

ręcznej naszych uczniów, spodziewam się, przy organicznym połączeniu obu pracowni, osiągnąć bardzo wydatne wyniki na tem polu.

Ważnym postulatem możliwości prowadzenia ćwiczeń — to odpowiednia sala i należyte jej urządzenie. Nie wdaję się na tem miejscu w dyskusję, w jaki sposób zaradzić brakowi miejsca, który najczęściej jest (rzekomo) tamą w urządzeniu pracowni. Z mego wieloletniego doświadczenia stwierdzam, że dobra wola, zapał, chęć i energia dyrektora i nauczyciela niemal zawsze rozwiążą problem braku miejsca na pracownię.

W naszym zakładzie przeznaczyłem na ten cel salę o wymiarach 10,10 m. $\times$ 6,70 m. W niej ustawiono 20 stolików (10 podwójnych) o wymiarach 160 cm. $\times$ 65 cm. Do każdego z nich doprowadzono gaz i końcówki prądu elektrycznego, obok ustawiono po dwa statywy. Wzdłuż jednej ściany na wąskich stołach umieszczono 20 wag dostatecznie czułych.

Sprawę zasilenia pracowni prądem rozwiązałem w następujący sposób: Prąd miejski jednokierunkowy, o napięciu 220 V., dopływa do rozdzielnicy, przy pomocy której można go kierować i użytkować w kilka dowolnych sposobów. W sali wykładowej znajduje się tablica rozdzielcza druga, która pozwala redukować napięcie do kilku woltów, nadto odgałęzia prąd do lampy łukowej. Oprócz akumulatorów ołowianych (dawnych) w liczbie 16, zakupiłem 20 podwójnych ogniów „Nife“, do których mechanik dorobił odpowiednie tulejki, pozwalające szybko łączyć ogniwa szeregowo (do nabijania). Przy takim urządzeniu mamy do rozporządzenia: 1) dla 20 grup oddzielnie i niezależnie po 2 ogniwa żelazno-niklowe; $V = 2,4$; 2) do każdego stolika prąd od kilku do 220 V. 3) do każdego stolika prąd o napięci 2,4 V i znacznym natężeniu.

W sali znajdują się 2 krany wodociągowe i przyrząd automatyczny Junkersa, dający wodę ciepłą i gorącą. Wreszcie stół z szeregiem szuflad, w którym umieszczono przyrządy i przybory podręczne i częściej używane (śruby mikrometryczne, miary z nonjuszem, termometry, piknometry, łapy i uchwyty, palniki, siatki i t. p.). Przyrządy potrzebne do ćwiczeń, przygotowane przed lekcją i ustawione na stolikach (u nóg kółka), przewozi się z sąsiedniego gabinetu do sali ćwiczeń.

Sala wykładowa o wymiarach 9,65 m. $\times$ 6,70 m., amfiteatralnie urządzona, posiada poprzednio wzmiankowaną rozdzielnicę, dopływ gazu i wody, stale utwierdzony na ścianie induktor i epidjaskop.

Zbiory przyrządów kompletuje się, mając na uwadze wyłącznie ćwiczenia z uczniami, a zadowalając się na razie dawnymi przyrządami do pokazu.

Praca nasza w ubiegłym roku, czysto wewnętrzna, jako początkowa pochłaniała wiele czasu na samo zorganizowanie i uruchomienie ośrodka. Na rok bieżący planowane są dalsze prace o tym samym charakterze, w szczególności opracowanie ćwiczeń z pozostałych działów, a więc z optyki i elektryczności. Prócz tego jednak zamierzamy rozpocząć już i pracę zewnętrzną, która obejmie pomoc i radę dla chętnych Kolegów, pragnących kilka tygodni spędzić z nami wśród wspólnej pracy. Zamknęliśmy rok naszych wysiłków w nadziei, że praca nasza nie pójdzie na marne, że odda usługi zwłaszcza w tych zakątkach, gdzie ludzie dobrej woli są, lecz może brak wytycznych, porady i wskazówek utrudnia skierowanie nauki fizyki na właściwe tory.

Jeszcze raz zaznaczam, że nie rościmy sobie praw do zbytnej oryginalności naszego dorobku. Wiemy, że praca nasza wiele jeszcze posiada usterek, lecz oddajemy ją Nauczycielstwu z gorącym apelem, by przyjęło z pobłażaniem jej braki, z taką dobrą wolą, z jaką my ją w świat Nauczycielstwa ślemy, z prośbą o uwagi, koleżeńskie wytknięcia, bezstronne krytyki i dyskusje.

Wzajemna wymiana myśli, zespolenie się w pracy, której szczytny cel „dobro narodu przez dobrą szkołę“ każdemu z nas przyświeca, poprowadzą na pewno do plonów obfitych, usuną szarą ciemnotę zasłone, wiodąc nas do poznania Prawdy.

Warszawska Komisja dla sprawy nauczania fizyki w szkołach średnich ogólnokształcących.

Z inicjatywy Ministerstwa W. R. i O. P. zebrało się w dniu 25.III. 1926 r. grono osób, interesujących się problemem nauczania fizyki w szkołach średnich, w celu naradzenia się nad sposobami ulepszenia tego nauczania. Po ożywionej dyskusji zebrani postanowili utworzyć stałą Komisję, mającą za zadanie pracę nad programami i metodami nauczania fizyki w szkołach średnich ogólnokształcących, a w szczególności opracowywanie rad i wskazówek, dotyczących doboru i zakresu materiału naukowego, metody i techniki przerabiania go z uczniami, potrzebnych przy nauczaniu środków pomocniczych i t. p. W skład Komisji weszli następujący uczestnicy zebrania:

Bronisław Bielecki, Jarosław Chelmiński, Kazimierz Czerwiński, Gustaw Doborzyński, Bolesław Gawęcki, Antoni Karpowicz, Zofja Kowalczevska, Ludwik Koziński, Tadeusz Łopuszański, Teodora

Męczkowska, Stefan Pieńkowski, Stanisław Pleśniewicz, Antonina Ptaszycka, Ryszard Szretter, Gustaw Wuttke, Stanisław Ziemecki.

Przewodnictwem objął T. Łopuszański, obowiązki sekretarza K. Czerwiński.

Miejscem zebrań Komisji była sala ćwiczeń fizycznych Gimnazjum im. Królowej Jadwigi, użyczona na ten cel przez członka Komisji, p. Kowalczewską. Zebrania odbywały się w każdy pierwszy i trzeci czwartek miesiąca, a trwały od godz. 18-ej do godz. 21-ej co najmniej. Zebrań takich odbyło się 8.

Na pierwszym posiedzeniu Komisja ustaliła program swej pracy. Wobec tego, iż nauczanie fizyki w niższym gimnazjum — mimo wielkich braków — zaczęło już u nas wchodzić na jakieś bardziej określone tory, zarówno pod względem doboru materiału naukowego, jak i metody jego traktowania wogóle, a ćwiczeń uczniowskich w szczególności, podczas gdy w gimnazjum wyższym nie wyszło jeszcze z okresu jednostkowych, nieskoordynowanych prób i usiłowań — Komisja postanowiła ograniczyć na razie swą pracę do sprawy nauczania fizyki w gimnazjum wyższym.

Ponieważ fizyka odgrywa szczególnie doniosłą rolę w matematyczno-przyrodniczym typie szkoły, który bez należytego postawienia tego przedmiotu nie może osiągnąć istotnej wartości, Komisja postanowiła zająć się przede wszystkim problemem nauczania fizyki w gimnazjum matematyczno-przyrodniczym. Wychodziła przytem także z założenia, że — po opracowaniu najszerszego w tym typie szkoły zakresu — łatwiej będzie dokonać opracowań dla innych typów.

Komisja postanowiła na koniec podjąć usiłowanie wszechstronnego i gruntownego opracowania całego kursu nauczania fizyki w gimnazjum matematyczno-przyrodniczym. Opracowanie to ma szczegółowo omówić dobór i zakres materiału naukowego, poziom naukowy, na którym jego traktowanie ma być utrzymane, stopień ścisłości naukowej, z jaką pojęcia fizyczne mają być przyswajane uczniom. Ma ono zawierać szczegółowe wskazówki co do metody traktowania każdego fragmentu nauczania, co do urządzeń i przyrządów potrzebnych zarówno do pokazów, jak ćwiczeń uczniowskich, co do techniki pokazów, metody i techniki prowadzenia ćwiczeń i t. p.

Właściwą swą pracę Komisja zaczęła od rozważań nad problemem nauczania kinematyki. Dyskusja nad tą sprawą odbywała się na podstawie szczegółowego referatu, dostarczonego członkom w odbitkach¹⁾, i wypełniła wszystkie zebrania Komisji aż do wakacyj letnich 1926 r.

¹⁾ Referat ten został — z pewnemi zmianami — zamieszczony w niniejszym tomie.

Po przerwie wakacyjnej podjęła Komisja na nowo swe posiedzenia. Ponieważ jednak powstała w łonie Komisji myśl przekształcenia Komisji na szerszą organizację pod egidą Komisji Pedagogicznej Ministerstwa W. R. i O. P., przeto w dniu 4.XI. 1926 Komisja rozwiązała się, a jej członkowie weszli w skład nowo utworzonego „Oddziału metodyki fizyki i chemji” Komisji Pedagogicznej.

T. Ł.

Oddział Metodyki Fizyki i Chemji Komisji Pedagogicznej Ministerstwa W. R. i O. P.

Rozporządzeniami z dnia 15 czerwca 1921 r., zamieszczonemi w № 8 (51) Dziennika Urzędowego Ministerstwa W. R. i O. P. z 1921 r., Minister W. R. i O. P. powołał do życia „Komisję Pedagogiczną Ministerstwa W. R. i O. P.”, powołał jej pierwszych członków (w liczbie 26 ciu) oraz nadał jej statut. Statut ten czyni Komisję ciałem naukowym, w pełni autonomicznem. Przewiduje on tworzenie Oddziałów Komisji, poświęconych poszczególnym działom nauki o wychowaniu.

Ponieważ w kilku miejscowościach (Warszawa, Kraków, Wilno, Lwów) utworzyły się grupy osób, pracujących wspólnie nad dydaktyką fizyki i chemji, przeto wydało się pożądanem zjednoczenie tych pracowników w jednej organizacji. Za najwłaściwsze uznano wytworzenie takiej organizacji pod egidą Komisji Pedagogicznej.

Dnia 8 listopada 1926 r. Zarząd Komisji Pedagogicznej uchwalił utworzenie w łonie Komisji Oddziału metodyki fizyki i chemji z siedzibą w Warszawie. Na skutek tej uchwały utworzył się nowy Oddział z członków Komisji, którzy zgłosili przystąpienie do Oddziału, oraz z powołanych przez nich osób z poza Komisji.

W dniu 18 listopada 1926 r. odbyło się w Warszawie pierwsze Walne Zebranie Oddziału, które — między innemi — powołało dalszych członków Oddziału oraz wybrało Zarząd Oddziału.

W skład Oddziału wchodzią obecnie następujący członkowie:

Bronisław Bielecki (Warszawa), Jarosław Chelmiński (Warszawa), Kazimierz Czerwiński (Warszawa), Aleksander Dmochowski (Wilno), Gustaw Doborzyński (Warszawa), Bolesław Gawęcki (Warszawa), Jan Harabaszeński (Warszawa), Marjan Jalewski (Kraków), Wincenty Janik (Kraków), Antoni Karpowicz (Warszawa), Zofja Kowalczeńska (Warszawa), Ludwik Kosiński (Warszawa), Tadeusz Łopuszański (Warszawa), Teodora Męczkowska (Warszawa), Wła-

dystaw Michalski (Warszawa), Jan Paczowski (Kraków), Lucjan Paczowski (Warszawa), Stefan Pieńkowski (Warszawa), Stanisław Pleśniewicz (Warszawa), Antonina Ptaszycka (Warszawa), Leon Sowa (Kraków), Wacław Staszewski (Wilno), Ludwik Szperl (Warszawa), Ryszard Szretter (Warszawa), Wacław Werner (Warszawa), Gustaw Wuttke (Warszawa), Stanisław Ziemecki (Warszawa).

W skład Zarządu Oddziału weszli:

Tadeusz Łopuszański, jako przewodniczący,

Stanisław Pleśniewicz, jako zastępca przewodniczącego,

Zofia Kowalczevska, jako sekretarz.

Walne Zebranie postanowiło — w miarę uzyskania materialnego poparcia ze strony Ministerstwa W. R. i O. P. — przystąpić do wydawania pisma, poświęconego sprawie nauczania fizyki i chemji. Prócz tego Walne Zebranie uchwaliło program pracy Oddziału na najbliższy rok. Głównym punktem tego programu jest opracowanie—szczegółowe i wszechstronne — toku nauczania fizyki w klasie czwartej gimnazjum matematyczno-przyrodniczego.

T. Ł.

WYTWÓRNIE PRZYZRĄDÓW.

Fabryka przyrządów naukowych „Fizyka” Sp. Akc. w Warszawie.

Nauczanie nauk przyrodniczych w szkołach ogólnokształcących postawione zostało w programach państwowych odrazu na poziomie, wiążącym naszą pracę nad wykształceniem młodego pokolenia z nowoczesnymi zasadami dydaktyczno-naukowymi.

Celem nauczania przyrody w szkole powszechnej jest: 1) zaznajomienie z najważniejszymi zjawiskami i prawami przyrody żywej i martwej, oraz ich zastosowaniami, 2) zaprawienie do bystrej i ścisłej obserwacji i wyrobienie zdolności logicznego myślenia, 3) wyrobienie inicjatywy i samodzielności w pracy, zręczności i praktyczności. W szkole średniej celem nauczania fizyki jest wyrobienie badawczego stosunku do zjawisk w jego postaci najbardziej czynnej — *eksperymentalnej*, przyzwyczajenie do ścisłości przez gruntowne poznanie najważniejszych zjawisk i praw fizycznych, o ile to możliwe, na podstawie *pracy w laboratorium*, nadto umiejętność stosowania zdobytej wiedzy do wypadków konkretnych w naturze i w życiu w celu ich wytłumaczenia.

Realizacja powyższych celów nauczania ma pierwszorzędne znaczenie w wychowaniu nowego pokolenia Polski współczesnej, stojącej wobec bezwzględnej konieczności życiowej: zbiorowego wysiłku społeczeństwa dla odbudowy życia gospodarczego Państwa.

Na tę stronę wychowania zwrócił uwagę w r. b. w mowie inauguracyjnej znakomity uczony, Rektor Uniwersytetu Jagiellońskiego L. Marchlewski, wzywając młodzież do studjów technicznych. Stanowisko programów urzędowych oraz opinii społecznej wpłynie niewątpliwie na zwiększenie wysiłków, mających na celu zapewnienie szkolnictwu

środków do realizacji tych doniosłych celów wychowania narodowego w Polsce.

Jednym z nich jest rozwój polskiej wytwórczości w dziedzinie przyrządów naukowych. Każdy przyrząd wyprodukowany w kraju przez dobrego fachowca będzie stopniowo stwarzał coraz mocniejsze podwaliny samowystarczalności polskiej w przemyśle techniczno-naukowym. Współdziałanie producenta z nauczycielem, a więc z inicjatywą i pracą dydaktyczno-naukową w kraju, wpływać będzie zawsze w sposób wybitnie dodatni i twórczy na obydwie strony. Polska ma wiele zadań do wypełnienia na tem polu, ma jednak warunki, aby — przy pomyślnym układzie stosunków — sprostać dzisiejszym i przyszłym potrzebom. Dowodem tego jest powstanie i rozwój fabryki przyrządów naukowych „Fizyka“ w Warszawie. Inicjatywa wyszła ze sfer nauczycielstwa szkół powszechnych, średnich i wyższych, które — przy udziale Towarzystwa urządzeń szkolnych i laboratoryjnych „Uranja“, łącznie ze Sp. Akc. „Nasz Sklep“, przy współdziałaniu Sp. Akc. „Książnica—Atlas“ oraz b. współwłaściciela firmy „Woltmann i Kołdonek“, znanego i wybitnego fachowca p. Ryszarda Woltmanna — w r. 1923 powołuje do życia wymienioną wyżej fabrykę przyrządów naukowych. Na czele nowej instytucji stanął dobrze znany nauczycielom fizyki b. asystent Politechniki Warszawskiej, p. Ryszard Woltmann. Fabryka została zainstalowana w zabudowaniach Towarzystwa Akc. „Uranja“ przy ul. Siennej 39 w Warszawie.

W ciągu krótkiego stosunkowo czasu Sp. Akc. „Fizyka“ wyprodukowała ponad 150 modeli rozmaitych przyrządów, wkraczających nieomal we wszystkie dziedziny nauczania fizyki, a często przeznaczonych wyłącznie do ćwiczeń uczniowskich. Przyrządy w większości zostały przedstawione komisji fachowej Ministerstwa W. R. i O. P. z rektorem Stefanem Pieńkowskim na czele i w całym szeregu wypadków zostały uznane za „niezbędne i polecane“. Przyrządy te spotkały się z uznaniem przede wszystkim ze względu na swoją celowość oraz wartość konstrukcyjną. Modele „Fizyki“, obok używanych typów, wprowadzają szereg rzeczy oryginalnych, według pomysłów naszego nauczycielstwa. Ta zwłaszcza dziedzina wymagać będzie dużej troski w dalszym rozwoju tej instytucji. Oryginalne pomysły naszego nauczycielstwa mają wszelką gwarancję, według doświadczeń doświadczenia, że spotkają się ze współdziałaniem dobrego i doświadczonego technika, jakim jest kierownik „Fizyki“.

Kolekcja wyprodukowanych przyrządów ciągle wzrasta, obejmując coraz to nowe działy.

Nie szczędząc kosztów, fabryka zaopatruje się w maszyny najnowszej konstrukcji. W ostatnich czasach sprowadzono dwadzieścia kilka maszyn w celu powiększenia sprawności aparatu technicznego. Personel fabryczny składa się wyłącznie z sił miejscowych; bez posługiwania się więc siłami sprowadzonymi z zagranicy, kształci się robotnik wyłącznie polski i sama instytucja spełnia poniekąd funkcje jakby szkoły zawodowej.

Przyjęta została następująca, zupełnie słuszna metoda pracy: śledząc bacznie za postępem produkcji zagranicznej, bierze się kilka analogicznych istniejących w danej chwili modeli zagranicznych, poddaje się analizie ich praktyczność, celowość, oraz konstrukcję, a wtedy pewne typy łączy się razem, wprowadzając niezbędne ulepszenia i zmiany. Wyniki takiej pracy mają niemałą wartość dla odbiorcy; dostaje on bowiem model niejako syntetyczny, który zastąpi mu kilka przyrządów zagranicznych. Ten system doskonalenia produkcji przyrządów fizycznych, wykonywanych w kraju, stwarza możliwość planowego zaopatrywania pracowni i współdziała w opracowaniu nowych metod nauczania fizyki w szkole polskiej.

Według otrzymanych w Zarządzie fabryki przyrządów naukowych „Fizyka“ informacji, instytucja pomieniona rozszerza zakres organizacyjno-finansowych możliwości, wchodząc w stan fuzji ze znaną hurtownią papierniczą „Nasz Sklep“ w Warszawie, z Towarzystwem urządzeń szkolnych i laboratoryjnych „Uranja“, oraz ze Sp. Akc. „Sosnowieckie Zakłady Graficzne“. W ten sposób ma powstać wielka instytucja przemysłowo-handlowa dla produkcji pomocy szkolnych. Przez takie połączenie, jak się dowiadujemy, stworzone zostaną warunki, które umożliwią rozszerzenie produkcji metalowej w zakresie przyrządów naukowych do fizyki, kosmografji i geografji.

Na wyroby „Uranji-Fizyki“ zwróciła już dwukrotnie uwagę zagranica: 1) podczas wycieczki nauczycieli fizyki z Łotwy w r. 1924 oraz 2) w czasie Wystawy Dydaktycznej we Florencji w r. 1925, kiedy to przyrządy Towarzystwa „Uranja-Fizyka“ zostały odznaczone złotym medalem.

Należy życzyć pomyślnego rozwoju instytucji, mającej niewątpliwie wszelkie dane do odegrania poważnej roli w postępie nauczania fizyki w szkolnictwie polskim.

L. Koziński.

„Pomoc Szkolna“.

(Warszawa, Krakowskie-Przedmieście Nr. 38).

Wśród wytwórni pomocy naukowych w dziedzinie fizyki pierwszorzędne w kraju miejsce zajmuje warszawska wytwórnia „Pomoc Szkolna, sp. z ogr. odp.“.

Firma, założona w r. 1920 pierwotnie jako składnica pomocy naukowych wogóle, w r. 1922 nabyła małą wytwórnię p. f. „M. Rogalski i S-ka“, zatrudniającą kilku zaledwie robotników; nieodpowiedni lokal oraz brak w dostatecznej liczbie wykwalifikowanych robotników nie pozwoliły firmie rozwinąć szerszej działalności w kierunku produkcji krajowych przyrządów fizycznych, których brak dawał się dotkliwie odczuwać szkołom — w szczególności w dziedzinie przyrządów do ćwiczeń własnoręcznych młodzieży.

Pragnąc zaspokoić potrzeby rynku w tej dziedzinie oraz uniezależnić się od wytwórni zagranicznych, „Pomoc Szkolna“ zorganizowała własną wytwórnię w większym lokalu przy ul. Żytniej, gdzie udało się skupić kilkunastu fachowo przygotowanych i uzdolnionych robotników. Mając w ten sposób przygotowany warsztat pracy, „Pomoc Szkolna“ przystąpiła do wyrobu przyrządów, potrzebnych do ćwiczeń własnoręcznych młodzieży w szkołach średnich i powszechnych, przyczem odrazu zrezygnowała z wyrobu przyrządów pomiarowych precyzyjnych, nie wyrzekając się produkcji tychże w przyszłości, kiedy poziom fachowy wykonawców odpowiednio się podniesie.

Wytwórnia rozporządza napędem elektrycznym, posiada piec emaljerski, warsztat ślusarski i stolarski, tokarnię oraz urządzenie do galwanizacji.

Liczba zatrudnionych robotników wskutek niepomyślnej koniunktury w początku 1926 r. uległa redukcji, obecnie jednak firma spodziewa się, iż wkrótce doprowadzi liczbę robotników do 25, czyli do normy roku 1925.

Dotychczas „Pomoc Szkolna“ wyprodukowała całkowicie ok. 80 rodzajów, częściowo zaś ok. 30 rodzajów różnych przyrządów fizycznych oraz różnych pomocy szkolnych i laboratoryjnych, przyczem w wielu wypadkach produkcja jest masowa; na okres najbliższy zapowiada „Pomoc Szkolna“ ok. 30 nowych rodzajów przyrządów fizycznych. Liczne wyroby firmy, przedstawione Komisji Oceny książek i pomocy naukowych przy M. W. R. i O. P., znalazły aprobatę Komisji oraz zostały polecone lub dozwolone do użytku szkolnego (rozp. Nr. 1484/R z d. 2.VII 1624 r.).

Do przyrządów dozwolonych lub poleconych przez M. W. R. i O. P. do użytku w szkołach powszechnych i średnich, a wykonanych całkowicie w warsztatach „Pomoc szkolna“, należą między innymi: baroskopy, konduktory elektryczne różnych kształtów, latarnia projekcyjna „Polon“, maszyna Atwooda, młynek Segnera, pierścień Gravesanda, półkule magdeburskie, pompa pneumatyczna, pyrometr, równia pochyła, siatka Kolbe'go, stolik Ampère'a, stolik optyczny Dmochowskiego oraz wirownica; oprócz tego na uwagę zasługują następujące przyrządy, wykonane w ostatnich czasach: giroskop, kocioł Papina, tarcza Hartla oraz woltametry.

Dążeniem firmy jest doprowadzenie asortymentu przyrządów, niezbędnych w szkole powszechnej i średniej, do pełnego kompletu i tem samem do zupełnego uniezależnienia się od dostaw zagranicznych, wywołujących odpływ gotówki z kraju.

Ruchliwy Zarząd z pp. Marcelim Gawinem i Ludwikiem Kochem na czele przez postawienie firmy na gruncie zdrowej konkurencji i handlowej kalkulacji, przez udzielanie daleko idącego rabatu i kredytu składnicom oraz instytucjom, zyskał sobie licznych odbiorców nie tylko w stolicy, lecz także na prowincji, a w szczególności w większych miastach, jak np. we Lwowie, Krakowie, Wilnie, Poznaniu i Łodzi, gdzie stałymi odbiorcami wyrobów „Pomocy Szkolnej“ są składnice pomocy szkolnych.

Jarosław Chetmiński.

Fabryka aparatów optycznych i precyzyjnych H. Kolberg i S-ka.

Fabryka powstała z inicjatywy pp. inż. Leona Maleckiego i Karola Hercyka, przy współudziale zaproszonego przez nich obywatela włoskiego p. Jerzego Koro, i przy poparciu finansowem pp. Henryka Kołobrzeg-Kolberga i ś. p. inż. K. Mieszczańskiego. PP. inż. K. Hercyk i J. Koro, którzy już dawniej organizowali niejedną optyczną fabrykę, wykorzystali obecność w Warszawie pewnego zastępu robotników specjalistów, którzy przed wojną pracowali w fabrykach optycznych poza granicami kraju, i uruchomili w r. 1921 fabrykę w Warszawie. Od r. 1923 fabryka posiada własną obszerną posesję przy ul. Grochowskiej 35 z budynkiem fabrycznym dobrze przystosowanym do potrzeb mechanicznych i optycznych warsztatów. Z wy-

jątkiem surowego szkła, które produkuje zaledwie kilka fabryk na świecie, zarówno mechaniczna obróbka różnych opraw przyrządów, jako też i produkcja optycznych części, zaczynając od krajania surowca, a kończąc na szlifowaniu i polerowaniu soczewek i pryzmatów, odbywa się w całości w tutejszej fabryce. Fabryka zatrudnia obecnie około 150 robotników.

Wkrótce po rozpoczęciu produkcji fabryka zaczęła otrzymywać coraz większe zamówienia na przyrządy optyczne, używane w wojsku. Z tego powodu działalność fabryki została głównie skierowana ku zaspokojeniu potrzeb Ministerstwa Spraw Wojskowych. Jednakowoż fabryka nie zaniechała produkcji instrumentów, używanych w szkolnictwie, lecz pracowała i pracuje dotychczas w tym zakresie. Dotychczas fabryka wyprodukowała: lupy aplanatyczne o powiększeniach 6 do 20, różnorodne oprawy i rączki do tych lup, statywy preparacyjno-wycieczkowe i statywy do pokazów w mikroakwarjach. Wkrótce fabryka wypuści na rynek: mikroskopy szkolne, wykonane według własnego modelu, za który otrzymała w r. 1925 złoty medal na Wystawie Dydaktycznej we Florencji, i mikrotomy według własnego modelu. W zakresie fizyki szkolnej fabryka wykonywuje na zamówienie optyczne części przyrządów.

Kazimierz Czerwiński.

Z A D A N I A.

Zadania maturalne z fizyki w r. 1926.

MECHANIKA.

Kinematyka.

1. Nad wylotem głębokiego szybu trzymamy na dłoni kamień, który opuszczamy w pewnej chwili do szybu, poczem po upływie t sekund słyszymy uderzenie kamienia o dno szybu. Wyznaczyć głębokość szybu, jeżeli znane jest przyspieszenie ziemskie g , tudzież prędkość rozchodzenia się głosu w powietrzu c . (Opór powietrza pominąć). (Lwów).
2. Dwa punkty, których odległość początkowa wynosi a , rozpoczynają równocześnie ruch z prędkościami v_1 i v_2 i poruszają się po tej samej prostej, jeden za drugim z przyspieszeniem γ_1 i γ_2 . Po jakim czasie nastąpi ich zetknięcie się? (Lwów).
3. Dwa kamienie znajdują się w odległości 50 m. na jednej linii pionowej. Kamień, znajdujący się wyżej zaczyna spadać o 3 sekundy wcześniej od niższego. Po jakim czasie kamień pierwszy dogoni drugi? (Lwów).
4. Papier porusza się poziomo z szybkością $v = 60$ cm/sek, na ten papier puszczono równocześnie z wysokości $h_1 = 15$ metr. i $h_2 = 24$ metr. (wzdłuż tej samej pionowej) dwie poczerwione kule. Znaleźć odległość między miejscami uderzenia kul o papier. (Warszawa).
5. Z punktu A , oddalonego od B o 200 metr., zaczyna spadać swobodnie kamień. Równocześnie z punktu B wyrzucono drugi kamień pionowo w górę, z prędkością początkową 50 m/sek. W jakiej odległości od ziemi spotkają się oba ciała i po upływie jakiego czasu? (Kraków).
6. Rzucono pionowo w górę dwie kule z jednakową szybkością początkową V_0 , jednak drugą w t sek po rzuceniu pierwszej. W jakiej odległości od ziemi kule się spotkają? Wskazać warunki, kiedy to możliwe. (Warszawa).
7. Ciało rzucają pionowo w górę z początkową szybkością $v_1 = 39,2$ m/sek. Po ilu sekundach należy rzucić pionowo w górę drugie ciało, z tą samą szybkością początkową, ażeby drugie ciało spotkało pierwsze w połowie jego powrotnej drogi? (Lwów).
8. Od poziomej płyty odskakuje doskonale sprężysta kula z szybkością początkową 10,9 m/sek. Kula ta dochodzi do największej wysokości, spada z powrotem, odbija się i t. d. Jak często uderza ta kula o płytę? Do jakiej wysokości podskakuje? (Lwów).

9. Kula trafia prostopadle w bok statku, poruszającego się z prędkością $V_1 = 5 \text{ m/sec}$, którego szerokość $S = 15 \text{ m}$. Po przebicu jednego boku kula porusza się z prędkością $v_2 = 10 \text{ m/sec}$, aż do chwili przebicia drugiego boku statku. Jak wielki jest kąt, zawarty pomiędzy poprzeczną osią statku, a odcinkiem łączącym oba punkty przebicia? Obliczyć odległość pomiędzy oboma punktami przebicia i prędkość względną kuli V_c . Rozwiązać zagadnienie rachunkowo i graficznie. (Lwów).

10. Podniósłszy kamień ruchem jednostajnie przyspieszonym na wysokość $0,6 \text{ m}$, cofam nagle rękę i stwierdzam, że kamień wznosi się jeszcze na wysokość 4 m . Obliczyć nacisk kamienia na rękę w chwili bezpośrednio poprzedzającej jej cofnięcie, jeżeli ciężar kamienia wynosi $1,5 \text{ kg}$. (Lwów).

11. Wektory AB , BC i CA wyrażają trzy siły. Wykazać, że siły te nie mają wypadkowej. (Warszawa).

12. Z punktu O , położonego na powierzchni ziemi, rzucono kamień z początkową szybkością $c = 98,1 \text{ m/sec}$ i elewacją $\alpha = 30^\circ$. Obliczyć czas wznoszenia się tego kamienia, największą wysokość, oraz szybkość nabytą w chwili tej największej wysokości, pomijając tarcie powietrza ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$).

13. Rzucamy ciało poziomo z prędkością 12 m/sec ; na ile metrów oddali się od nas w kierunku poziomym i pionowym po upływie 3 sek ? (Wołyń).

Dynamika punktu.

14. Kula o ciężarze 2400 gr . porusza się po kole pionowym o promieniu $r = 1,5 \text{ m}$, wykonując 120 obrotów na minutę. Jakie jest naprężenie nitki, kiedy kula przebiega przez punkt szczytowy koła? (Lwów).

15. Łyżwiarz zatacza koło o promieniu $r = 12 \text{ m}$. z prędkością linową $v = 9 \text{ m/sec}$. Pod jakim kątem α do pionu pochyla się on do wnętrza toru? (Lwów).

16. Koń wagi 220 kg . biegnie dokoła areny cyrkowej o promieniu 20 m . ze stałą prędkością 8 m/sec . Oznaczyć wartość siły odśrodkowej i pochylenie ku środkowi, niezbędne do utrzymania równowagi. (Lwów).

17. Ciało o masie 200 gr , uciepione na sznurku długości $1,2 \text{ metra}$, krąży w płaszczyźnie pionowej z okresem obiegu $T = 0,4 \text{ sek}$. Środek toru kołowego leży na wysokości $18,42 \text{ metr}$ nad ziemią. Ciało to, znajdując się w położeniu górnym, odrywa się w chwili, gdy prędkość jego jest dokładnie pozioma.

Po jakim czasie i w jakim miejscu ciało to upadnie na ziemię? Przy jakim napięciu zerwał się sznur? (Warszawa).

18. Wóz kolejki powietrznej, pozostawiony działaniu własnego ciężaru, przebiega krzywą, zakończoną torem kołowym pionowo ustawionym; promień tego koła $= r$. Jak wysoko nad poziomem ma się znajdować punkt wyjścia wozu, aby wóz nie spadł i przeszedł cały okrąg koła? Pominąć opory (Korp. Kad.).

19. Ciało, tocząc się po równi pochyłej bez początkowej prędkości, jest w drodze n razy dłużej, aniżeli byłoby, spadając swobodnie z tej samej wysokości; a) obliczyć kąt nachylenia równi do poziomu, b) wyznaczyć szybkość, jaką ciało osiągnie u podnóża równi, wiedząc, że długość tej równi jest o d metrów większa od jej wysokości. Tarcia nie uwzględniamy. (Warszawa).

20. Pociąg porusza się po torze o spadku $1:100$. Maszyna dostarcza takiej tylko siły, jaka potrzebna jest do zrównoważenia siły tarcia. Jak długo

musi być pociąg w ruchu i jaką przebyć drogę, aby osiągnął prędkość pociągu pospiesznego, $v = 25 \text{ m/sec}$ (Lwów).

21. Kulę o masie 2 kg . rzucono w górę po równi pochyłej, nachylonej pod kątem $\alpha = 25^\circ 18'$ do poziomu, z prędkością początkową 30 m/sec . Jak daleko potoczy się ona? Jak wielką musi być siła równoległa do podstawy, potrzebna do zrównoważenia tej kuli? (Lwów).

22. U stóp równi pochyłej o długości $L = 20 \text{ m}$. i wysokości $h = 4 \text{ m}$. leży kula o ciężarze $Q = 12 \text{ kg}$. Kula ta jest połączona zapomocą sznurka z ciężarkiem $P = 4 \text{ kg}$, zwisającym swobodnie pionowo, sznurek bowiem, łączący oba ciężary, jest przełożony przez bleczek, umieszczony odpowiednio na górnym końcu równi. Tarcie pomijamy. Początkowo ruch powstrzymujemy i wówczas ciężarek P jest $s = 3 \text{ m}$. ponad podstawą równi.

Jeżeli rękę usuniemy, obliczyć: 1) przyspieszenie ciężarków, 2) czas spadania ciężarka P do poziomu podstawy równi, 3) jaki najdalszy punkt na równi osiągnie ciało? (Polesie).

23. Pociąg pospieszny zbliża się po torze poziomym do przystanku ze stałą prędkością 21 m/sec . Po zamknięciu pary pociąg porusza się ruchem jednostajnie opóźnionym wskutek tarcia, którego współczynnik $f = 1/200$.

Jak wielkie jest opóźnienie, jaka jest szybkość pociągu po pierwszej sekundzie i jaka jest droga przebyta w tym czasie. (Wołyń).

24. Na jaką odległość przesunie się człowiek, ślizgający się na łyżwach, od chwili, gdy uzyska prędkość $V = 6 \text{ m/sec}$, poruszając się nadal tylko dzięki rozpędowi nabytemu? Opór powietrza pomijamy.

Współczynnik tarcia $f = 0,02$. (Warszawa).

25. Chłopiec zjeżdża na saneczkach z góry o spadku $1/20$ (h/l); tarcie o śnieg i opór powietrza stanowią razem 2% ciężaru saneczek, wraz z chłopcem wynoszącego 100 kg .

Obliczyć wartość siły zsuwającej, przyspieszenia oraz drogi przebytej w ciągu 1 minuty. (Śląsk).

26. Wzdłuż toru poziomego rzucono z szybkością $v = 10 \text{ m/sec}$ kulę, która po przebyciu drogi $L = 5 \text{ m}$. napotyka płaszczyznę gładką, wznoszącą się ku górze pod kątem $\alpha = 24^\circ 30'$. Współczynnik tarcia na torze poziomym wynosi $f = 0,05$, na równi zaś pochyłej tarcie można całkowicie pominąć.

Obliczyć jaką drogę przebiegnie jeszcze kula na równi. (Polesie).

27. Wahadło matematyczne o masie m zostało wychylone o 90° od pionu i puszczane w ruch. Znaleźć siłę rozciągającą nić, w chwili przechodzenia wahadła przez punkt równowagi. (Warszawa).

28. Wahadło o długości 1 metra ma największą prędkość 150 cm/sec . Obliczyć jego wychylenie, w chwili gdy prędkość wynosi 50 cm/sec . (Lwów).

Statyka.

29. Drut jednolity zgięto pod kątem prostym; jedno ramię wynosi $a = 30 \text{ cm}$. drugie $b = 40 \text{ cm}$. Wyznaczyć środek ciężkości i obliczyć jego odległość od wierzchołka kąta. (Poznań).

30. O jaki kąt należy odchylić kamienny walec, którego wysokość jest $h = 1 \text{ m}$, a promień podstawy $r = 0,3 \text{ m}$, aby upadł? (Poznań).

31. O jaki kąt należy odchylić żelazny stożek, którego średnica podstawy wynosi 30 cm., a tworząca 50 cm., by się przewrócił? Jaka jest wartość pracy potrzebnej na wywrócenie stożka, jeśli jego gęstość wynosi 7,82? (Śląsk).

32. Pręt AB o długości $l = 50$ cm., grubszy przy końcu A , znajduje się w równowadze, jeśli podeprzeć go w odległości $k = 5$ cm od końca A , jeżeli zaś podeprzeć pręt pośrodku, to żeby on był w równowadze, trzeba na cieńszym końcu zawiesić ciężar $Q = 100$ Gr. Obliczyć ciężar pręta. (Białystok).

33. Z powodu tego, że belka wagi nie jest ściśle równoramienna, ciało, umieszczone na prawej szalce wagi, zdaje się ważyć 20,5 gr. umieszczone na lewej, zdaje się ważyć 20 gr. znaleźć masę ciała. (Lwów).

34. Waga szalkowa posiada ramiona nierówne, jedno z nich jest krótsze od drugiego o $1/100$ długości tego ostatniego. Kupiec nie wiedząc o tej niedokładności, dokonywa 100 ważeń po 1 kg. w sposób zwykły, przyczem przy 50 ważeniach kładł na lewej szalce towar, na prawej odważniki, a przy 50 ważeniach odwrotnie: na lewej odważniki, na prawej towar. Czy kupiec stracił, czy zyskał na towarze wskutek niedokładności wagi i ile? (Białystok).

35. Jakiej trzeba siły, żeby utrzymać ciało ważące 500 kg. na równi pochylej o kącie nachylenia $\alpha = 36^\circ 52' 10''$, gdy kierunek działania siły tworzy z płaszczyzną równi kąt $\beta = 40^\circ$ i z jaką siłą ciśnie to ciało na samą równię? (Lwów).

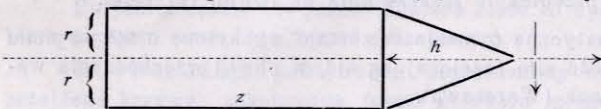
Praca; energja.

36. Z jaką energją kinetyczną, wyrażoną w kilogramometrach, spadłaby kulka gradowa, ważąca 2 gr. z wysokości 4500 metr., gdyby nie było oporu powietrza? ($g = 10$ m/sec²). (Lwów).

37. Pocisk ważący 20 kg. wystrzelono z armaty z prędkością 600 m/sec pod kątem 30° , obliczyć największą i najmniejszą energję kinetyczną pocisku i wykazać, że w dowolnym położeniu pocisku suma energji kinetycznej i potencjalnej ma wartość stałą. (Lwów).

38. Pocisk o ciężarze 5 kg. wystrzelono pod kątem elewacji 10° , z prędkością początkową 340 m/sec w kierunku wieży, odległej o 3600 m. W jakiej wysokości dosięgnie on wieży i z jaką energją kinetyczną? (Lwów).

39. Pocisk posiada kształt bryły, utworzonej przez obrót naszkicowanej figury około zaznaczonej osi, prędkość V w kierunku tej osi, gęstość d . Podczas ruchu pocisk obraca się dookoła swej osi, wykonując n obrotów na sekundę. Obliczyć całkowitą energję kinetyczną pocisku.



$$[\text{Kwadrat ramienia bezwładności } K^2 = \frac{r^2 \left(2 + \frac{h}{5}\right)}{2 \left(2 + \frac{h}{3}\right)}] \text{ (Lwów).}$$

40. Wahadło ważące 500 gr., w którym odległość środka ciężkości od osi wynosi 60 cm., odchyła się z początku o kąt 20° od poziomu. Po jakim czasie odchylenie jego zmniejsza się wskutek oporów do 10° . Obliczyć stratę energji w przeciągu tego czasu. (Lwów).

Ciężar; grawitacja.

41. Obliczyć przyspieszenie ziemskie g w szerokości geograficznej φ , przyjmując, że ziemia jest dokładną kulą jednorodną o promieniu $R = 6370$ km, wytwarzającą w stanie spoczynku przyspieszenie $g = 984$ cm/sec², że jej obrót dookoła osi jest jednostajny i że czas pełnego jej obrotu wynosi $T = 24$ godzin. (Lwów).

42. Wiedząc, że masy Jowisza, Marsa i Księżyca w stosunku do masy ziemi wyrażają się odpowiednio liczbami 310, 0,105 i $1/81,5$, promienie zaś tych ciał, w stosunku do promieni kuli ziemskiej, odpowiednio liczbami: 11,14; 0,531 i $1/3,7$, obliczyć długość wahadła sekundowego na powierzchni księżyca oraz ciężar człowieka na powierzchni Jowisza i Marsa, jeżeli na ziemi waży on 70 kg. Przyjąć wartość natężenia siły ciężkości na powierzchni ziemi $g = 980,6$ dyn/gr. (Lwów).

43. Obliczyć w kilometrach prędkość początkową, jaką trzeba nadać pociskowi, wyrzucając go w kierunku pionowym do góry, by on już nie spadł na ziemię. Oporu powietrza nie uwzględnia się. (R ziemi = 6370 km; stała grawitacyjna $C = 6,6 \cdot 10^{-8}$ cm²/gr. sek². (Lwów).

Własności płynów.

Ciecze.

44. Dęta kula glinowa o promieniu 16 cm. zanurza się w wodzie do połowy; obliczyć grubość jej ścian (gęstość glinu = 2,57 gr/cm³). (Lwów).

45. Szklana pusta wewnątrz kula jest w zawieszeniu w wodzie. Jaką część objętości całej kuli stanowi wewnętrzna próżnia? Gęstość szkła $d = 3$ gr/cm³ (Wilno).

46. Posąg marmurowy, ważący 540 kg, spadł do wody; ile trzeba do niego przywiązać drzewa sosnowego, aby podźwignęło posąg i wraz z nim wypłynęło, jeżeli ciężar właściwy marmuru wynosi 2,7, a drzewa sosnowego 0,66. (Ciężar i objętość sznurów pomijamy). (Lwów).

47. Rurka szklana, z obydwu stron zalutowana, zawierająca nieco rtęci, posiada długość 30 cm, powierzchnię przekroju 1 cm² i waży 25 gr. Rurkę tę zanurzano do naczynia z wodą. Obliczyć zanurzenie rurki w wodzie, gdy na wodę nalejemy warstwę nafty grubości 10 cm, której gęstość wynosi 0,8.

Czy przez dolewanie nafty można osiągnąć całkowite zanurzenie w niej rurki?

Obliczyć zanurzenie rurki w wodzie, gdy rurka zanurzy się całkowicie w obu cieczach. (Łódź).

48. Kulę sporządzoną z korka gęstości 0,24 zanurzano w wodzie do głębokości $h = 10$ m. Po jakim czasie wypłynie ona na powierzchnię wody, gdy ją wypuścimy z ręki (opór pominać). (Lwów).

49. Z wysokości h nad poziomem cieczy wpada do tej cieczy kulka. Gęstość cieczy d , a kulki — d_1 , przytem $d > d_1$. Jak głęboko zanurzy się kulka w cieczy, zanim znów wypłynie? (Tarcia nie uwzględniać). (Warszawa).

50. Ze stawu strumieniem splywa woda na koło młyńskie, posiadając w chwili zetknięcia się z kołem prędkość 7 m/sec. Oddawszy część swej energji kinetycznej, woda odpływa z pod koła z prędkością 70 cm/sec. Koło powyższe porusza szereg maszyn, służących do przemiału zboża, o ogólnej dzielności

58,8 koni mechanicznych. Wiemy pozatem, że 10% pracy użytecznej traci się na pokonanie szkodliwych oporów. Obliczyć masę wody, spadającej na koło młyńskie w ciągu sekundy. (Warszawa).

G a z y.

51. Dwie kulki, szklana i metalowa, wykazują na powietrzu równy ciężar $p = 100$ Gr. Obliczyć różnicę ciężaru kulek w próżni. (Ciężar właściwy powietrza $\delta = 0,0013$, szkła $\delta_1 = 2,5$, metalu $\delta_2 = 11,35$. (Poznań).

52. Lewar prosty ma kształt rurki na jednym końcu silnie zwężonej. Długość tej rurki równa się 50 cm. Rurkę tę zanurzono węższym końcem do naczynia z rtęcią na głębokość 20 cm. Następnie zatknięto górny koniec lewara palcem i wyjęto rurkę z rtęci. Obliczyć długość zamkniętego w rurce słupka powietrza po wyjęciu rurki z rtęci. Ciśnienie zewnętrzne równa się 76 cm słupa rtęci. (Warszawa).

53. Celem wyznaczenia wysokości góry przystąpiono do pomiaru ciśnienia atmosferycznego w sposób następujący: rurkę szklaną długości 50 cm. zanurzono w wodzie na głębokość 40 cm., poczem, po zatknięciu górnego wylotu, podniesiono tak, że dolny koniec rurki sięgał poziomu wody w naczyniu. Wysokość słupka powietrza w rurce wynosiła wówczas 10,5 cm.

Obliczyć ciśnienie atmosferyczne. (Warszawa).

54. W rurce barometrycznej nad rtęcią znajduje się powietrze, zajmujące objętość 3 cm³. Wysokość słupka rtęci w rurce wynosi 58,8 cm. Podnosimy rurkę tak, aby objętość powietrza wynosiła 4 cm³. Wówczas słup rtęci wynosi 63 cm. Jakie jest ciśnienie atmosferyczne? (Korp. Kad.).

55. Do prostej rury barometrycznej nalano tylko tyle rtęci, że ponad jej powierzchnią pozostało w rurce jeszcze 15 cm.³ powietrza o gęstości i ciśnieniu otaczającej atmosfery. Nie zważając na obecność tej ilości powietrza, wykonano doświadczenie Toricelli'ego. Wysokość słupa rtęci, wzniesionego w rurce ponad poziomem rtęci w szerokim naczyniu wyniosła 300 mm., powietrze zaś nad słupem w rurce zajęło obecnie objętość 25 cm³. Jakie było ciśnienie atmosferyczne podczas doświadczenia? (Warszawa).

56. Jedno z równych ramion rurki, wygiętej w kształcie litery U jest zamknięte, drugie — otwarte. W obydwóch ramionach rurki tej jest rtęć na jednakowym poziomie. Odległość poziomu rtęci od górnego końca rurki równa się h cm. Do otwartego ramienia rurki dolano rtęci, aż po brzegi. O ile centymetrów podniósł się poziom rtęci w zamkniętym ramieniu? Ciśnienie zewnętrzne podczas doświadczenia było H cm. rtęci. (Warszawa).

57. Zbiornik o pojemności 10 litrów, zawierający suche powietrze w warunkach normalnych, waży 438,52 gr. Po częściowym usunięciu powietrza do ciśnienia 1,2 cm, masa zbiornika z pozostałym powietrzem wynosiła 425,79 gr. Obliczyć gęstość powietrza w warunkach normalnych. (Łódź).

58. Do naczynia, mającego objętość $v = 1000$ cm.³ i zawierającego powietrze o gęstości $d_0 = 0,001293$ gr./cm.³, włączano zapomocą pompy zgęszczającej, za każdym poruszeniem tłoka powietrze $v_1 = 100$ cm.³ gęstości d_0 . Jaka będzie gęstość powietrza po 100 poruszeniach tłoka? (Lwów).

C I E P Ł O.

Rozszerzalność.

59. Żelazne wahadło sekundowe (w temperaturze 20° C) oziębiliśmy do 10° C. Ile sekund przyspieszy to wahadło w ciągu doby? (Lwów).

60. Z dilatometru napełnionego rtęcią wypływa przy ogrzaniu od 0° do 100° C 31,1 gr. rtęci. Ile rtęci zawierało naczynie przy temperaturze 0°, jeżeli współczynnik rozszerzalności rtęci wynosi $\alpha = 0,00018$, a współczynnik liniowy szkła $\beta = 0,000009$? (Poznań).

61. Pewna ilość wodoru zajmowała w 14° C objętość 144 cm³, pod ciśnieniem 740 mm. rtęci. W kilka dni później, ta sama ilość gazu w temperaturze 17°, wypełnia 154 cm³.

Jak zmieniło się w tym czasie ciśnienie atmosferyczne? (Wołyń).

62. Ile traci pozornie na ciężarze kilogram mosiężny w powietrzu o temperaturze 20° C, gdy barometr wskazuje 750 mm?

Gęstość mosiądzu 8,4 gr./cm.³, gęstość powietrza w warunkach normalnych 0,001293 gr./cm.³. (Warszawa).

63. Jakie ciśnienie wywierać będzie powietrze, wtłoczone do stalowej flaszki objętości $V = 10$ litrów, w temperaturze $t = 20^\circ$, jeżeli ciężar tego powietrza wynosi 1 kg. (Poznań).

Ilość ciepła.

64. Po zanurzeniu 150 gr. platyny do 470,4 gr. wody przy 10°, temperatura wody podniosła się do 20°. Po zanurzeniu 250 gr. platyny (ogrzonej do tej samej temperatury), do 388 gr. wody przy 10°, temperatura wody podniosła się do 30°. Wyznaczyć ciepło właściwe platyny i jej temperaturę w chwili zanurzenia do wody. (Polesie).

65. Celem wyznaczenia temperatury ogniska wrzucono doń kulę platynową o masie 0,1 kg. Kiedy ta kula ogrzała się już do temperatury ogniska wrzucono ją do kalorymetru wodnego, zawierającego 1 kg. wody o temperaturze + 5° C. Wskutek tego temperatura wody i kalorymetru podniosła się do + 10° C. Ciepło właściwe platyny wynosi 0,03 kal./gr.; równoważnik wodny kalorymetru 10 gr. Obliczyć temperaturę ogniska. (Lwów).

66. Masa kalorymetru, wyrobionego z miedzi (ciepło właściwe 0,093 kal./gr.) wynosi 100 gr.; naczynie to zawiera 500 gr. wody; początkowa temperatura wody wynosi $t_1 = 15^\circ$ C. Wlewamy 100 gr. oliwy do małego miedzianego naczynka, które puste waży 20 gr.; tak napełnione, umieszczamy naczynko to w gotującej się wodzie, poczem przenosimy je do kalorymetru. Po ustanowieniu się równowagi, temperatura kalorymetru wynosi $t = 20,15^\circ$ C. Obliczyć ciepło właściwe oliwy C. (Lwów).

67. W zbiorniku o pojemności 20 m.³ zamknięto powietrze pod ciśnieniem 3 atmosfer, w temperaturze 91° C. Znaleźć nowy stan gazu, jeżeli zamknięte powietrze utraci 1170 kaloryj kilogramowych. Dane: 1 litr powietrza waży w warunkach normalnych 1,3 gr.; ciepło właściwe powietrza w stałej objętości $\frac{1}{6}$ kal./gr. (Korp. Kad.).

Zmiana stanu skupienia.

68. Do naczynia zawierającego m_1 gramów wody, o temperaturze t_1 włożono m_2 gramów lodu, o temperaturze $t_2 = 0^\circ$ C i m_3 gramów żelaza o temperaturze t_3 . Obliczyć temperaturę jaką te trzy ciała osiągną po wyrównaniu tem-

peratur, jeżeli się przyjmie, że lód przytem stopił się całkowicie i jeżeli nie bierze się pod uwagę straty ciepła nazewnątr i na ogrzanie naczynia.

U w a g a: Ciepło właściwe żelaza $c = 0,1 \text{ kal./gr.}$, ciepło topliwości lodu $C = 80 \text{ kal./gr.}$

Przykład: $m_1 = 1000 \text{ gr.}$, $m_2 = 200 \text{ gr.}$, $m_3 = 500 \text{ gr.}$, $t_1 = 15^\circ \text{C}$, $t_3 = 200^\circ \text{C}$. (Lwów).

69. Kaloryfer parowy w temperaturze pokojowej skrapla w ciągu 1 godziny na każdym 1 m^2 swojej powierzchni (ogrzewalnej) $1,8 \text{ kg.}$ pary w temperaturze 100° .

Ile m^2 powierzchni ogrzewalnej powinien posiadać kaloryfer, aby mógł dostarczać 3000 kal. ciepła na godzinę, przyczem woda skroplona odpływa z powrotem do kotła? (Wołyń).

70. W kalorymetrze wodnym umieściliśmy szklaneczkę z ciekłym tlenem wrzącym w temperaturze $-182,4^\circ \text{C}$; tlen, parując, ma objętość 8 litr. w 17°C ; pod ciśnieniem 740 mm. Hg. Obliczyć ciepło parowania tlenu, wiedząc, że szklaneczka waży 10 gr. , kalorymetr mosiężny 80 gr. , woda 400 gr. ; temperatura początkowa wynosi 17°C , a końcowa 14°C . (1 l. tlenu waży przy 0°C i 760 mm. Hg $1,424 \text{ gr.}$; ciepło właściwe mosiądzu $0,094 \text{ kal./gr.}$; ciepło właściwe szkła $0,192 \text{ kal./gr.}$). (Lwów).

71. Ile kilogramów węgla kamiennego, zawierającego 75% czystego węgla i 5% wodoru, należy spalić, aby otrzymać 100 kg. pary wodnej o temperaturze $121,4^\circ \text{C}$, jeżeli początkowa temperatura wody wynosi 10°C , a połowa ciepła, wytworzonego przy spalaniu węgla, rozprasza się. Ciepło spalania węgla $= 8000 \text{ kal./kg.}$, wodoru $= 34000 \text{ kal./kg.}$ Wiadomo nadto, że ilość ciepła, potrzebna do zmiany 1 kg. wody o temperaturze 0° na parę o temperaturze $t^\circ \text{C}$, wynosi $(606,5 + 0,305 t^\circ)$ kaloryj kilogramowych. (Warszawa).

72. Mieszanina gazu i pary nasyconej posiada objętość V przy ciśnieniu h . Nie zmieniając temperatury nadano mieszaninie objętość V_1 . Znaleźć prężność mieszaniny przy $V_1 > V$ i $V_1 < V$, jeśli prężność pary nasyconej wynosi p . (Objętość cieczy, powstałej wskutek skroplenia pary, pomijamy). (Łódź).

Zasady termodynamiki.

73. Do jakiej temperatury ogrzałby się aerolit żelazny, spadający na ziemię z prędkością 11 km./sk ? Ciepło właściwe żelaza $0,1 \text{ kal./gr.}$ (Korp. kad.).

74. Powierzchnia tłoka maszyny parowej, pracującej z chłodziącą wynosi $S = 250 \text{ cm}^2$, jego skok $l = 110 \text{ cm.}$ Średnie ciśnienie pary w cylindrze $p_1 = 4500 \text{ mm. rtęci}$, ciśnienie zaś pary w chłodnicy $p_2 = 92 \text{ mm. rtęci}$. Uwzględniając ciśnienie parv naprzemian na jedną i drugą stronę tłoka w czasie jednego całkowitego obrotu koła rozpedowego, obliczyć dzielnosć teoretyczną tej maszyny. Ilość obrotów na minutę $n = 50$. (Warszawa).

75. W cylindrze silnika spalinowego znajduje się w chwili rozpoczęcia sprężania 336 cm^3 mieszanki (gazu i powietrza) o prężności jednej atmosfery i w temperaturze 42°C . Po sprężeniu ciśnienie wzrosło do 15 atmosfer, a objętość spadła do 48 cm^3 . Obliczyć wysokość temperatury po sprężeniu. (Warszawa).

76. Motor spalinowy zużywa na godzinę $0,75 \text{ kg.}$ gazu świetlnego i pracuje z dzielnoscią 3 koni mechanicznych. Jaka jest wydajność tego silnika, jeśli ciepło spalania gazu jest równe 6000 kal./gr ? (Warszawa).

A K U S T Y K A.

Źródła głosu.

77. Mamy dwie struny o równej długości i o równym napięciu, stalową ($d = 7,5$) i mosiężną ($d = 8,4$). Stosunek ich przekrojowy $S:S' = 9:7$. Jaki jest stosunek wysokości ich tonów $n:n'$? (Lwów).

Znamiona głosu.

78. Dwa samochody jadące w przeciwnych kierunkach dają sygnał syrenami o identycznej wysokości $n = 108 \text{ l./sek.}$ Jeden z nich jedzie z szybkością 18 km/godz. , a osoba jadąca w nim zauważa 3 dudnienia w ciągu sekundy. Obliczyć prędkosć drugiego samochodu. (Lwów).

O P T Y K A.

Prostolinjowe rozchodzenie się światła.

79. Przez szczyt słupa telegraficznego o wysokości $h = 9 \text{ m}$ biegnące górne promienie (skrajne) słońca padają na poziomą płaszczyznę pod kątem $\beta = 42^\circ 17'$.

Jak wielki jest półcień s słupa, jeżeli pozorna średnica słońca $\alpha = 32'$? (Wołyń).

Fotometria.

80. Na wysokości 5 m nad poziomym placem umieszczono źródło światła, świecące w każdym kierunku z dzielnością 200 świec. Wyznaczyć oświetlenie placu w miejscu leżącym pionowo pod źródłem światła, tudzież w miejscach oddalonych od pierwszego o 5 i 10 metr. (Lwów).

81. Ulica oświetla się zapomocą lampłukowych o sile $\alpha = 2400$ świecom. Lampy wiszą na słupach na wysokości 12 m . Na jakiej odległości od siebie powinny być rozstawione słupy, ażeby pozioma płaszczyzna, położona na równej od obu lamp odległości na ziemi między słupami, była oświetlana z siłą 2 świec? (Lwów).

Odbijanie się światła.

82. Jak wysokie i szerokie musi być zwierciadło płaskie, aby osoba $a = 1,7 \text{ m}$ wysoka i $b = 0,50 \text{ m}$ szeroka mogła się w niem w całości widzieć? (Poznań).

83. Ogniskowa kulistego zwierciadła wklęsłego wynosi 6 cm. W jakiej odległości od zwierciadła należy ustawić przedmiot, aby jego obraz był oddalony o 5 cm od przedmiotu? (Lwów).

84. Punkt świecący znajduje się o $a = 60 \text{ cm.}$ przed zwierciadłem wklęsłym. Gdy ten punkt zbliżył się do zwierciadła o $c = 10 \text{ cm.}$, to obraz tego przedmiotu będzie się znajdował w odległości, równającej się $\frac{5}{3}$ odległości pierwotnej. Jaka jest ogniskowa tego zwierciadła? (Lwów).

85. Ogniskowa kulistego zwierciadła wklęsłego wynosi 12 cm. ; w jakiej odległości od zwierciadła znajduje się przedmiot i jego obraz, jeśli po oddaleniu przedmiotu od zwierciadła o 18 cm. przybliży się jego obraz ku zwierciadłu o 4 cm. ? (Lwów).

Załamywanie się światła.

86. Oko patrzące na górną krawędź pustego sześciennego naczynia, o ściankach nieprzezroczystych, zajmuje taką pozycję, że wspomniana krawędź zasłania przeciwległą krawędź dna, wobec czego dna nie widać. Kiedy do na-

czynia nalano po brzegi pewnej cieczy, to oko, które nie zmieniło miejsca, ujrzało połowę dna. Znaleźć współczynnik załamania cieczy. (Warszawa).

87. Promień światła pada na jednorodną szklaną płytę grubości 10 cm. pod kątem 60° . Współczynnik załamania szkła płyty $n = 1,5$. Wyznaczyć przesunięcie promienia. (Pomorze).

88. Kostkę ze szkła flintowego zanurzone częściowo w pewnej cieczy. Na ścianę boczną, w miejscu ponad cieczą, puszczono promień światła sodowego pod kątem α do normalnej. Promień ten po wejściu do szkła odbija się całkowicie od sąsiedniej wspólnej płaszczyzny szkła i cieczy, gdy $\alpha = 30^\circ 13'3''$. Obliczyć współczynnik załamania dla cieczy, skoro dla szkła flintowego i promieni sodowych $n = 1,635$. (Warszawa).

89. Na pewną powierzchnię pryzmatu szklanego pada prostopadle promień światła. Obliczyć współczynnik załamania, jeżeli kąt łamiący pryzmatu $= \gamma$, a kąt odchylenia promienia $= \delta$. (Warszawa).

90. Promień światła pada na pryzmat ($n = 1,5$) pod kątem $\alpha = 21^\circ$, wychodzi zaś z pryzmatu pod kątem $\alpha_2 = 50^\circ$. Znaleźć kąt łamiący i kąt odchylenia. (Warszawa).

91. Soczewka, której współczynnik załamania jest $n = 1,5$, ma z jednej strony powierzchnię wklęsłą, a z drugiej wypukłą; promień krzywizny strony wklęsłej wynosi 20 cm., strony wypukłej zaś 15 cm. Jaka jest odległość ogniskowa tej soczewki? Czy można z pomocą tej soczewki otrzymać rzeczywisty obraz słońca? (Warszawa).

92. Gdzie należy umieścić soczewkę szklaną płasko-wypukłą o współczynniku załamania 1,5 i promieniu krzywizny 5 cm., aby na ekranie, znajdującym się w odległości 120 cm. od żarówki, powstał jej wyraźny obraz? (Warszawa).

93. Aparat fotograficzny ma ogniskową $= 15$ cm., a wysokość kliszy 9 cm. Aparatem tym chcemy zdjąć człowieka, którego wzrost wynosi 1 m. 80 cm. W jakich odległościach od soczewki winien być człowiek ten i klisza, aby obraz był ostry? (Warszawa).

94. Na soczewkę zbierającą o ogniskowej $F = 75$ cm. pada zbieżny pęk promieni, których punkt przecięcia leży w odległości 60 cm. za soczewką. W jakiej odległości przetną się te promienie po załamaniu w soczewce? (Warszawa).

95. Na głównej osi soczewki obustronnie wypukłej znajduje się punkt świecący w odległości a od soczewki. Promienie z tego punktu, po przejściu przez soczewkę, padają na płaskie zwierciadło, umieszczone prostopadle do wspomnianej osi (w odległości równej ogniskowej F od soczewki); po odbiciu od zwierciadła promienie tworzą obraz, znajdujący się między soczewką a zwierciadłem; a) znaleźć odległość obrazu od soczewki, b) obliczyć jak duża winna być odległość a , żeby obraz utworzył się istotnie między soczewką a zwierciadłem, c) obliczyć odległość obrazu, gdy $a = 3F$. (Warszawa).

96. Dwie soczewki obustronnie wypukłe o ogniskowych 0,2 metr. i 0,3 metr. ustawiono w odległości 0,5 metra jedna od drugiej. Przedmiot znajduje się w ognisku pierwszej soczewki. Znaleźć położenie obrazu, utworzonego przez drugą soczewkę, oraz podać uzyskane powiększenie. (Warszawa).

97. Jaką odległość wyraźnego widzenia posiada obserwator, któremu przedmioty, oglądane przez znajdującą się tuż przy jego oku lupę, o ogniskowej

10 cm., wydają się umieszczone w odległości wyraźnego widzenia i czterokrotnie powiększone? (Warszawa).

98. Obiektyw mikroskopu ma odległość ogniskową $f_1 = 0,8$ cm.; odległość ogniskowa okularu wynosi $f_2 = 3,2$ cm.; przedmiot oglądany mieści się w odległości $a = 0,84$ cm. od optycznego środka obiektywu.

1) W jakiej odległości od obiektywu tworzy się dawany przezeń obraz rzeczywisty przedmiotu?

2) Jakie jest powiększenie linjowe obiektywu?

3) W jakiej odległości od okularu winien przypadać ten obraz rzeczywisty, by tworzący się obraz pozorny leżał w odległości wyraźnego widzenia, przyjętej za $d = 25$ cm.?

4) Jakie jest powiększenie linjowe okularu?

5) Jakie jest całkowite powiększenie linjowe mikroskopu?

6) Ile wynosi odległość między obiektywem a okulem? (Lwów).

ELEKTRYCZNOŚĆ.

Pole elektryczne statyczne.

99. Konduktor o pojemności 5 cm. i potencjale 12000 woltów połączono bardzo długim przewodnikiem z konduktorem o pojemności $\frac{1}{2} \cdot 10^{-5}$ mikrofarada o potencjale 2000 wolt.

Jaki potencjał osiągną oba konduktory po połączeniu? (Lwów).

100. Dwa kuliste konduktory o promieniu r_1 i r_2 , mające naboje E_1 i E_2 , połączono zapomocą długiego i cienkiego drutu.

Obliczyć: 1) wartość potencjału elektr. V po połączeniu, 2) nabój elektr. X_1 i X_2 na obu konduktorach, 3) nabój elektr. X , jaki przepłynął przez drut po połączeniu, 4) gęstość elektr. δ_1 i δ_2 na konduktorach, 5) stosunek gęstości. (Lwów).

101. Butelka lejdejska o pojemności $C_1 = 18$ cm. naelektryzowana do potencjału $V_1 = 6000$ V., została połączona z dwiema kulkami metalowymi, każda o średnicy $d = 2$ cm. Następnie kulki odłączono od butelki i odsunięto jedną od drugiej na odległość $a = 9$ cm. Z jaką siłą wzajemnie się odpychają te dwie kulki? (Pomorze).

102. Powierzchnia butelki lejdejskiej $S = 640$ cm.², grubość szkła $d = 0,4$ cm., stała dielektryczna $K = 2,4$, a potencjał ładujący maszyny $V = 120.000$ volt. Obliczyć pojemność elektryczną, ładunek oraz energję. (Wołyń).

Prąd elektryczny w przewodnikach.

103. Natężenie prądu elektr. o napięciu $E_1 = 9$ v. jest o jeden amper większe, niż natężenie prądu i_2 o napięciu $E_2 = 5$ v. Jeżeli opór pierwszego obwodu powiększy się o $a = 0,5 \Omega$ to natężenie tego prądu będzie mniejsze o $m = 0,5$ amp., niż natężenie drugiego prądu.

Jak wielki jest opór elektr. każdego z tych obwodów? (Lwów).

104. W obwód prądu o nieznanem natężeniu włączono w szereg dwa opory: 20Ω i 40Ω . Potencjał zmierzony na początku oporu pierwszego wynosi 8 volt, na końcu drugiego 2 volty. Jaką wartość posiada potencjał w punkcie złączenia tych dwu oporów, oraz ile wynosi natężenie prądu płynącego przez te opory? (Lwów).

105. Pomiedzy dwa punkty A i B , w których jest utrzymywana stała różnica potencjałów, włączono dwie jednakowe żarówki, najpierw równolegle, a potem szeregowo. Wskazać stosunek natężeń prądu w pierwszym i drugim wypadku. (Warszawa).

106. Cztery druty stanowią obwód $ABCD$. Opór drutu $AB = 10$ ohmów $BC = 20$ ohmów $CD = 50$ ohmów, opór drutu DA nie jest znany. Między punkty B i D włączono galvanometr. Prąd wchodzi w czworobok w punkcie A i wychodzi w punkcie C . Jaki powinien być opór drutu DA , aby przez galvanometr nie płynął prąd? (Warszawa).

107. Jaki opór zewnętrzny należy obrać, aby przy sile elektromotorycznej ogniwa 1,8 volt i oporze wewnętrznym 1 ohm napięcie na biegunach ogniwa wynosiło 1,5 volt? (Korp. Kad.).

108. Bieguny stałej baterji galvanicznej łączymy krótkimi drutami z amperomierzem o oporze $r = 5 \Omega$, i odczytujemy natężenie $i = 0,3$ amp. Po włączeniu w ten obwód dodatkowego oporu $r_1 = 70 \Omega$ prąd miał natężenie $i_1 = 0,15$ amp. Obliczyć napięcie i opór wewnętrzny baterji (Poznań).

109. Lampka katodowa wymaga prądu żarzenia 0,15 amp. przy napięciu 1,8 volt na końcach włókna. Do żarzenia używa się akumulatora o napięciu 2,1 volt. Jaki opór należy włączyć? (Warszawa).

110. Ogniwo elektryczne, zamknięte galvanometrem o bardzo małym oporze, daje prąd o natężeniu 3,4 amp., a po włączeniu oporu 1,5 ohma, prąd o natężeniu 0,85 amp.; jaka jest siła elektromotoryczna i opór wewnętrzny tego ogniwa? (Lwów).

111. Liczbę $n = 15$ ogniw Daniell'a, z których każde posiada opór wewnętrzny $r = 0,4$ ohm, połączono w $p = 3$ grupy po $q = 5$ ogniw; grupy te połączone są ze sobą szeregowo, ogniwa zaś w poszczególnych grupach — równolegle. Opór zewnętrzny $R = 6$ ohm, a natężenie prądu $i = 0,5$ amp. Obliczyć siłę elektromotoryczną ogniwa Daniell'a. (Białystok)

112. Danych jest 6 ogniw galwanicznych o sile elektromotorycznej każdego z nich 1,8 volt i oporze wewnętrznym $R_w = 1,3 \Omega$ (ohma). W jaki sposób należy połączyć ogniwa, aby przyłączeniu mieszanem otrzymać największe natężenie prądu i ile razy ono wzrośnie w porównaniu z połączeniem szeregowem, lub równoległym, jeżeli zewnętrzny opór R_z wynosi 1 Ω . (Lwów).

113. Dwa równolegle połączone akumulatory zasilają prądem dwa obok siebie umieszczone przyrządy sygnalizacyjne, połączone też równolegle. Obliczyć napięcie na zaciskach aparatów sygnalizacyjnych. Dane:

1) Opór każdego akumulatora — 0,1 ohma.

2) Siła elektromotoryczna każdego akumulatora = 2 volt.

3) Opór przewodów zasilających = 0,5 ohma.

Opór jednego aparatu sygnalizacyjnego = 5 ohmom, a drugiego aparatu = 6 ohmom. (Warszawa).

114. Zaciski baterji, złożonej z 10 akumulatorów, spiętych szeregowo, połączono raz drutem o oporze = 9 ohmów, drugi raz (po usunięciu pierwszego), drutem o oporze = 3 ohmów. Jaka wypadła w każdym z obu wypadków różnica potencjałów na końcach tych drutów, jeżeli przyjmujemy, że opór wewnętrzny baterji był równy 1 ohmowi, a siła elektromotoryczna każdego akumulatora wynosiła 2 volty? (Warszawa).

115. Pociąg elektryczny składa się z 2 wagonów motorowych, każdy o masie 34 tonn i 3 wagonów bezmotorowych każdy o masie 24 tonn. Wagony motorowe mają po dwa motory prądu stałego, pracujące przy napięciu 550 volt. Pociąg wyrusza ze stacji po drodze poziomej, każdy motor pobiera prąd 235 amp. w ciągu 20 sek. Zakładając, że tylko 8% energii, pobranej przez motory, zużywa się na nadanie ruchu pociągowi, znaleźć prędkość tego pociągu po upływie wskazanego czasu, oraz przyspieszenie podczas nabywania tej prędkości. (Korp. Kad.).

116. Prądnica przerabia w całości na energję elektryczną dostarczaną jej pracą mechaniczną w ilości 292,5 kgm. w sekundzie. Energję elektryczną zużywa się na oświetlenie lokalu, położonego w odległości 135 m. od prądnicy; przychem jako przewodnik wzięto drutu miedzianego o przekroju 0,9 mm². Obliczyć, ile żarówek 50-świecowych, włączonych równolegle, zasilć możemy powyższym prądem, jeżeli żarówki te przy napięciu 120 voltów zużywają 1,25 watta. na świecę. (Opór właściwy miedzi 0,017 ohm. mm²/metr.). (Warszawa).

117. Kalorymetr zawiera 200 gr. wody i 130 gr. lodu; zanurzamy do niego drut metalowy o oporze $R = 10$ ohmów. W ciągu jakiego czasu należy przepuszczać przez ten drut prąd o natężeniu $I = 3$ amp., aby podnieść temperaturę wody do 10° C? Ogrzewanie samego kalorymetru i stratę ciepła — pomijamy. (Białystok).

118. Grzejnik elektryczny zawiera 1,8 kg. wody o temperaturze 18° C i pobiera prąd $i = 4$ amp. przy napięciu 110 voltów. Po upływie 64 minut znajduje się w grzejniku tylko 1,4 kg. wody, mającej temperaturę 100° C, reszta wody wyparowała. Obliczyć stosunek energii użytecznej do energii pobranej przez aparat. Ile kosztuje zagotowanie jednego litra wody, mającej temperaturę początkową 16° C, jeżeli cena kilowat godziny wynosi 80 groszy? (Lwów).

119. Dwie żarówki 15 wattowe, wymagające do normalnego świecenia 12 voltów napięcia i połączone równolegle, mamy zasilać prądem elektrycznym z baterji ogniw Leclanché'go, z których każda ma siłę elektromotoryczną 1,5 voltów i opór wewnętrzny 0,12 ohm. Ile ogniw należy zastosować i jak je połączyć? Opór przewodników, jako znikomo mały, pominąć. (Lwów).

120. Ile żarówek może zasilać prądnica o sile elektromotorycznej $\mathcal{E}$ i o oporze wewnętrznym r , gdy opór każdej żarówki wynosi R i wymaga natężenia prądu i ? (Lwów).

121. 50-świecowa żarówka węglowa przy napięciu 180 volt bierze 0,6 amp. prądu. Obliczyć opór żarówki, ilość wattów, przypadających na jedną świecę, oraz ilość ciepła, która wytworzy się w ciągu jednej godziny. (Warszawa).

122. Jaki opór ma 40-świecowa żarówka elektryczna, skoro włączona w sieć o napięciu 120 voltów, zużywa 0,9 watta na świecę? (Warszawa).

Prąd elektryczny w elektrolitach.

123. Posąg człowieka naturalnej wielkości (powierzchnia = 1 m²) ma być powleczone galwanicznie warstwą miedzi o grubości 1/2 mm. Ile potrzeba na to czasu, jeżeli natężenie prądu $I = 65$ amp.? (Gęstość miedzi $d = 8,9$ gr/cm³, równoważnik elektr. chem. miedzi = 0,328 mgr/coul.) (Lwów).

124. W woltametrze srebrowym wydzielilo się 3 gr. srebra podczas 30 minut. Wiedząc, że ciężar atomowy srebra wynosi $A_g = 107,88$ a stała Faraday'a $F = 96540$ coulombów, obliczyć natężenie prądu. (Lwów).

125. Rzeźba o powierzchni 1560 cm^2 ma być galwanicznie posrebrzona. Używamy do tego prądu o natężeniu $0,5 \text{ amp}$. Jak gruba warstwa srebra pokryje rzeźbę w ciągu 24 godzin? Ciężar atomowy srebra = 108. (Warszawa).

126. Do elektrolizy użyto prądu $18,2 \text{ amp}$ w ciągu 15 minut i otrzymany wodór zebrano w naczynie pod ciśnieniem 750 cm w temperaturze 24° . Jaką objętość zajął wodór, jeśli jeden amper prądu w przeciągu godziny wywołuje $0,0375 \text{ gr}$. wodoru, a gęstość wodoru w warunkach normalnych wynosi $0,0009 \text{ gr/cm}^3$? (Łódź).

Pole magnetyczne statyczne.

127. Pozioma igła magnetyczna wykonywa w jednej miejscowości $n_1 = 80$ a w drugiej $n_2 = 90$ drgań (wahnięć) na minutę. W jakim stosunku pozostają do siebie natężenia pól magn. ziemskich H_1 i H_2 we wspomnianych dwu miejscowościach? (Lwów).

Pole magnetyczne prądu.

128. Obliczyć stałą busoli stycznych z $n = 2$ skrętami i o promieniu $r = 25 \text{ cm}$, dla miejsca, gdzie składowa pozioma magnetyzmu ziemskiego $H = 0,188 \text{ gauss}$. (Lwów).

129. W obwód 1 ogniwa włączono busolę stycznych, otrzymując kąt odchylenia $\alpha = 11^\circ 32'$; gdy zaś połączymy 4 ogniwa w szereg, to otrzymamy odchylenie $\alpha_1 = 31^\circ 18'$. Obliczyć opór wewnętrzny ogniwa, jeżeli wiadomo, że opór busoli stycznych $R = 1,7 \Omega$. (Lwów).



SPIS RZECZY.

	Str.
Od Redakcji	1
R. Birkenmeyer, M. Jalewski, W. Janik, J. Paczowski, L. Sowa. Ćwiczenia uczniów z zakresu mechaniki i nauki o cieple	7
T. Łopuszański. Próba metodycznego ujęcia nauki o ruchu	57
A. Dmochowski. Przyrządy do ćwiczeń uczniów z mechaniki	101
Stanisław Pleśniewicz. Eksperymentalny wstęp do teorii atomowej (Fragment nauczania)	171
Stanisław Ziemecki. Dydaktyka fizyki. (Wykład wstępny, wygłoszony dnia 11 października 1926 r. w Uniwersytecie Warszawskim)	189
Wacław Staszewski. Przyrząd do badania swobodnego spadku ciał	200
Stanisław Pleśniewicz. Dydaktyka chemii w obliczu nowoczesnych wymagań życia i wiedzy. (Wykład wstępny, wygłoszony dnia 19.XI.1926 w Uniwersytecie Warszawskim)	208
Dr. Gustaw Doborzyński. Prawo Pascala w cieczach i gazach	223
Leon Sowa. Komplet przyrządów do ćwiczeń z mechaniki (i innych działów fizyki)	240
L. Koziński. Sprawdzenie obydwu praw elektrolizy zapomocą ćwiczenia uproszczonego	247
Antoni Karpowicz. Wyznaczenie współczynnika objętościowej rozszerzalności szkła oraz cieczy zapomocą dilatometru	250
Antoni Karpowicz. Wyznaczenie ciśnienia atmosferycznego zapomocą rurki Meldego	254
Jarosław Chelmiński. O demonstrowaniu pewnych zjawisk z dziedziny widma	255
St. Ziemecki. Przyciąganie i odpychanie ciał naelektryzowanych	257
St. Ziemecki. Demonstrowanie rezonansu elektrycznego	258
W. Jezierski. Zenitarjum	259
G. Wuttke. Luźne uwagi o nauczaniu propedeutyki fizyki i chemii	264
G. Wuttke. Statyw	267
Z. Kowalczevska. Demonstracja wahadła Foucault	269
Z. Kowalczevska. Szkic programu fizyki dla szkół humanistycznych	270
Marjan Jalewski. Pojęcie prędkości	273

Z warsztatów pracy.

	Str.
L. P. Pracownia fizyczna i chemiczna w Warszawskim Muzeum Pedagogicznym	278
Al. Dmochowski. Szkolna pracownia przyrodnicza w Wilnie	287
Prof. Stanisław Mikstein. Pracownie przyrodnicze dla szkół powszechnych Okręgu Szkolnego Krakowskiego	293
J. Paczowski. Krakowski „Ośrodek instrukcyjny fizyki”	311
T. Ł. Warszawska Komisja dla sprawy nauczania fizyki w szkołach średnich ogólnokształcących	317
T. Ł. Oddział Metodyki Fizyki i Chemii Komisji Pedagogicznej Ministerstwa W. R. i O. P.	319

Wytwórnice przyrządów.

L. Koziński. Fabryka przyrządów naukowych „Fizyka” Sp. Akc. w Warszawie	321
Jarosław Chełmiński. „Pomoc Szkolna”	324
Kazimierz Czerwiński. Fabryka aparatów optycznych i precyzyjnych H. Kolberg i S-ka	325

Zadania.

Zadania maturalne z fizyki w r. 1925	327
--	-----

CENTRALNA BIBLIOTEKA PEDAGOGICZNA
przy K. O. S. B.
w Białymstoku

553

SKOROWIDZ¹⁾.

Organizacja nauczania.

Szkic programu fizyki dla szkół humanistycznych — 270.

Metodyka ogólna.

Dydaktyka fizyki — 189.
Dydaktyka chemii w obliczu nowoczesnych wymagań życia i wiedzy — 208.
Szkic programu fizyki dla szkół humanistycznych — 270.
Układ kursu chemii ogólnej — 211-212.
Układ kursu chemii szczegółowej — 213-217.
Metoda heurystyczna w nauczaniu fizyki — 193-198.
Luźne uwagi o nauczaniu propedeutyki fizyki i chemii — 264.
Przygotowanie i prowadzenie ćwiczeń uczniowskich — 10.
Regulamin pracowni dla uczniów — 11.

Pomieszczenie, instalacje, sprzęty, przyrządy i przybory ogólnego znaczenia.

Pracownia uczniowska — 7, 101, 170.
Statyw — 267.

Komplety przyrządów.

Wykaz przyrządów i przyborów potrzebnych w pracowni uczniowskiej — 8.
Przyrządy do ćwiczeń uczniów z mechaniki — 101-170.
Komplet przyrządów do ćwiczeń z mechaniki (i innych działów fizyki) — 240.

Pomocnicze wiadomości z matematyki.

Średnia arytmetyczna — 12.

Pomiary wielkości geometrycznych i czasu.

Pomiar długości — 14-19, 22.
Nonjusz — 16-18.
Śruba mikrometryczna — 18.
Wyznaczenie liczby π — 21.
Pomiar powierzchni — 19, 21.
Pomiar objętości — 20.

¹⁾ Skorowidz obejmuje tylko artykuły naukowe i dydaktyczne (zamieszczone w pierwszej części wydawnictwa). Liczby oznaczają strony.

FIZYKA.

Opracowania obejmujące kilka działów.

Szkie programu fizyki dla szkół humanistycznych — 270.
Ćwiczenia uczniów z zakresu mechaniki i nauki o cieple — 7.

Mechanika.

Opracowania ogólne.

Ćwiczenia uczniów z zakresu mechaniki — 7-42, 101-170.
Komplet przyrządów do ćwiczeń z mechaniki — 240.

Kinematyka.

Próba metodycznego ujęcia nauki o ruchu (kinematyka ruchu prostoliniowego jednostajnego i jednostajnie zmiennego) — 57.

Ruch jednostajny prostoliniowy — 60-63.
Prędkość ruchu jednostajnego prostoliniowego — 23, 60-61, 273.
Ruch zmienny prostoliniowy — 63-100.
Prędkość ruchu zmiennego prostoliniowego — 63-71.
Ruch jednostajnie zmienny prostoliniowy — 23, 75-100.
Przyspieszenie ruchu jednostajnie zmiennego prostoliniowego — 71-82.
Równania ruchu jednostajnie zmiennego prostoliniowego — 82-96.
Ruch jednostajnie przyspieszony bez prędkości początkowej — 96-100.
Przyrząd do badania swobodnego spadku ciał — 200.

Pomiar siły, masy, gęstości, ciężaru właściwego

Dynamometr — 105-108.
Waga — 130-135.
Gęstość, ciężar właściwy — 21-23, 38-41.

Dynamika punktu.

Bezwładność — 169.
Siła odśrodkowa i dośrodkowa — 162-169.
Wahadło — 36.
Demonstracja wahadła Foucault — 269.

Dynamika ciała sztywnego.

Demonstracja wahadła Foucault — 269.

Statyka.

Składanie sił, działających na jeden punkt — 26, 108-115.
Składanie sił, działających na różne punkty ciała sztywnego — 28, 115-121.
Moment siły, składanie momentów — 27.
Środek ciężkości — 29.
Dźwignia — 32, 121-129.
Kołowrót — 135-138.
Bloki (krążki) — 24, 25, 33, 34, 138-144.
Płaszczyzna (równia) pochyła — 35, 144-155.
Równowaga ciał zawieszonych lub podpartych — 30, 31, 155-162.

Ciężar; grawitacja.

Przyrząd do badania swobodnego spadku ciał — 200.
Wahadło — 36.

Praca, energia.

Zasada pracy przy maszynach — 125, 129, 136, 137, 139, 141, 143.

Własności ciał statycznych.

Prawo Hook'a — 24.
Dynamometr — 24, 105-108.

Własności płynów.

Płyny (ogólnie).

Prawo Pascala — 223.

Statyka cieczy.

Prawo Pascala — 223.
Prasa hydrauliczna — 224.
Ciśnienie wywołane ciężarem cieczy — 36.
Naczynia połączone — 37, 226, 227.
Doświadczenie Toricellego — 228.
Przerachowanie słupa dowolnej cieczy na słup rtęci — 228.
Prawo Archimedes'a — 37.
Pomiar gęstości na podstawie prawa Archimedes'a — 38-41.
Areometr — 40.

Dynamika cieczy.

Lewar zgięty — 233.

Statyka gazów.

Prawo Pascala — 223.
Doświadczenie Toricelli'ego — 228.
Manometr otwarty — 229.
Wakuum-metr — 232.
Wyznaczenie ciśnienia atmosferycznego zapomocą rurki Meldego — 254.
Poprawka barometryczna ze względu na rozszerzalność rtęci — 235.
Prawo Boyle'a — 41, 230, 238.

Ciepło.

Opracowania ogólne.

Ćwiczenia uczniów z zakresu nauki o cieple — 42-55.

Temperatura.

Ocenianie temperatury — 44-45.
Termometr rtęciowy (lub z inną cieczą) — 45-47.
Termometr gazowy — 237.

Rozszerzalność.

Rozszerzalność ciał stałych — 42-44.
Rozszerzalność cieczy — 44.

Rozszerzalność gazów — 44.
Metoda Dulong'a i Petit'a wyznaczania rozszerzalności cieczy — 236.
Wyznaczanie współczynnika rozszerzalności szkła oraz cieczy zapomocą dilatometru — 250.

Ilość ciepła.

Mieszanie ciał — 47-48.
Ciepło właściwe ciał stałych i cieczy — 48.
Ciepło topnienia — 49, 50.
Mieszanki oziębiające — 50.
Ciepło parowania — 51.
Destylacja — 51.

Zmiana stanu skupienia.

Ciepło topnienia — 49, 50.
Mieszanki oziębiające — 50.
Szybkość parowania — 50.
Ciepło parowania — 51.
Destylacja — 51.

Ruch ciepła.

Przewodzenie ciepła — 53.
Przenoszenie ciepła — 54.
Promieniowanie ciepła — 54.

Optyka.

Rozszczepienie światła; widma; barwy.

Demonstrowanie widma dyfrakcyjnego i widma absorbcyjnego sodu — 255.

Elektryczność.

Pole elektryczne statyczne.

Demonstrowanie przyciągania i odpychania ciał naelektryzowanych — 257.

Prąd elektryczny w elektrolitach.

Sprawdzenie praw elektrolizy zapomocą ćwiczenia uproszczonego — 247.

Organia elektryczne i fale elektromagnetyczne.

Demonstrowanie rezonansu elektrycznego — 258.

Kosmografia.

Zenitarjum — 259.
Demonstracja wahadła Foucault — 269.

CHEMJA.

CZĘŚĆ OGÓLNA.

Opracowania obejmujące kilka działów.

Układ kursu chemii ogólnej — 211-212.

Ciała czyste jako substraty i produkty reakcji chemicznej.

Ogólne ilościowe prawa rządzące reakcją. Słownictwo i symbolika.

Prawo niezniszczalności materji — 171-172.
Prawo stałości składu — 173-174.
Ciężar połączeniowy — 174-182.
Równoważniki chemiczne — 174-188.
Prawo równoważników — 182.

Teoria atomowa.

Eksperymentalny wstęp do teorii atomowej — 171-188.
Wprowadzenie pojęcia cząsteczki i atomu, budowy cząsteczki z atomów, ciężaru atomowego — 183-188.

CZĘŚĆ SZCZEGÓŁOWA.

Opracowania obejmujące kilka działów.

Układ kursu chemji szczegółowej — 213-217.

Niemetale z wyłączeniem krzemu i węgla; metaloidy; metale lekkie.

Wodór.

Działanie sodu na wodę — 185.
Zbadanie wagowego stosunku do tlenu w wodzie — 179.
Działanie glinem na ług sodowy w celu wykazania w nim wodoru — 186.

Chlorowce.

Kwas solny — działanie na cynk i magnez w celu znalezienia chemicznie równoważnych ilości tych metali — 177.
Jod — łączenie ze srebrem i badanie ilościowego stosunku jodu i srebra — 173.

Potasowce.

Sód — działanie na wodę — 185.
Wodorotlenek sodu — wykrycie w nim wodoru — 186.
Wodorotlenek sodu — budowa cząsteczki z atomów — 187.

Tlen (woda); rodzina siarki.

Tlen — zbadanie wagowego stosunku do wodoru w wodzie — 179.
Tlen — równoważnik, ciężar atomowy — 187-188.
Woda — zbadanie składu ilościowego — 179.
Woda — budowa cząsteczki z atomów — 185-188.

Magnez, wapniowce.

Magnez — reakcja z kwasem solnym w celu znalezienia równoważnika — 177-178.

Azot, fosfor, arsenowce.

Kwas azotowy — utlenienie miedzi w celu zbadania ilościowego składu tlenku miedzi i znalezienia równoważnika miedzi — 174.

Bor, glin.

Glin — działanie na ług sodowy — 186.

Metale ciężkie.*Platynowce; złoto, srebro, miedź.*

Srebro — łączenie z jodem i badanie ilościowego stosunku jodu i srebra — 173.

Jodek srebra — badanie ilościowego składu — 173.

Jodek rtęciowo-srebrowy — otrzymywanie — 54.

Miedź — wydzielanie z siarczynu miedzi działaniem cynku w celu znalezienia ilości równoważnych — 176.

Miedź — zbadanie stosunku, w jakim łączy się z tlenem na tlenek miedziawy i miedziowy; równoważniki miedzi — 181, 183.

Tlenek miedziowy — redukcja wodorem w celu zbadania ilościowego składu tlenku miedziowego oraz wody — 179-181.

Tlenek miedziowy — budowa cząsteczki z atomów — 183-184.

Tlenek miedziawy — redukcja wodorem w celu zbadania ilościowego składu — 181.

Tlenek miedziawy — budowa cząsteczki z atomów — 183-184.

Siarczan miedziowy — zastąpienie w nim miedzi cynkiem w celu znalezienia ilości równoważnych — 176.

Cynk, kadm, rtęć.

Cynk — reakcja z kwasem solnym w celu znalezienia równoważnika — 177-178.

Jodek rtęciowo-srebrowy — otrzymywanie — 54.

Klasyfikacja pierwiastków; zagadnienie budowy atomu.

Okresowy układ pierwiastków w związku z zagadnieniem budowy atomu — 213-222.

SPROSTOWANIA.

Str. 215. W tablicy 1 zamiast 23 Y winno być 23 V.

zamiast $\begin{matrix} 29 \text{ Cu} \\ 53,57 \end{matrix}$ winno być $\begin{matrix} 29 \text{ Cu} \\ 63,57 \end{matrix}$.

Str. 219. W tablicy 4, w pionowej kolumnie IV, zarówno węgiel: „6C; 12,00“, jak krzem: „14Si; 28,06“, powinny być zamieszczone o jedną kratkę niżej.

