

**INSTYTUT KSZTAŁCENIA NAUCZYCIELI im. WŁ. SPASOWSKIEGO  
W WARSZAWIE  
ODDZIAŁ DOSKONALENIA NAUCZYCIELI WE WROCŁAWIU**

**Eric M. Rogers**

**DOSKONALENIE NAUCZANIA FIZYKI  
POPRAZ KONSTRUKCJE I DISKUSJE  
RÓŻNYCH TYPÓW SPRAWDZIANÓW**

**Raport z Seminarium Paryż 1972**

**WROCŁAW 1986**

## Spis treści

### METODYKA SEMINARIUM

Przedmowa .....	v
Wstęp .....	VI
Ważna uwaga dotycząca słowa "egzamin" .....	3
Uzasadnienie Seminarium: nota prowadzącego .....	4
Organizacja .....	13
Rola prowadzącego Seminarium .....	14
Materialne warunki Seminarium .....	15
Seminarium .....	17
Otwarcie sesji .....	17
Wykład na temat egzaminów .....	17
Wpływ egzaminów na nauczycieli i ich sposób nauczania .....	24
Przerażający wpływ egzaminów na uczniów .....	15
Słowo do uczestników o planie pracy .....	35
Pierwsza sesja robocza .....	38
Przykłady pytań testowych .....	41
Dziesięć dni pracy .....	35
Eksperyment z testami .....	61
Praca Seminarium była kontynuowana .....	63
Nowi prowadzący .....	64
Sesja końcowa .....	65

### ZADANIA I PROBLEMY FIZYCZNE

Rodzaje pytań. Trochę pożytecznej terminologii .....	70
Patologia i higiena testów i pytań egzaminacyjnych. Nie- zdrowe pytania .....	83
"Czytanie w wysłach" lub "liczenie na szczęście" .....	83
Pożyteczne rady .....	90
Egzaminatorzy. Pytania. Oceny. "Egzaminator wymaga głębo- kiej wiedzy" - zasada "zdeobłej myszy" .....	96
Historia o fabryce marynatów .....	97

IV

Nagradzanie - egzaminator jest ludzki .....	99
Specjalna bonifikata - egzaminator jest elastyczny .....	99
Zadania karne .....	99
Zadania dyscyplinujące .....	100
Różne typy sprawdzianów - różne efekty dydaktyczne .....	100
Pytania krótkich odpowiedzi .....	100
Sprawdziany lustrzane .....	101
Testy: korzyści i niebezpieczeństwa .....	103
Przykłady testów .....	104
Testy: ostrzeżenie .....	110
Nauczanie sterowane egzaminami. Korepetycje .....	111
Sposób obliczania ocen .....	114
Kontrola ciągła lub bieżąca .....	118
Różni uczniowie - różne zdolności - różne sprawdziany .....	121
Uzupełnienie. Pytania skonstruowane podczas Seminarium .....	128
Typowe pytania krótkich odpowiedzi .....	132
Pytania rozszerzone w czasie dyskusji .....	133
Pytania w formie testowej .....	137
Pytanie typu "dziewczyna na nartach wodnych" .....	142
Zadania Fermiego .....	144

CZEŚĆ I

METODYKA SEMINARIUM

## PRZEDMOWA

Poniższy tekst jest sprawdzianem z seminarium, które pod auspicjami UNESCO odbyło się w Montevideo w dniach 4-16 stycznia 1970 r. Zgromadziło ono uczestników z ośmiu krajów Ameryki Łacińskiej. Przygotowane i zorganizowane te spotkanie dzięki wspólnemu wysiłkowi takich agend jak: Division of Science Teaching i Regional Science Office for Latin America.

Seminarium prowadził prof. Eric M. Rogers - profesor fizyki na Uniwersytecie w Princeton i organizator prac nad programem nauczania fizyki Fundacji Hufield. Publikacje i własna praktyka dydaktyczna prof. Rogera wywarły silny wpływ na współczesne trendy w nauczaniu fizyki. W ostatnich latach<sup>1</sup> prowadził on seminaria dotyczące konstrukcji testów, podobne do tego, o którym mówi sprawozdanie. Podczas tych seminariów rezbudzał aktywną dyskusję nad rodzajami pytań i problemów fizycznych, które sprzyjają lepszemu uczeniu się - uczeniu się ze zrozumieniem /learning for understanding/ i samodzielnemu myśleniu. Dyskusja, na temat konkretnych przykładów, prowadziła stopniowo uczestników do rozważań nad

celami i metodami nauczania i ogólnych refleksji nad koncepcją nauczania przyrodoznawstwa.

Mamy nadzieję, że te sprawozdanie przyda się nauczycielom i przedstawicielom innych organizacji oświatowych - nie tylko fizykom. Styl i metodologia tego seminarium mogą być wykorzystane przez nauczycieli każdego przedmiotu do głębszego zastanowienia się nad własną koncepcją nauczania i samodzielnego przygotowania prób nowego podejścia do nauczania.

<sup>1</sup> koniec lat sześćdziesiątych /uwaga tłumacza/.



## WSTĘP

W wielu krajach dyskutuje się nad zmianami w nauczaniu przyrodoznawstwa, planuje się i przeprowadza eksperymenty. Zmiany te są nie tylko zwykłym doskonaleniem programów nauczania. Odzwierciedlają one fundamentalne przemiany dotyczące celów i praktyki nauczania: przejście od nauczania opartego na formalnym zapamiętywaniu do nauczania, którego celem jest gruntowne rozumienie, od katalogowania faktów i znanych rezultatów nauk przyrodniczych do tworzenia pojęć i posługiwania się metodami naukowymi. Pytania i problemy, z których korzystają uczniowie w szkole i w domu oraz te, których używa się do oceny postępów ucznia muszą być formułowane zgodnie z logiką i intencjami nowego programu. Powinny one rzeczywiście stać się narzędziem pomocnym uczniom w uczeniu się.

Reformy wymagają zasady testowania i egzaminowania zarówno w całym szkolnictwie jak i w konkretnej szkole. Nowe formy nauczania i nowe podejście może być trudne, a nawet niemożliwe do wprowadzenia bez zmiany treści i stylu egzaminowania. Jeżeli egzaminy nie są dostosowane do nowych celów nauczania, nie odniesie się spodziewanych korzyści. Nieodpowiednie egzaminy mogą zniszczyć zaufanie uczniów do nowego sposobu nauczania i ograniczać działanie nauczycieli. Dlatego też doskonalenie testów i egzaminów jest jednocześnie niezbędną i wspomagającą częścią reformy nauczania.

## Przebieg Seminarium

Seminarium rozpoczęło się od krótkiej dyskusji nad wpływem testów i egzaminów na nauczanie i przeglądem różnych metod oceniania wyników uczenia się. Następnie zajęto się zasadniczą pracą nad konstrukcją pytań i problemów fizycznych, które miały służyć do pomiaru różnych rodzajów wiedzy, umiejętności i postaw - w szczególności dobrego rozumienia, jako przeciwieństwa zwykłego zapamiętania. Każdego uczestnika Seminarium proszono o wymyślenie kilku pytań, które były następnie krytycznie omawiane i rozwijane dalej przez pozostałych uczestników. Taki styl pracy narzucił obradom Seminarium roboczy charakter. Dyskutowano także nad teoretycznymi podstawami nauczania przyrodoznawstwa /celami, metodami, etc./.

Seminarium nie wypracowało propozycji dotyczących celów nauczania fizyki lub nauczania przyrodoznawstwa w ogóle, badało natomiast m.in. takie kwestie: jakie są najlepsze sposoby oceny wyników dla określonych celów i strategii; i odwrotnie - mając dany zbiór pytań i problemów, które cele i metody one obejmują? Seminarium rozważało szeroki zakres testów, problemów, pytań, etc; szeroki w trzech znaczeniach:

- a/ Pytania pokrywały ciągle spektrum poziomów nauczania - od wyższych klas szkół średnich do niskich lat uniwersytetu.
- b/ Pytania obejmowały wiele różnych typów.
- c/ Pytania projektowane były do sprawdzenia różnych celów nauczania.

## WAŻNA UWAGA DOTYCZĄCA SŁOWA "EGZAMIN"

Raport ten dotyczy problemów i pytań, które mogą towarzyszyć nauczaniu, uczeniu się i kontroli postępów. Problemy i pytania, które omawiano na Seminarium mogą być wykorzystane jako materiał do dyskusji w klasie, do prac domowych, klasówek, do przygotowania tradycyjnych, użytkowych egzaminów /np. wstępnych lub maturalnych - przyp. tłumacza/.

Wiem, że w wielu częściach świata słowo "egzamin" oznacza pewną sztuczną i bolesną formalność, narzuconą zarówno uczniom jak i nauczycielom. Jednakże w wielu krajach, nawet jeśli "egzamin" oznacza pewien oficjalny sprawdzian nie jest on ani bolesny, ani nie wypacza wyników, ale jest widziany jak coś, co można pokonać bez większego wysiłku, jako jedną ze składowych oceny.

Chciałbym, aby było całkiem jasne, że gdy używam w tym raporcie słowa "egzamin", to odwołuję się do tradycyjnego sposobu używania pytań i problemów w sprawdzianach i procesie nauczania. Czasami posługuję się zamiennie słowem: "test"<sup>1</sup>, ale nie zawsze, ponieważ to słowo ma bardziej wąskie znaczenie. W niektórych przypadkach znaczy ono tylko "test inteligencji", w innych - bardzo nieformalne pytanie

---

<sup>1</sup> Angielskie słowo "test" zastępowane jest w polskim tłumaczeniu najczęściej terminem "sprawdzian", poza przypadkami, gdy z tekstu wynika, że autor ma na myśli tę szczególną formę sprawdzianu, jaką jest test - uwaga tłumacza.

zadane w klasie, a w jeszcze innych jest synonimem egzaminu. Używam obu słów "egzamin" i "test" wierząc, że czytelnicy zawsze będą rozumieć je właściwie, jako część procesu kontroli, mającą na celu wspomaganie procesu uczenia się.

#### UZASADNIENIE SEMINARIUM: NOTA PROWADZACEGO

Nauczyciele zwykle wierzą z optymizmem, że to co mówią uczniom, będzie przez nich wyuczone, że to, co pokażą, będzie zapamiętane, że metody, które zademonstrują, będą wykorzystane, a wartości, które głoszą - doceniane. W ogólności, że cała dydaktyczna działalność jest budową gmachu wychowania, który pozostanie uczniom na całe życie.

Ta nadzieja rozciąga się na kursy, których intencją jest kształcenie nowych nauczycieli i doskonalenie nauczania. Neofita otrzymuje wykłady o metodach i historii nauczania, doświadczonemu nauczycielowi oferuje się nowy program nauczania, nową aparaturę naukową, nowe podejście do nauczania, które nazywa się modernizacją i czasem zręczne przewodniki metodyczne, aby zachęcić go do zmiany sposobu nauczania. Czy ten cały optymizm jest usprawiedliwiony?

Uczniowie zapewne pamiętają trochę z przekazywanego im materiału, ale ciekawe jest, jak dużo pamiętają, jak długo pamiętają i w jakiej postaci. Uczniowie oceniają, co jest ważne na podstawie tego, co podkreśla ich nauczyciel, ale

także na podstawie treści pytań sprawdzających.

Nauczyciele w trakcie kształcenia słuchają i uczą się, ale wiedzą, że muszą poczekać na własną praktykę - rzeczywiste nauczanie, które da im prawdziwe rozumienie metod przez obserwację podręczników i pytań sprawdzających. W ten sposób zamyka się cykl od kształcenia nauczycieli do nauczania, od nauczania do ucznia i dalej do następnego pokolenia.

Spójrzmy na postawę nauczycieli i uczniów wobec "powtórki" - pilnego przygotowywania się do sprawdzianów i egzaminów kilka dni lub tygodni wcześniej. Gdy kładzie się silny nacisk na "powtórki", a naukę wieńczą sprawdziany, wtedy panuje dyscyplina, a ciężka praca jest nagradzana natychmiastowym sukcesem; jednakże możemy wątpić czy przyniesie to długofalowe korzyści. Nasze wątpliwości nie są tylko zwykłym uprzedzeniem: mamy na uwadze zarówno późniejszą opinię o naszej dziedzinie wiedzy, jak i jej rozumienie i użyteczność, którą prezentują później nasi studenci.

Być może nie mamy szczęścia w przyrodoznawstwie. W literaturze można zapamiętać pewne zasady i stosować je; raz wyuczoną poezję można rozkoszować się do końca życia. W arytmetyce można nauczyć się na pamięć, i to z pożytkiem, materiału faktycznego, takiego jak tabliczka mnożenia i proste działania. W historii pewien gmach wiedzy o życiu rodzaju ludzkiego buduje się nawet wtedy, gdy uczenie się jest zwykłym zapamiętywaniem. Co jednak pozostaje z przyrodoznawstwa, jeśli treścią nauczania są wzory i metody wyuczone na pamięć, i powtórzone na egzaminach? W biologii i historii

pozostaje trochę wiedzy, ale w naukach fizycznych - tylko dziwny zbiór reguł i faktów. Jedyńie dla niewielu nasze elementarne nauczanie przyrodoznawstwa w szkole lub w college'u tworzy bazę dla rozwoju intelektualnego lub zastosowań technicznych.

Jest tak, gdy pominie się słowo: rozumienie. Jeśli w nauczaniu fizyki przyjmiemy założenie, że uczniowie powinni rozumieć fizykę, której się uczą - przedmiot, który my sami rozumiemy i lubimy, to możemy spodziewać się korzystnych efektów. Stąd w ostatnich latach, w wielu częściach świata zwraca się coraz większą uwagę na nauczanie skierowane na rozumienie /teaching for understanding/-w przyrodoznawstwie i w innych dziedzinach.

Języki romańskie mają pewną szczególną przewagę nad językiem angielskim, w którym istnieje tylko jedno słowo "know" - wiedzieć. W języku francuskim, na przykład, mamy "savoir" - wiedzieć o faktach, connaitre - znać dobrze fakty, oraz comprendre - znać ze zrozumieniem. Savoir funkcjonuje na poziomie informacji o faktach, których można nauczyć się na pamięć pod systematycznym naciskiem nauczyciela lub "wkuć" w krótkim okresie czasu. Connaitre jest bardziej autentyczną znajomością faktów. Comprendre idzie jeszcze głębiej. /W języku francuskim istnieje także pewien archaiczny rzeczownik - sapience, który oznacza głęboką mądrość. Jest to coś, czego nie może dać żadna metoda nauczania - myślę, że jest to dar niebios/.

Gdyby nauczanie, a raczej uczenie się przyrodoznawstwa

mogło przejść przez ten ciąg, od savoir do connaitre i dalej do comprendre, to moglibyśmy się spodziewać większych korzyści niż te, których oczekujemy po prostej zmianie programów lub unowocześnieniu pomocy naukowych. Jest to możliwe. Potrzeba jednak, aby zarówno nauczyciele, jak i uczniowie ujrzeni tę zmianę celu i skoncentrowali się raczej na pełnej dyskusji, aktywnym eksperymentowaniu i logicznym myśleniu, rozwijającym rozumienie przyrodoznawstwa, niż na gromadzeniu w pamięci kawałków wiedzy.

Uczenie się na pamięć i przez musztrę pozostawia za sobą barierę w postaci testów, podręczników, a w ślad za tym - przyzwyczajen nauczycieli. Co gorsza, testy i egzaminy są jak zarodki krystaliczne w cieczy systemu edukacyjnego, wokół których, w sposób nieunikniony, tworzą się kryształy. To wyjaśnia, dlaczego w ostatnich latach do każdego projektu oferującego nowy sposób nauczania dołączone są specjalne dla niego testy - nie tylko po to, aby pokryły listę tematów, ale by pasowały do jego celów i metod, a więc rzeczywiście sprawdzały uczenie się ze zrozumieniem. Takie projekty nie dają jednak wystarczająco dobrych wyników, zwłaszcza, gdy są przenoszone z jednego kraju do drugiego bez odpowiednich modyfikacji. Nauczyciele, którym wykładano o nowych cudownych eksperymentach, inspirujących ideach i modnych programach, prawdopodobnie kontynuują ten wykład swoim uczniom<sup>1</sup>. Później

---

<sup>1</sup> Jestem bardzo zobowiązany mojemu koledze E.J. Wenhamowi, najlepszemu jakiego znam ekspertowi w dziedzinie kształce-

nia nauczycieli dla fizyki Fundacji Muffield, za uporczywość w głoszeniu poglądu, że gdy kształcimy młodych nauczycieli musimy ich uczyć w taki sposób, w jaki wyobrażamy sobie, że oni będą uczyć swoich uczniów. Jeśli na kursie dla nauczycieli robimy wykład, to oni zrobią wykład swoim uczniom. Jeżeli od nauczycieli w trakcie kształcenia będziemy wymagać samodzielnego myślenia i zmagania się z ich własnymi eksperymentami, to możemy mieć nadzieję, że oni będą zachęcać uczniów do tego samego.

Osobiście nie mam dużego przekonania do misjonarskich mów i darów w rodzaju:

a/wykładów wychwalających lub nawet opiniujących tylko

nowy program lub jakąś metodę nauczania,

b/zestawów laboratoryjnych oferujących zbawienie przez

modernizację aparatury,

c/nowych technicznych środków nauczania i uczenia się,

poczynając od rzutników z zestawem przeźroczy, poprzez serie programów telewizyjnych aż do maszyn uczących.

Oczywiście każdy z tych elementów może mieć dużą wartość we wprowadzaniu nowych zmian: wykład może dać płodne sugestie, skrzynka z przyrządami może pomóc uczniom samodzielnie pracować w laboratorium, maszyny uczące mogą nauczyć szybko pewnego materiału faktycznego i w ten sposób odciążonym nauczycielom pomóc w nauczaniu problemowym. Ale nawet wtedy to, co robią i myślą nauczyciele będzie prowadziło do tego, co robią i myślą uczniowie i będzie w ten sposób wpływać na ostateczne efekty kształcenia.

jednak pod brzemieniem egzaminów i presją władz oświatowych na polepszenie "wyników", kierują nauczanie znów ku uczeniu na pamięć i formalnemu traktowaniu.

Wyobrażenia, fachowość, otwarta umysłowość, radość wiedzy - to wszystko charakteryzuje naukowców i badaczy. Gmach z eksperymentu i teorii, zbudowany w celach poznawczych, praktycznych i dla rozwoju intelektu, to podstawowa cecha nauki. Jesteśmy pewni, że część tych cech może być przekazana młodym ludziom z następnego pokolenia, ale nauczyciele, którzy mają taką nadzieję, natrafiają na barierę prawie nie do przebycia w postaci istniejących uwarunkowań ich pracy. Nie są to ograniczenia odnoszące się tylko do jednego kraju. Paraliżują oświatę na całym świecie, we wszystkich typach ustrojów społecznych i wynikają z cyklu tradycji akademickich. Seminarium w Montevideo miało na celu złamanie tego cyklu - nie przez kaznodziejską reformę, ale przez umożliwienie nauczycielom z kilku krajów dokonania próby istotnej zmiany siebie.

Pytania i testy są tym elementem tradycyjnego cyklu nauczania, którego zmiana może dać najsilniejsze efekty. Czy to są pytania do pracy domowej - jako część procesu uczenia się, czy problemy dawane w teście - jako część formalnego egzaminu, spełniają one, oprócz wielu innych wychowawczych i diagnostycznych, dwie niezwykle ważne funkcje:

a/ Mówią nauczycielowi jak uczyć i czego uczyć - wyrażają cele i kształtują proces nauczania.

b/ Mówią uczniom o celach nauczania, a przez to modyfikują

ich stosunek do uczenia się, chociaż uczniowie i tak już zdają sobie sprawę z kierunków ogólnych.

Tak więc Seminarium zamierzało dać nauczycielom sposobność do działania i myślenia - nowego myślenia o ich własnej dziedzinie, jaką jest nauczanie przyrodoznawstwa.

Metoda prowadzenia Seminarium, zaproponowana przeze mnie, okazała się bardzo korzystna dla związanego zaznajomienia nauczycieli z miffieldowskim programem nauczania fizyki. Metoda ta polegała na zbiorowym "fabrykowaniu" pytań testowych. Tworzenie i dyskusja nad pytaniami związanymi zarówno z określonym programem, jak i zadawanymi jako ogólne ćwiczenie daje kilka pożytecznych rezultatów:

1. Wyposaża nauczycieli w praktyczną umiejętność tworzenia pytań służących różnym celom tak, że w przypadku zmiany sposobu nauczania, mogą oni konstruować własne testy dla wspomagania tych zmian.
2. Staje się jasne dla nauczycieli, że pytania do programu "nauczania dla rozumienia" można tworzyć i można oceniać.
3. Proces konstrukcji i krytyki pytań szybko prowadzi do dyskusji nad teoretycznymi podstawami /philosophy/ nauczania przyrodoznawstwa.

Ten ostatni jest najważniejszym skutkiem Seminarium. Wszyscy mamy pewne poglądy na temat nauczania: ideały, pomysły i metody, nadzieje,...., koncepcje nie w pełni uformowane, rzadko w pełni rozpoznane, chociaż mające głęboki wpływ na nasze nauczanie .

Często dyskusja nad filozofią nauczania przyrodoznawstwa zaczynała się od takich podstawowych pytań jak: po co uczyć fizyki? Co chcielibyśmy najbardziej, aby naszym uczniom pozostało na dalsze życie? Jakie zamierzamy budować relacje między fizyką a innymi dziedzinami wiedzy? Gdyby ktoś jednak zaprosił grupę nauczycieli, powiedzmy nauczycieli fizyki, aby wzięli udział w konferencji lub seminarium na temat teoretycznych podstaw nauczania przyrodoznawstwa, byłoby bardzo trudno wywołać owocną dyskusję. Niektórzy woleliby milczeć, oniśmieleni górnolotnością tematyki, inni eksponowaliby swoje własne poglądy w całości, prawdopodobnie bez zastanowienia się, które z prezentowanych postulatów mogą być realizowane w praktyce, a które są, co najwyżej, uroczą fantazją. Z drugiej strony, dyskusja nad pytaniami do testu, do rzeczywistego programu nauczania fizyki, jest odpowiednio realistyczna, nawet gdy wchodzi głęboko w treści filozoficzne. W ten sposób, zapraszając grupę uczestników do tworzenia pytań egzaminacyjnych, w rzeczywistości zapraszamy ich do spotkania i dyskusji teoretycznych koncepcji, a dalej do zmian praktyki nauczania z całym przekonaniem i energią.

Nasze Seminarium, poza tym, że każdy z uczestników wynosi nowe idee dotyczące testów i asortyment nowych pytań, mierzy znacznie wyżej i daje sposobność nam wszystkim zastanowić się nad całością związków między nauczaniem a przyrodoznawstwem, którego nauczamy. Wymaga to podkreślenia, ponieważ spodziewamy się, że każdy z uczestników spróbuje poprowadzić podobne seminarium ze swoimi kolegami, i tam, działając jako

prowadzący, będzie musiał, jak kapitan okrętu, pilnować jasno wytyczonego kierunku.

## ORGANIZACJA

### Organizacja.

Seminarium zaplanowano w porozumieniu z dr N. Joelem z UNESCO. Naszym zamiarem było szerzenie nowych osiągnięć w nauczaniu fizyki oraz przekazanie specjalnie wybranym uczestnikom wiedzy o sposobach wspomagania procesu nauczania przez nowe testy i zachęcanie do takiego nauczania.

Władze UNESCO, zajmujące się organizacją Seminarium, wzięły na siebie kłopot wyboru i zaproszenia fizyków, którzy interesują się nauczaniem i zmianami w nauczaniu /.../. W zaproszeniu dla uczestników informowano, że prace seminarium będą polegać głównie na konstrukcji i krytycznym omówieniu pytań i problemów fizycznych oraz na studiowaniu wpływu testów i egzaminów na zmiany sposobu nauczania. Miało to prowadzić do dyskusji nad podstawowymi celami i praktyką nauczania przyrodznawstwa.

Dr Joel i ja zdecydowaliśmy, że zaproszoną grupę - około szesnastu osób - powinno się na większość zajęć Seminarium podzielić na dwie sekcje. Prowadzącym drugą sekcję był prof. Dario Moreno z Santiago /Chile/. Profesor Moreno włożył dużo pracy w odnowienie nauczania i kształcenia nauczycieli, znał także nowe programy, takie jak PSSC, HPP i Fizykę muffieldowską. Był więc idealnym współpracownikiem w czasie trwania Seminarium.

Większość moich komentarzy była w języku angielskim.

Przedstawiciele UNESCO w Montevideo zapewnili dwujęzycznego sekretarza do pomocy w tłumaczeniu problemów i przepisywaniu ich na maszynie w dwóch językach. W dodatku był on fizykiem i mógł włączyć się do kilku ważniejszych zebrań i sprawnie tłumaczyć. Profesor Moreno tłumaczył na pozostałych ogólnych spotkaniach /.../.

Zajęcia Seminarium odbywały się w czasie długich sesji porannych z przerwą na kawę i były kontynuowane na krótkich spotkaniach po lunchu /.../. Wiele razy Seminarium odbywało się aż do 17<sup>00</sup>, a okazjonalnie - dłużej. Czasami, aby kontynuować pracę nad tworzeniem i dyskusją pytań, czasem jako nadobowiązkowe spotkanie poświęcone studiom nad wybranym materiałem.

#### Rola prowadzącego Seminarium.

Prowadzący nie jest dokładnie formalną osobą przewodniczącą. Powinien on wspomóc projektodawcę pytań, gdy krytyka staje się zbyt ostra; powinien zachęcać do dyskusji, czasem rzucić własną uwagę krytyczną. Ogólnie, powinien działać jako podpora dla tego, kto proponuje pytanie. Przede wszystkim zaś, powinien mieć ciągle na uwadze podstawowy cel seminarium: pozwolić nauczycielom wyjaśnić, przedyskutować, być może zmodyfikować swoje poglądy na nauczanie.

Gdy Seminarium, takie jak omawiane, wykorzystywane jest jako część szkolenia grupy nauczycieli do konkretnego programu nauczania, przewodniczący powinien trzymać się celów

i metod tego programu. Może on ukierunkowywać dyskusję poprzez zniechęcanie do materiału, który byłby nieodpowiedni i przez zachęcanie do dyskusji nad innym, a także przez własny komentarz, uwagi, a nawet przestrogi dotyczące programu. Jednakże, w przypadku seminarium międzynarodowego, pole do dyskusji musi być otwarte - każdy aspekt nauczania fizyki winien być przyjmowany jako materiał do dyskusji.

#### Materialne warunki Seminarium.

Seminarium w Montevideo pracowało we wspaniałych warunkach. Ogólne spotkania odbywały się w dużym pokoju z wygodnymi krzesłami i stołami ustawionymi w duży krąg, ze stołem prowadzącego lub referenta na jednym końcu i z "flip chartem"<sup>1</sup> z dużymi arkuszami papieru za nim /.../.

---

<sup>1</sup> "Flip chart" - blok dużych arkuszy papieru umieszczony na sztaludze. Pisaliśmy na nich nasze pytania flamastrami. Może wydawać się dziwne, że wspominam o takim detalu jak flip chart, ale w praktyce dał on większe korzyści niż tablica. Gdy arkusz został zapisany odwracaliśmy go za sztalugę, przygotowując arkusz nowy, ale mogliśmy wyciągnąć go ponownie, gdy potrzebowaliśmy się do niego odwołać. Okazało się to tak wygodne, że odtąd wprowadziłem flip charty na innych seminariach, przedkładając je nad jakiegokolwiek inne rodzaje tablic.



Gdy podzieliliśmy się na dwie grupy robocze, jedna używała dużego "okrągłego" pokoju. Inna, przestronna sala z dużym stołem i flip chartem przeznaczona była dla drugiej grupy. Zawsze mogliśmy dysponować: telefonem, maszynami do pisania oraz maszynami do powielania drukiem pytań testowych. Obok głównej sali znajdowały się dwie małe salki konferencyjne służące do rozmów indywidualnych. W jednej z nich powstała nasza biblioteczka.

UNESCO wyposażyło każdego uczestnika w książki i prace - lektury do dyskusji podczas Seminarium. Zaproponowano także, po konsultacji, pewien wybór innych książek do małej biblioteczki, w większości na temat nowych programów nauczania fizyki z testami. Książka Nedelsky'ego o testach i egzaminach była bardziej ogólną, ale ważną pozycją. Materiały te spisano w osobnym aneksie<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Literatury tej nie zamieszczono w polskim tłumaczeniu ze względu na jej niedostępność, a także, prawdopodobnie, nieaktualność.

## SEMINARIUM

Otwarcie sesji.

Pierwsze ogólne spotkanie odbyło się w Sali Owalnej, gdzie uczestnicy, po przywitaniu się, zajęli swoje miejsca. Po formalnym otwarciu zwrócono się do mnie z prośbą o rozpoczęcie pracy Seminarium. Chociaż uczestnicy przyjechali z dobrym rozeznanieniem ogólnego planu, który zawarty był w listach zapraszających, czułem, że powinienem wygłosić mowę o zmianach w nauczaniu fizyki i ważności testów jako czynnika, który może pomóc lub przeszkadzać zmianom.

Wykład na temat egzaminów.<sup>1</sup>

W ostatnich latach nauczyciele fizyki i fizycy-badacze zwrócili szczególną uwagę na nauczanie fizyki w gimnazjach i na pierwszych latach studiów. W wielu krajach nauczanie stało się prezentowaniem formalnych definicji i praw do zapamiętania oraz metod rozwiązywania sztucznych problemów,

---

<sup>1</sup> Moje wystąpienie na sesji otwierającej Seminarium oparte było na przemówieniu wygłoszonym przeze mnie z okazji otrzymania medalu Oersteda w lutym 1969 r. Jego streszczenie, zamieszczone tutaj, zawiera, za pozwoleniem redakcji, fragmenty tekstu i rysunki opublikowane w American Journal of Physics w październiku 1969 r.

które zwykle są przedmiotem egzaminów. Praktyczna praca w laboratorium polegała na dokładnym postępowaniu według szczegółowej instrukcji, a potem pisaniu formalnego sprawozdania. Odczuwano, że takie nauczanie było kiepskim obrońcą ducha nauk: a ci, którzy związani byli z nauczaniem ogólnokształcącym obserwowali, że wiedza fizyczna uczniów nie była zbyt trwała i nie dawała im zwykłego zadowolenia.

W podróży często odwiedzam bank, aby wymienić czek podróżny. Gdy to robię, mówię do urzędnika bankowego: "Jestem fizykiem". Jest to wykształcony dorosły człowiek, który uczył się fizyki w szkole lub w college'u. Jaka jest jego reakcja? Nie radosna: "Ach, tak. Jaki jest ostatnio postęp w atomie Bohra?", ale zwykle: "Och, fizyka! Nienawidziłem fizyki"; albo nawet bardziej godne pożałowania, pełne zadowolenia samochwalstwo: "Uczyłem się fizyki, ale nigdy jej nie rozumiałem". Co za tragiczny komentarz o dziedzinie nauki, którą Państwo i ja zajmujemy się i bardzo lubimy.

Psycholodzy, mówiąc o nauczaniu, ostrzegają, że to, co oni nazywają "transferem ćwiczenia", jest znacznie trudniejsze do osiągnięcia niż sądzimy i dlatego znacznie rzadsze, niż tego oczekują dydaktycy. Dla kształcenia żywotne są pytania: Czy uczniowie mogą przenieść efekty ćwiczenia w pewnym kursie do innych dziedzin studiów i do życia w ogólności? Czy nauczanie fizyki powoduje, że uczniowie częściej posługują się nauką w całym swoim życiu? Czy można przynajmniej uczyć ich metod naukowych dla wykorzystania w innej działalności? Czy można wyposażać ich w pewną /choćby w niewiel-

ką/ wiedzę naukową, którą będą mogli stosować już, zaraz, ale także i znacznie później? Dydaktycy wierzą, że odpowiedzi na wszystkie te pytania będą: tak, ale doświadczeni psycholodzy mówią, że odpowiedź bardzo często jest: nie. Kształcenie, przez które rozumiemy systematyczne nauczanie i uczenie się w jednej dziedzinie nie tak łatwo rozszerza się na inne dziedziny. Uczeń, który uczy się naprawy silników Diesela uzyskuje umiejętności, które mogą być wykorzystane z pożytkiem w naprawie silników Diesela, ale mogą się nie ujawnić, gdy tego samego ucznia skieruje się do naprawy maszyn do szycia; - może on potrzebować specjalnej wiedzy w tym kierunku.

Uczniowie kształceni na lekcjach chemii w sztuce dokładnego ważenia stają się poszukiwanymi chemikami. Ich umiejętność ważenia może zostać przeniesiona do fizycznego laboratorium, jeżeli warunki są podobne, ale jest mało prawdopodobne, aby rozszerzyła się, powiedzmy, na studia ekonomiczne, a jeszcze bardziej mało prawdopodobne, aby pozostała jako pewien powszechny nawyk i umiejętność wykorzystywana w domu lub później w karierze zawodowej.

Psycholodzy, którzy przeprowadzili eksperymenty w tej dziedzinie, mówią, że jest pewna nadzieja w obejściu tej niepomysłnej dla nauczania przeszkody. Choć transfer nie zachodzi tak łatwo i nie daje tak obfitych rezultatów, jakich spodziewają się dydaktycy, może się jednak zdarzyć - jeśli student rozwija jakieś zamiłowanie, ma silną wolę wyrażania swojej wiedzy i częstego jej stosowania.

Wyszktałcenie przenosi się do różnych dziedzin kiedy towarzyszy mu silne intelektualne przeżycie. Jeśli uczniowie odczuwają radość w opanowywaniu jakiegoś fragmentu wiedzy, z przyjemnością stosują pewne metody, czują się zainspirowani pewną ideą lub zaintrygowani kwestiami filozoficznymi, powstałymi w trakcie uczenia się, wtedy, prawdopodobnie, nabyta wiedza pozostanie uogólniona i przetrwa w ich pamięci.

Jeśli zaakceptujemy tę uwagę, która jest średnią z mieszaniny poglądów oferowanych przez psychologów, nie powinniśmy być zaskoczeni fałszywością tezy o długofalowych korzyściach formalnego nauczania fizyki, za wyjątkiem niewielkiej liczby uczniów, którzy będą fizykami. Jeśli spodziewamy się takich długofalowych korzyści, powinniśmy myśleć o postawie uczniów w procesie uczenia się fizyki. Jeżeli będą odczuwać radość z eksperymentowania, to ich postawa badawcza, być może, zostanie utrwalona. Jeżeli znajdą przyjemność w sporach i doskonaleniu się w nich, to ta cecha może się również zachować. Jeżeli będą rozumieć tak dobrze, że będą mogli powiedzieć: "Jestem dumny, że posiadam tę wiedzę", to fakty, zasady, idee, metody fizyki, być może cała jej struktura, mogą zająć ważne miejsce w ich światopoglądzie. Jeżeli za cel przyjmujemy osiągnięcie takich korzyści, nasze nauczanie może wymagać zmian w kierunku zachęcania do rozumienia tego, co jest przedmiotem nauczania /w sensie zaakceptowania raczej *comprendre* niż *connaitre* i *connaitre* bardziej niż *savoir*/. W związku z tym pewne programy sugerują zwiększenie nacisku na samodzielną pracę uczniów w laboratorium, tak, aby ich

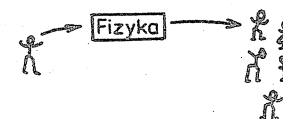
własne eksperymenty dawały im wrażenie pracy naukowej oraz na proces uczenia się, w którym każda treść powinna być przyswajana z dobrym zrozumieniem.

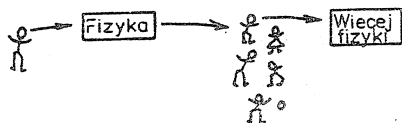
Dla rozumienia, w tym sensie, możemy dać jasną definicję operacyjną. Każdy z nas, fizyków, mówi od czasu do czasu: "Nigdy nie rozumiałem tamtego tematu z fizyki, dopóki nie zacząłem tego uczyć". Wykorzystajmy to w naszej sytuacji - gdy uczeń "rozumie" jakiś temat, to możemy spodziewać się, że zna go na tyle dobrze, by nauczyć go innych.

Każdy z nas, każdy nauczyciel ma ambicję, aby uczyć ze zrozumieniem, jednakże gdy konfrontujemy nasze nauczanie z praktyką, jesteśmy rozczarowani. Poganiają nas przeładowane programy. Pokutująca wśród uczniów tradycja uczenia się na pamięć niszczy nasze zamiary, a testy lub egzaminy wzmacniają oba te czynniki poprzez preferowanie szerokiego zakresu materiału i przez pośrednie zachęcanie do uczenia się na pamięć. Co w takim razie my, nauczyciele fizyki i fizycy, możemy zrobić? Poniższy rysunek ilustruje naszą pracę.

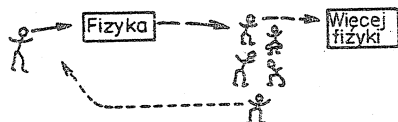
## FIZYKA

Nauczyciel fizyki przekazuje fizykę młodym ludziom. Jako żart, fizyka będąc przedstawią z dużą głową. Przekazuje on fizykę przyszłym fizykom, inżynierom, pielęgniarkom, byznesmenom i urzędnikom.

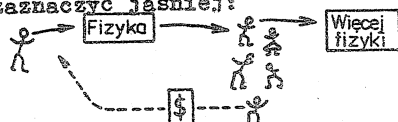




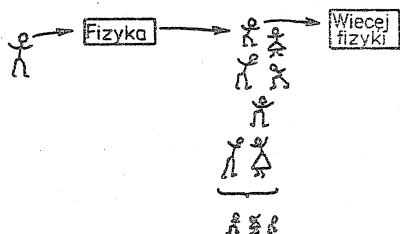
Istnieje pewne sprzężenie zwrotne między przyszłymi urzędnikami różnych fundacji i rządu a nauczycielem,



co powinniśmy zaznaczyć jaśniej:



W ogólności przekazujemy fizykę przyszłym rodzicom następnego pokolenia uczniów.

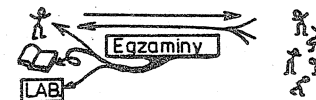


Co powiedzą ci rodzice swoim dzieciom o fizyce, gdy te dzieci zaczną chodzić do szkoły? Czy powiedzą: "Ja nigdy nie lubiłem fizyki, ani jej nie rozumiałem, ale wszystko, co możesz zrobić, to nauczyć się kilku rzeczy na pamięć tuż przed egzaminem". Czy też powiedzą: "Fizyka jest mądrym eksperymentowaniem i interesującym spekulowaniem, które ma sens. Idź i ucz się jej"?

W naszych wzajemnych stosunkach z uczniami sprawdziany odgrywają wiele ważnych ról. Niektórzy mądrzy ludzie mówią:

"Jeśli masz nowy sposób nauczania, pokaż mi swoje sprawdziany, a ja potrafię ocenić twoje nauczanie". Osobiście poszedłbym dalej: Pozwól mi posłuchać twoich egzaminatorów, układających pytania egzaminacyjne, a potem jeszcze raz, oceniających odpowiedzi, a będę wiedział, jaka jest rzeczywista wartość twojej pracy.

O egzaminach sądzimy, że są prostym, ale kłopotliwym sposobem oddziaływania z uczniami:



Spójrzmy na kilka funkcji egzaminów i testów. Powinny one:

- Mierzyć wiedzę uczniów o faktach, prawach, definicjach, metodach doświadczalnych itd.
- Mierzyć stopień zrozumienia studiowanych treści.
- Pokazać uczniom czego się nauczyli.
- Pokazać nauczycielom, czego nauczyli się uczniowie.
- Wyposażyć uczniów we wskazówki do dalszej nauki.
- Wyposażyć uczniów we wskazówki do dalszej nauki i skontrolować ich postępy.
- Porównać uczniów, nauczycieli lub szkoły.
- Dać prognozę co do dalszej kariery ucznia.
- Postawić diagnozę przed skierowaniem ucznia na zajęcia korektywne lub na zajęcia dla wybitnie zdolnych.
- Być bodźcem zachęcającym do nauki.

- Zachęcać do nauki przez wzbudzenie współzawodnictwa wśród uczniów.
- Poświadczyć osiągnięcie niezbędnego poziomu dla późniejszego zawodu.
- Poświadczyć ogólny poziom wykształcenia dla przyszłego zawodu.
- Być podstawą do przyznania stypendium, nagrody, itp.

Nie musimy studiować całej tej listy. Przytaczam ją tutaj, aby przestrzec: egzaminy mogą spełniać wiele zadań i nie- uważne stosowanie jakiegos egzaminu do kilku różnych celów może prowadzić do zamieszania lub nawet dać nam fałszywy obraz wiedzy ucznia.

Są jeszcze dwie bardzo ważne sprawy, dobrze znane, ale rzadko o nich pamiętamy.

/I/ WPŁYW EGZAMINOW NA NAUCZYCIELI I ICH SPOSOB NAUCZANIA

Egzaminy mogą być czymś przymusowym, narzuconym z zew- nątrz, ale mogą także dać pomocne wskazówki gdy przyswajane są z rozważą. Faktycznie mogą zmienić pracę nauczyciela. Przez oferowanie nowych testów lub egzaminów możemy wprowadzić do programu nauczania nowe cele i metody. Takie zmiany mogą silnie wpłynąć na nauczyciela. Jako dowcip /ale z poważnych powodów/ rysuję nauczyciela do góry nogami.



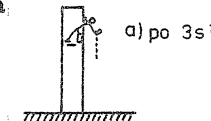
Wykorzystanie starych testów i egzaminów do sprawdzenia wiedzy przekazywanej zgodnie z nowym programem nauczania może go zniszczyć. Zatem byłoby błędem logicznym próbować korelować postępy uczniów w nowym kursie z osiągnięciami w starych egzaminach.

/II/ PRZERAŻAJĄCY WPŁYW EGZAMINOW NA UCZNIOW

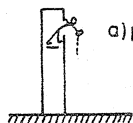


Egzaminy mówią uczniom o rzeczywistych celach nauczania, przynajmniej tak sądzą uczniowie. Jeśli w naszym nauczaniu będziemy zwracać szczególną uwagę na jasne rozumienie, a za cel postawimy sobie rozwijanie wiedzy o prawdziwej fizyce, możemy zupełnie nie liczyć się z tym, co nasi uczniowie będą sądzić na podstawie pytań. Oto przykłady pytań testowych dla uczniów w początkowej fazie nauczania, gdy nie mają jeszcze wyrobionego zdania o fizyce.

1 /a/ Z wysokiego okna człowiek rzuca żarówkę. Jaką drogę przebędzie żarówka po 3 s?

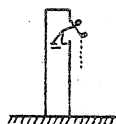


Wieczorem, w dniu poprzedzającym test, mądry uczeń, niedowierzający swojemu nauczycielowi i swoim własnym eksperymentom, uczy się na pamięć wzoru. Podczas egzaminu używa go, aby otrzymać prawidłowy wynik. Otrzymuje następne pytanie:



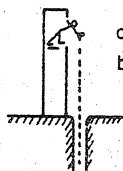
a) po 3s?  $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

/b/ Jaką drogę przebędzie po 10 s?



a) po 3s?  $s = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$   
 b) po 10s?

Uczeń wie, co ma zrobić - prze do przodu ze wzorem, nie zastanawiając się nad oporem powietrza ani prędkością końcową. Nie dba o to, że jego odpowiedź wymagałaby istnienia głębokiego otworu w ziemi.

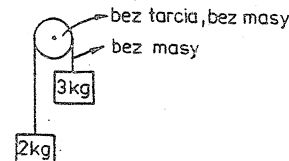


a) po 3s?  $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$   
 b) po 10s?

2/a/ Sformułuj zasady dynamiki Newtona

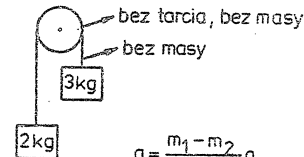
Uczeń wyobraża sobie, że powinien odpowiedzieć słowami podręcznika, nawet gdyby ich nie rozumiał. Następnie znów

pojawia się problem na zastosowanie wzoru: krążek i lina podnosząca ciężary. Lina nie ma masy /kłamstwo/, a krążek nie ma masy i nie uwzględnia się tarcia /dwa kłamstwa więcej/.



2/b/ Znajdź przyspieszenie.

Wychodzi jeden ze zmagazynowanych przez ucznia wzorów "na a". Jedynym problemem ucznia jest wybór prawidłowej wartości "g".



$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g$$

Rzuca monetą.



Nie po to Newton sformułował swoje zasady, ani nie dlatego zasługują one na to, aby ich nauczać. Są one przedmową do jego wielkiej teorii, łączącej cały system słoneczny z mechaniką tu, na Ziemi: cudownie pomysłową strukturą wiedzy, którą powinniśmy z zadowoleniem oferować naszym uczniom.

Jaki obraz fizyki pozostanie uczniom na resztę życia na podstawie takich pytań testowych? Jeśli już musimy dawać takie problemy, powinniśmy chociaż pytać o nie w sposób, który powie uczniom, że chcemy wiedzieć co robią. A wtedy

będziemy także zachęcać nauczycieli, aby uczyli dla rozumienia. Moglibyśmy zmodyfikować te dwa pytania w następujący sposób:

NAPISZ SWOJE ODPOWIEDZI W MIEJSCACH WYKROPKOWANYCH

PROBLEM 1. /a/ Oto wzór na drogę  $s = v_0 t + 1/2 at^2$

Co oznacza  $v_0$ ? .....  
.....  
O czym mówi  $v_0 t$ ? .....  
.....  
Czynnik  $1/2$  występuje we wzorze, ponieważ ....  
.....  
.....

Zaczynamy od podania wzoru. /Ogólnie, próbuję pisać wszystkie wzory na pierwszej stronie kwestionariusza, aby uchronić uczniów od mniemania, że zapamiętywanie wzorów i wpisywanie do nich liczb jest prawdziwą fizyką/. Pytamy "Co to jest  $v_0$ ?" i zostawiamy dwie linie na kwestionariuszu, aby uczeń mógł napisać swoją odpowiedź. Potem "Co ci mówi  $v_0 t$ ?". /Jeśli mówi, że jest to  $v_0$  pomnożone przez  $t$ , zgadzamy się z nim, ale nie nagradzamy go żadnym punktem/. Za odpowiedź na pytanie: "Skąd się bierze czynnik  $1/2$ ?" przyjmujemy odpowiedni rachunek lub rozważania geometryczne. Rozsądny egzaminator, czytając odpowiedź napisaną własnymi słowami ucznia, może dowiedzieć się czegoś o jego rozumieniu.

Możemy pytać dalej:

1/b/ Rzucono pionowo do góry kamień. Osiąga on wysokość 7 m i spada ponownie na ziemię. Czy wzór używany na obliczenie  $s$  /dla całkowitej drogi z ziemi do góry i z góry na ziemię/ da nam wynik 7m, 14m czy 0 m? .....m.

/c/ Jeśli użyć tego wzoru do obliczenia odległości od punktu najwyższego wzniesienia do punktu, w którym znajdzie się kamień po następnych 3 s, to wynik obliczeń dobrze zgadza się z doświadczeniem. Jeżeli jednak obliczyć tę odległość po 10 s, to wynik będzie niezgodny z doświadczeniem. Podaj dwa powody tej niezgodności.  
...../dajemy 5 wykropkowanych linii na odpowiedź/.....

Problem 2/a/ możemy zmodyfikować pytając o prawa Newtona w prostszej formie. Drukujemy sformułowanie praw i prosimy ucznia o ustne wyjaśnienie.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jeśli nauczyciele fizyki spróbują dać takie pytanie w swojej klasie, będą prawdopodobnie zaskoczeni różnicą między zapisanymi w pamięci prawami a nieformalnym wyjaśnieniem ich znaczenia. Słyszałem o pewnym eksperymencie egzaminacyjnym, w którym dwie dobre grupy pytano o zasady Newtona. Jedna z grup miała podać formalny zapis - 85% sukcesów. Druga grupa otrzymała polecenie wyjaśnienia ich "własnymi słowami" - 35% sukcesów.

PROBLEM 2 /ODPOWIEDZ NA ODDZIELNYM ARKUSZU/

/a/ Oto zasady dynamiki Newtona:

/ZASADY I, II, III W SFORMULOWANIU PODRECZNIKOWYM  
WYDRUKOWANE NA ARKUSZU EGZAMINACYJNYM/

Przepisz je własnymi słowami tak, aby były zrozumiałe dla kogoś, kto nie zna fizyki.

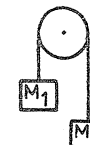
W sformułowaniu problemu 2/b/, jeśli musimy dać taką sterylną "maszynę Atwoda"<sup>1</sup>/blok z przewieszoną liną, na której końcach zawieszono ciężary/, możemy podać wzór i spytać o opis ruchu, gdy lina jest ciężka.

<sup>1</sup> Uważam, że problemy maszyny Atwoda są sztuczne i mało wartościowe dla nauczania, ponieważ dają uczniom błędny obraz fizyki, gdy są przedstawiane jako istotne problemy ilustrujące prawa Newtona. Jednakże mądry nauczyciel może wspaniale wykorzystać ten problem, gdy wyjaśnia swoim uczniom, że jest to rodzaj uproszczenia, idealizacji /nie ma masy, nie ma tarcia.../, które dokonują się również we współczesnej fizyce. Spójrzmy na jakiś problem dotyczący struktury atomowej - zaczynamy od silnych założeń upraszczających, o których wiemy, że są nieprawdziwe, ale sądzimy, że pomogą nam uzyskać pierwsze przybliżenie rozwiązania problemu.

/b/ Przyspieszenie tego układu, gdy obie masy połączone są cienką nitką, dane jest następującym wzorem:

$$a = \frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2} g$$

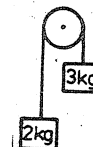
Wyobraź sobie, że nić zastąpiona jest przez grubą linę. W jaki sposób zmieni się ruch?



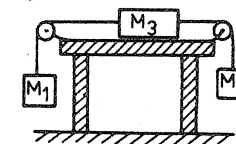
Rysujemy układ i podajemy wzór, a potem rysujemy nieco zmienioną sytuację z pewną trzecią masą M<sub>3</sub> na stole. Pytamy: "Gdzie do wzoru wchodzi masa M<sub>3</sub>?"

dla przypadku b

$$a = \frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2} g$$



dla tego przypadku



Gdzie do wzoru wchodzi masa M<sub>3</sub>?

Oceniając uczniów, będziemy zwracać uwagę na rozumienie przez nich II zasady dynamiki. Aby jednak być pewnym, że nasze pytania sprawdzają rozumienie i mówią uczniu o co pytamy, musimy stosować trochę więcej pytań "otwartych".



PROBLEM 3 Przypuśćmy, że słyszysz dwóch fizyków rozmawiających ze sobą i jeden z nich mówi: "Mój zeszló-roczny eksperyment był bardzo dobry. Udał się".

Podaj charakterystykę dobrego lub udanego eksperymentu w fizyce. Jakie cechy wziąłbyś pod uwagę?

/Oczywiście, nie istnieje jednoznaczna, idealna odpowiedź na to pytanie. Daj własną opinię i skomentuj wypowiedź, powiedzmy, pewnego inteligentnego niefizyka: "Skąd wiesz, że eksperymentujesz, a nie bawisz się tylko aparaturą? I jaka jest różnica między badaniem a rutynowym pomiarem technicznym?". Daj przykłady z lekcji fizyki i przedyskutuj je/.

Jest to z pewnością pytanie, które sprawdza rozumienie, ale czy egzaminator oceni je sprawiedliwie? Gdy dałem takie pytania na moim kursie dla studentów, koledzy zwykle oponowali twierdząc, że nie będą w stanie ocenić odpowiedzi. Uspokajałem ich proponując, że sam ocenię. Zwykle jednak podejmowali próbę, a później przekonywali się, że jest to możliwe.

Oczywiście, odpowiedzi na tego typu pytania nie mogą być oceniane w sposób tak godny zaufania, jak formalne zadanie z mechaniki, wymagające rachunków. Przyznaję, że duża strata pewności oceny jest karą za zadawanie takich "otwartych" pytań, ale zarówno ja, jak i wielu moich kolegów,

jesteśmy skłonni zapłacić tę karę. Jeśli sądzimy, że ocena jest bardzo niepewna, możemy przypisać jej mały współczynnik wagowy, ale nawet wtedy nie rezygnujemy z takiego pytania ze względu na jego wartość "polityczną" - mówi ono uczniom /studentom/, że interesujemy się ich rozumieniem roli dobrego eksperymentowania w fizyce.

Uspokajając kolegów, którzy mają wątpliwości co do ocen, wyjaśniam, że musimy używać całej skali ocen. Czytam odpowiedź uczniowską i zadaję sobie pytanie: Czy ta odpowiedź wskazuje na wystarczającą znajomość tego co robiliśmy - rozumienie sensu eksperymentowania i trochę wiedzy fizycznej? Jeżeli jest to rozsądna odpowiedź, taka której powinienem wymagać od średniego ucznia, kładę ją na stos prac z adnotacją "zadawalająco" i daję 7 punktów na 10. Inna odpowiedź uczniowska, która wydaje się rozsądna, chociaż jest zupełnie inna, również idzie na ten sam stos i otrzymuje 7 na 10. Gdy spotkam wyjątkowo dobrą odpowiedź, wyraziły obraz szerokiej wiedzy i poprawnego myślenia, kładę ją na oddzielny stos oznaczony "doskonale", aby dać 10 punktów na 10. Gdy dostaję bardzo słabą pracę, której autor nie wykazuje się rzeczywistym rozumieniem istoty eksperymentowania, kładę ją na inny stos oznaczony "śle", a uczeń lub student otrzymuje 0 lub, co najwyżej, 3 punkty na 10.

Ten nowy zestaw pytań może dać egzaminatorom lepszy wgląd w postępy ucznia, mamy nadzieję, trwałe - w wiedzy, która rozciąga się od rozumienia i stosowania wzorów, przez prawa naukowe, aż do relacji między doświadczeniem a teorią.

Informuje także studentów, że interesuje nas gruntowność i głębokość ich wiedzy.

### Zastrzeżenia

Krytycy mogą podnosić dwa rodzaje zastrzeżeń: w przeciwieństwie do pytań sprawdzających zapamiętanie lub formalną pracę z podręcznikiem, ocenianie naszych nowych pytań będzie wymagać więcej czasu i pracy. Poza tym, oceny będą miały niższą pewność. Na oba zarzuty odpowiedziałbym: przyznaję, że tak jest, ale zysk jest większy niż poniesione koszty. Gdy poszukujemy rozumienia, ocenianie odpowiedzi uczniowskich jest równie ważne, jak i układanie pytań. Jeśli uważamy testy czy egzaminy za ważne czynniki w naszym nauczaniu, zasługują one na znaczną ilość czasu. Gdybym użył metodą wykładu lub dyskusji, poświęciłbym 20% godzin nauczania w roku na przygotowanie i sprawdzenie testów lub sprawdzianów.

"Rzetelność" /reliability/ jest terminem technicznym w testowaniu: oznacza miarę powtarzalności oceny, niezależnie od egzaminatora; wskazuje stopień zgodności różnych egzaminatorów w ocenie odpowiedzi na to pytanie. W wielu częściach świata dążenie twórców do wysokiej obiektywności idzie w parze ze zwracaniem uwagi na ich trafność.

"Trafność" /validity/ testu jest miarą osiągnięcia w testowaniu tego, co planujemy, jest wielkością określającą zgodność pytania z naszymi celami.

Sprawdzenie rozumienia jest często subiektywne, ale

defekt mniejszej obiektywności oceny jest wyrównany przez większą trafność, sprawiając, że egzamin dotyczy fizyki, zamiast być zgadywanką lub testem mechanicznego zapamiętywania.

### SŁOWO DO UCZESTNIKÓW O PLANIE PRACY

Jutro zaczniemy zasadniczą pracę seminarium - zespołowe, krytyczne tworzenie pytań egzaminacyjnych. Każdego z obecnych tu kolegów proszę o przygotowanie dwóch pytań z fizyki, które będą głośno odczytane i zapisane na tablicy, a następnie poddane ocenie. Dyskutanci będą sugerować poprawki, oceniać jego wartość dydaktyczną i zastosowanie. Spodziewam się szczerzej i owocnej dyskusji. Jeśli ktoś z Państwa będzie się czuł zakłopotany widokiem własnego pytania brutalnie rozerwanego w kawałki, proszę pamiętać, że wkrótce będzie można zrewanżować się, gdy krytycy przeczytają swoje pytania.<sup>1</sup>

Proszę sobie wyobrazić, że uczyli Państwo w najlepszy sposób, tak, aby dać swoim uczniom idealne możliwości uczenia się. Niech będzie to poziom pierwszego roku fizyki uniwersyteckiej lub college'u, albo - jeśli Państwo wolą - - fizyki licealnej, w każdym bądź razie - kursu fizyki ogólnej. Wyobraźmy też sobie, że jesteście zespołem egzaminatorów przygotowujących ważny egzamin i że drukarz czeka na pytania.

---

<sup>1</sup> Ten raczej głupi żart o wzajemnym "okrucieństwie" jako sposobie na szczerłość, w krytyce wydaje się być niezbędny, aby pomóc w łatwym starciu seminarium.

Wyczucie celów będzie różne dla różnych uczestników, co spowoduje, że cała dyskusja stanie się bardziej interesująca. Spodziewam się, że możemy stworzyć kilka pytań, które będą wyglądać na pytania o rozumienie lub o coś, co będziemy uważać za trwałą wartość nauczanej fizyki.

My, którzy spotykamy się tutaj, różnimy się nie tylko poglądami i doświadczeniem, ale także różnią nas ograniczenia narzucone przez nasze własne instytucje. Dlatego też proszę każdego, aby wyimaginował sobie, że uczył fizyki na jakiejś utopijnej wyspie<sup>1</sup>, w idealnych warunkach, zgodnie ze swoim sumieniem, podążając za swoimi najwyższymi ideałami. Proszę jednak o realizm, gdy chodzi o wyimaginowanych uczniów.

---

<sup>1</sup> Po kilku krótszych seminariach w innych miejscach, uważam to za pożyteczne, prawie esencjalne, w szczególności tam, gdzie komisje uniwersyteckie lub departamenty rządowe trzymają silną rękę nad egzaminami, chociaż same mają słaby kontakt z bezpośrednim nauczaniem. Bez tego założenia i wyimaginowanej wyspy, opisy porównujące różne warunki mogłyby znacznie opóźnić rozpoczęcie seminarium lub nawet ograniczyć jego pracę. Tym niemniej, na seminarium w Montevideo, podobnie jak gdzie indziej, trzeba było "wrócić" z fantastycznej wyspy do rzeczywistego "kraju" tuż przed końcem seminarium. Ale zanim to się stało, mieliśmy już poszerzone spojrzenie i mogliśmy przyjąć bezzwłoczne i skuteczne rozwiązania.

Powinni być mieszaniną średnich uczniów pod względem zdolności i zainteresowań. Przez wyobrażenie sobie, że znajdujemy się na tej wyspie, będziemy mogli dokonać postępu w konstruowaniu nowych testów, które powinny pomagać, a nie przeszkadzać w nauczaniu. Pytania mogą być na każdy temat z fizyki, który Państwo uważają, że zawiera się w idealnym nauczaniu. Jeżeli Państwo czują się niepewnie na tym wczesnym etapie, proponuję dwa płodne obszary dla pytań: zasada zachowania pędu i kinetyczna teoria gazów, ale nie ma potrzeby czuć się przez nie ograniczonym.

PIERWSZA SESJA ROBOCZA /WSZYSCY, POKOJ "OWALNY"/

Wstępna uwaga prowadzącego. "Dzień dobry, koledzy egzaminatorzy. Zebraliśmy się, aby skonstruować pytania do testu z fizyki na naszej wymyślonej wyspie. Drukarz z niecierpliwością czeka na pytania. Dlatego, chociaż musimy stworzyć nasze pytania ostrożnie i krytycznie, powinniśmy unikać długich dyskusji dotyczących fizyki zawartej w pytaniu. Zdaję sobie sprawę, że możemy nie zgadzać się, co do poprawności fizycznej kilku pytań, musimy to przedyskutować, ale powinniśmy się starać, aby ta dyskusja była krótka, co umożliwi nam skoncentrowanie się na rzeczywistych problemach egzaminowania".

Pierwsze pytanie

Prowadzący: Kto ma gotowe pytanie? Profesor X jest gotów.

Proszę podejść i usiąść obok mnie. Twórca pytania ma naturalnie pewne poczucie wyższości nad kolegami, prawdopodobnie będzie się bronił przed krytyką tak, jak ojciec czy dziadek broni się przed pytaniami swojego dziecka. Dlatego nadam mu /profesorowi X w tej chwili/ tytuł "Dziadek" /Grandfather/<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Dalej w tekście tłumaczonym zastąpimy "Dziadka" przez "Mistrza", co lepiej odpowiada w języku polskim intencjom prof. Rogersa /uwaga tłumacza/.

Prowadzący: Mistrzu<sup>1</sup>, proszę czytać pańskie pytanie.

/Pytanie jest czytane głośno, a także zapisane na tablicy/.

Prowadzący: Czy są pytania?

Uczestnik 1: To wydaje mi się zbyt trudne.

Uczestnik 2: Ale dla jakiego poziomu nauczania jest przeznaczony?

Mistrz: Pierwszy rok college'u.

Uczestnik 3: Ale ja nic nie mówię o torach eliptycznych na pierwszym roku fizyki w college'u.

Prowadzący: Proszę pamiętać, że Mistrz może dobrać program do swojego idealnego kursu.

Mistrz: Tak. Uważam, że dla mojego nauczania jest to ważne. /Długa cisza/.

Prowadzący:<sup>2</sup> /do Mistrza/ Czego chciałby Pan się dowiedzieć z odpowiedzi na to pytanie? Co, według Pana, powiedzą odpowiedzi o wiedzy ucznia z fizyki, o jego stosunku do fizyki?

---

<sup>1</sup> Tytuł "Mistrza" może wydawać się trywialny, ale twórca pytania jest poddawany krytyce i może potrzebować pomocy ze strony Prowadzącego. Ten tytuł wskazuje na jego prawa i nadaje mu godną pozycję.

<sup>2</sup> Na tym wczesnym etapie uczestnicy nie znają się i mogą jeszcze nie być tak szczerzy w dyskusji, jak sobie wyobrażamy, a więc prowadzący stosuje pewne uwagi, aby wzbudzić czy podtrzymać dyskusję. Prowadzący może także wyróżnić jednego z uczestników i wprost spytać o komentarz. Nie wydaje się to

Mistrz: Chcę się dowiedzieć, czy uczeń rzeczywiście zna...

Uczestnik: Czy uczniowie nie mogliby po prostu zastosować wzór, którego wcześniej nauczyli się na pamięć?

Uczestnik: Dlaczego nie? To jest to, co robimy w fizyce.

Uczestnik: /szmery i szept/ Nie wtedy, gdy ja uczę.

Uczestnik: Tak, ale gdy my stosujemy wzór wiemy co on oznacza.

Uczestnik: Nie sądzę, aby korzystanie ze wzoru wskazywało na rzeczywistą wiedzę z fizyki.

Mistrz: Nie miałem na myśli korzystania ze wzoru. To pytanie wymaga jedynie ogólnej wiedzy i trochę znajomości mechaniki. /Dyskusja. Potem długa cisza/.

Prowadzący: Mistrzu, co chciałby Pan, aby ten problem powiedział uczniowi o fizyce, której się uczy?

/Przykład rozszerzenia pytania w dyskusji. Oryginalnym pytaniem była tylko część a. Części b i c wydają się zmieniać to pytanie ze zwykłego odtwarzania na odtwarzanie złożone/.

Mistrz: Aby mu uświadomił, że musi wiedzieć, jak rozwiązywać problemy zbliżone do tego.

Kilku uczestników podaje dalsze uwagi i kilka sprzeciwów.

/Długa cisza/.

robić na uczestnikach wrażenia, że są w szkole i są wywołani przez nauczyciela; daje im raczej miłe wrażenie uprzywilejowania i rozsądnie pomaga włączyć się do dyskusji. Często stosowałem takie postępowanie w pierwszych dniach seminarium.

### PRZYKŁADY PYTAŃ TESTOWYCH

Pośród stron opisujących pracę Seminarium czytelnicy znajdują trochę przykładowych pytań, każde wydrukowane w ramach. Są to pytania wybrane spośród wytworzonych przez Seminarium. Nie są one lepsze od pozostałych, ale ilustrują różnorodne aspekty pytań. Pozostałe pytania testowe, skonstruowane podczas Seminarium, podano w osobnym aneksie.

---

#### 1. PRZYKŁAD NA PRYMITYWNE ODTWARZANIE /CHEAP RECALL/ - - ZNAJOMOSC DEFINICJI. /forma testowa/

Ilość ciepła wydzielona przez jednostkę masy ciała podczas jego całkowitego spalania znana jest jako:

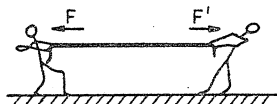
- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| A. ciepło krzepnięcia, | D. ciepło rozpuszczania, |
| B. ciepło właściwe,    | E. ciepło spalania.      |
| C. pojemność cieplna,  |                          |

/To pytanie dano jako ilustrację prymitywnego odtwarzania. Ani autor, ani jego koledzy nie uważali je za dobre dla "rozumienia", gdyż sprawdza embrionalną wiedzę fizyczną - słownictwo. Chcielibyśmy unikać takich pytań, za wyjątkiem może początku testu, gdzie mogą grać rolę zachęty. Z drugiej strony, to pytanie jest przykładem dobrego, bezpiecznego zastosowania zadania testowego wielokrotnego wyboru. Skoro wymaga jedynie zapamiętania, prawdopodobnie nie da uczniom fałszywego wrażenia, że rzeczywista nauka prowadzi do gry w zgadywanie wcześniej przygotowanych odpowiedzi/.

---

2. PYTANIE STYMULUJĄCE.

Dwoje dzieci bawi się w przeciąganie liny. Dziecko z lewej strony ciągnie z siłą  $F = 20$  kilogramów-siły, a dziecko z prawej strony ciągnie z siłą  $F = 30$  kilogramów-siły. Znajdź graficznie siłę wypadkową.



Czy taka sytuacja jest możliwa fizycznie? Czy istnieje jakieś prawo fizyczne, które temu przeczy? Uzasadnij swoją odpowiedź i wyciągnij wnioski.

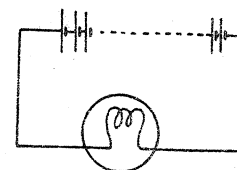
/Tradycyjne zadanie zostało tutaj zmienione na zadanie otwarte. Pytający poszukuje rozumienia i uczeń to odkrywa/.

3. PRZYKŁAD ZWYKŁEGO ODTWARZANIA.

/I/ Jaka powinna być wartość oporu, aby przez obwód, do którego przyłożono różnicę potencjału  $15\text{ V}$  popłynął prąd  $1,5\text{ A}$ ?

/II/ Co można zrobić, gdy mamy tylko dwa oporniki o oporze  $20\ \Omega$  każdy?

/Ostatnie podano jako przejrzysty przykład pytania na zwykłe odtworzenie. Nie nazwaliśmy tego odtworzeniem prymitywnym, ponieważ sądziliśmy, że wymaga ono i fizyki, i trochę myślenia/.



4. DOSKONALENIE PYTANIA OD ZWYKŁEGO ODTWARZANIA DO ODTWARZANIA ZŁOŻONEGO.

- /a/ Wystarczająco dużo baterii połączono szeregowo tak, aby dołączona do nich w obwód żarówka oznaczona " $15\text{ W}, 220\text{ V}$ " świeciła normalnie. Kiedy w jej miejsce podłączymy inną, oznaczoną " $500\text{ W}, 220\text{ V}$ ", świeci ona bardzo słabo. Jak to wyjaśnić, jeśli oznaczenia na obydwu żarówkach są dobre?
- /b/ Jeżeli te same żarówki podłączymy do sieci  $220\text{ V}$ , obydwie świecą normalnie. Wyjaśnij ten fakt.
- /c/ Żarówka  $15\text{ W}$  podłączona tak, jak w /a/ nie będzie świecić normalnie zbyt długo. Przypuśćmy, że musimy jednak użyć baterii i, że żarówka musi świecić normalnie przez dość długi okres czasu. Co można zrobić, aby tak się stało? Wymiana baterii jest niedozwolona.

Prowadzący: Drodzy koledzy egzaminatorzy, czy wykorzystamy to pytanie w naszym egzaminie na wyspie? Czy mogą zarządzić nieformalne głosowanie za lub przeciw użyciu tego pytania? Kto użyłby je w swoim egzaminie na wyspie? /10 głosów/.  
Kto nie chciałby je użyć? /4 głosy/.

Prowadzący: /do uczestnika, który głosował "nie"/. Dlaczego nie? /Uczestnik wyjaśnił swoje racje, następnie swoje racje podali pozostali uczestnicy głosująca "nie". Inni uczestnicy dodali uwagi/.

Prowadzący: Dziękuję Mistrzowi. Mam nadzieję, że pozwoli mi Pan zabrać swój problem do domu i korzystać z niego.

/Mistrz wraca na swoje miejsce. Jego zadanie będzie przepisane na maszynie i puszczane w obieg/.

Prowadzący: Teraz proszę następnego Mistrza. Kto jest gotów?

/Nowy Mistrz zajmuje miejsce obok Prowadzącego. Czyta swoje zadanie i zapisuje je na tablicy. Jego problem jest dyskutowany dość szczegółowo/.

Prowadzący: Jakby Pan nazwał ten typ pytania? Czy wymaga ono "prymitywnego odtwarzania"<sup>1</sup> czy raczej "złożonego odtwarzania"?

<sup>1</sup> Na jednej z poprzedzających sesji opisałem kilka typów pytań: "odtworzenie prymitywne", "złożone odtwarzanie" etc. Porównaj następny rozdział.

Mistrz 2: Złożone odtwarzanie.

/Pojawia się sprzeciw. Mistrz broni swego problemu przeciw oskarżeniu o prymitywne dtworzenie/. Uczestnik proponuje przedłużyć pytanie Mistrza o dodatkową część, aby podnieść jego wartość.

Inny uczestnik: Ten dodatek jest nie fair, ponieważ wymaga wyobraźni.

5. PYTANIE DYSKUTOWANE NA POZATKU SEMINARIUM.

Samochód pokonuje drogę opisywaną w kolejności przez prostą, łuki okręgu i elipsę w sposób zaznaczony na rysunku.

Uwaga: Łuki okręgu mają ten sam promień krzywizny R.

PS- prędkość stała

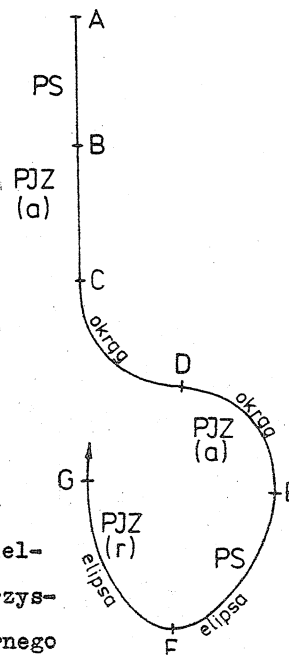
PJZ-prędkość jednostajnie zmienna

/a/- przyspieszana

/r/- opóźniana

a/ Przeanalizuj, w jaki sposób na odcinkach AB, BC, CD, DE, EF i FG oraz w punkcie D zmieniają się wielkości kinematyczne /prędkość i przyspieszenie/ z wektorowego i skalarnego punktu widzenia.

b/ Przeanalizuj dla każdego odcinka drogi, jaka siła jest potrzebna, aby otrzymać taki ruch.



---

6. PRZYKŁAD PYTANIA ROZWINIĘTEGO W DYSKUSJI.

I. ORYGINALNA FORMA

W czasie, gdy podtrzymujesz nieruchomo belkę, ktoś inny wbija w nią gwóźdź. Czy wykonuje on pracę?

II. FORMA KONCOWA

Wyobraźmy sobie, że trzymasz nieruchomo drewnianą belkę, gdy ktoś inny w tym czasie wbija w nią gwóźdź.

a/ Czy wykonujesz pracę?

b/ Czy ta osoba wykonuje pracę?

c/ Czy oboje wykonujecie pracę jednocześnie?

Uzasadnij swoją odpowiedź.

/Ten przykład pokazuje rozwój od formy oryginalnej /I/ do formy końcowej /II/ wskutek krytyki i sugestii uczestników. Pytanie to wymaga zarówno zwykłego odtworzenia, jak i wyobraźni/.

---

Kilku uczestników dyskutuje o potrzebie wyobraźni w fizyce. Inny uczestnik wyraża pogląd, że wymaganie wyobraźni podczas egzaminu jest okrucieństwem, co powoduje u ucznia zdenerwowanie i strach. To prowadzi do dalszej dyskusji o wyobraźni w rozwoju samej fizyki, w uczeniu się fizyki i w testach fizyki.

Przewodniczący pogłębia niepewność przez pytanie: "Czy zawsze jest w porządku wymagać wyobraźni podczas egzaminu?".

/Tutaj prowadzący rozmyślnie kwestionuje pogląd Mistrza, który wydaje się być także jego własnym, aby podtrzymać dyskusję/.

/Kilka uwag/

Przewodniczący: Mistrzu, co Pan sądzi o tym uzupełnieniu?

Mistrz: To zmienia jakość mojego pytania, ale myślę, że chciałbym mieć to uzupełnienie.

/Cisza/

Prowadzący: Mistrzu, przypuśćmy, że mógłby Pan usłyszeć swoich studentów rozmawiających o tym pytaniu po egzaminie. Jak Pan sądzi, co powiedzieliby o nim. Czego, w ich mniemaniu, żądało od nich pytanie?

Mistrz: Myślę, że powiedzieliby "To pytanie zmusiło nas do myślenia, ale musieliśmy także umieć trochę fizyki".

Moralista: Jak to wpływa na ich osiągnięcia po następnym pytaniu, jeśli muszą myśleć i posługiwać się wyobraźnią w pośpiechu?

Mistrz: Proszę pamiętać, że rozmawialiśmy o myśleniu i posługiwaniu się wyobraźnią w mojej klasie na wyspie.

Uczestnik: Nie może to jednak spowodować, że nauczanie będzie niejasne i nieścisłe. Fizyka jest tym przedmiotem, który wymaga dużej ścisłości.

/Gorąca dyskusja o takich sprawach jak: formalne definicje, szczegółowe instrukcje do pracy laboratoryjnej.../.



7. Ciało zawieszona na sprężynie rozciąga ją najpierw, aby podskoczyć z powrotem do góry.

W czasie trwania tego zjawiska następują przemiany energii. Wykres

pokazuje zależność siły od odległości dla pewnej rzeczywistej sprężyny podczas zachodzenia tego zjawiska. Na podstawie wykresu można

wywnioskować, że:

a/ Całkowita energia jest w tym procesie zachowana.

b/ Kinetyczna energia ciała przed, w czasie i po oddziaływaniu nie zmienia się.

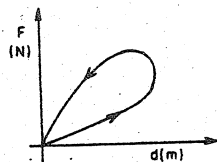
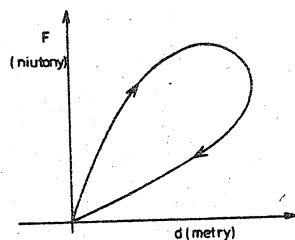
c/ Prędkość końcowa ciała jest mniejsza niż jego prędkość początkowa.

Skomentuj każdy wniosek i uzasadnij swoją odpowiedź.

d/ Czy byłoby możliwe, aby jakaś sprężyna zachowywała się tak, jak to pokazano na wykresie obok?

/Złożone odtworzenie; chociaż jest to prosty przypadek dynamiczny, pytanie wymaga znacznego myślenia. Część

/d/ wymaga myślenia z wyobraźnią/.



## 8. FIZYKA CONTRA EGZAMINOWANIE.

Butelkę coca-coli wyjęto z lodówki, w której panowała temperatura  $-1^{\circ}\text{C}$ . Coca-cola jest w stanie ciekłym, ale w czasie otwierania część jej zamarza. Wyjaśnij to zjawisko?

/To interesujące pytanie zajęło całą grupę. Porównywaliśmy sugestie wyjaśnienia przez jakiś czas, ale przerwaliśmy dyskusję, gdyż dotyczyła bardziej fizyki niż egzaminowania/.

/PRZERWA NA KAWĘ/

### Późny ranek

Po przerwie grupa została podzielona na dwie sekcje, każda we własnej sali. Zajęcia prowadzono w tym samym porządku - z Prowadzącym, Mistrzem siedzącym obok niego i uczestnikami krytykującymi i poprawiającymi pytania, z dyskusją dotyczącą nauczania i egzaminowania.

### Popołudnie

Po południu wznowiliśmy pracę, a na zakończenie powiedziałem do uczestników obydwu sekcji: "Jutro będziemy kontynuować zajęcia. Przyjdzie kolej na tych, którzy nie występowali do tej pory jako mistrzowie, a potem zaczniemy

nową rundę pytań. W południe profesor Moreno i ja wymienimy się jako prowadzący. Osiągnęliśmy dobry poziom w otwartości dyskusji. Sądzę, że jest to odpowiedni moment, aby powiedzieć Państwu jaki nieformalny tytuł nadajemy takiemu seminarium w Anglii. Ponieważ każde pytanie jest krytycznie dyskutowane i prawie rozrywane na kawałki, nazywamy takie seminarium, dla żartu, "szatkownica".

Później następny dzień i następny...

W miarę jak postępowaliśmy naszą pracę w dwóch mniejszych grupach, omawiających krytycznie jakies zadania i sugerujących poprawki, dyskutowano o celach i metodach nauczania. Gdy dany problem został po dyskusji zmodyfikowany, ostateczna jego forma często ukazywała, jak wielu członków grupy brało udział we wspólnym myśleniu. Oto przykład rozwoju pewnego problemu. Oryginalna wersja pytania jednego z uczestników brzmiała:

---

Podczas wystrzału strzelba odskakuje do tyłu uderzając w ramię strzelającego, a pocisk porusza się w przeciwnym kierunku. Jeśli porównasz te dwa efekty ruchu, to łatwo stwierdzisz, że efekt ruchu pocisku jest większy, ponieważ:

- A. Siła działająca na pocisk jest większa niż siła działająca na strzelbę.
  - B. Pocisk ma większą gęstość niż strzelba.
  - C. Masa pocisku jest mniejsza niż masa strzelby.
  - D. Pocisk ma większą prędkość niż strzelba.
- 

Uczestnicy mieli obiekcje do tego pytania z różnych powodów. Uważali, że odpowiedzi alternatywne były zbyt pomieszane. Nie było jasne, której odpowiedzi egzaminator się spodziewał, która była "prawdziwa". Niektórzy uczestnicy uważali, że to, o co pyta, nie jest ważne. Od razu zaproponowano kilka poprawek, ponieważ większość uczestników była zadowolona z pytania pomimo jego braków. Oto jedna z wersji alternatywnych, znów w formie zadania wielokrotnego wyboru.

---

Podczas wystrzału strzelba odskakuje do tyłu uderzając w ramię strzelającego, a pocisk porusza się w przeciwnym kierunku. W trakcie oddziaływania między pociskiem i strzelbą:

- A. Zachowana jest energia kinetyczna.
  - B. Zachowany jest pęd.
  - C. Zachowana jest energia kinetyczna i pęd.
  - D. Nie jest zachowana ani energia kinetyczna, ani pęd.
  - E. ...?...
- 

Ciągle były jednak wątpliwości, ponieważ pytanie o energię kinetyczną dotyczy również energii gorących gazów po eksplozji. Dyskusja wskazała na większe trudności w nauczaniu pojęcia energii w porównaniu z nauczaniem pędu i zasady jego zachowania.

Inna wersja wobec tego brzmiała następująco:

---

Przypuśćmy, że zasada zachowania pędu jest prawdziwa. Po wystrzeleniu pocisku ze strzelby, która początkowo jest w spoczynku, zarówno strzelba jak i pocisk poruszają się. Stosunek energii kinetycznej pocisku  $K_p$  do energii kinetycznej strzelby  $K_s$  zaraz po oddziaływaniu dany jest wzorem  $K_p/K_s =$

- A. 1; B.  $m_p/m_s$ ; C.  $m_s/m_p$ ; D.  $v_p^2/v_s^2$ ; E.  $v_s^2/v_p^2$
- 

Zaproponowano jeszcze inną wersję:

---

Pocisk o masie  $m_p$  został wystrzelony ze strzelby o masie  $m_s$ , która początkowo znajdowała się w spoczynku.

/a/ Czy po tym wystrzale pęd został zachowany? Uzasadnij swoją odpowiedź.

/b/ Wyprowadź wzór na stosunek  $K_p/K_s$  energii kinetycznej pocisku  $K_p$  do energii kinetycznej strzelby  $K_s$  tuż po wystrzale.

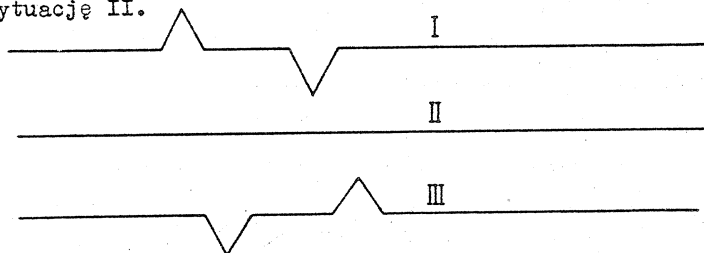
---

Po względnie długiej dyskusji, która dotyczyła teorii nauczania, celów, kwestii moralnych, formy, etc., Przewodni-

czący zaproponował, aby Mistrz podał udoskonaloną wersję, biorąc pod uwagę wszystko, co było powiedziane. Ostatecznie sformułował on znakomitą wersję w formie "dziewczyna na nartach wodnych", która brzmiała:

- 
9. Podczas wystrzału strzelba odskakuje do tyłu uderzając w ramię, a pocisk porusza się w przeciwnym kierunku. Kinetyczna energia pocisku jest większa niż energia kinetyczna strzelby. Zaproponowano pięć wyjaśnień tego faktu. Skomentuj krótko każdą propozycję.
1. Fakt, że strzelba i pocisk poruszają się w przeciwnych kierunkach wskazuje na zachowanie pędu /kilka wykropkowanych linii na odpowiedź/.....
  2. Zgodnie z III zasadą dynamiki Newtona popędy sił /F x t/ były te same .....
  3. Fakt ten upoważnia nas do stwierdzenia, że rozkład energii kinetycznej jest odwrotnie proporcjonalny do oddziałujących mas .....
  4. Ponieważ strzelba się nagrzewa, mechaniczna energia /kinetyczna + potencjalna/ nie zachowuje się.....
  5. Z powyższego wynika, że pęd przed, w czasie i po wystrzale jest zachowany, ale nie jest zachowana energia mechaniczna.....
-

10. Mamy tutaj 3 kolejne fotografie liny zrobione dostatecznie szybko, aby nie doszło do odbicia od jej końców. Na podstawie zasady zachowania energii wyjaśnij sytuację II.

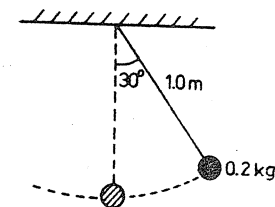


/To pytanie wymaga dobrego rozumienia fizyki fal.

Zaproponowane na początku Seminarium doprowadziło do wnikliwej dyskusji. Uczestnicy pytali, co można zrobić, by nie wypaczyć go, a jednocześnie uczynić jaśniejszym dla uczniów. Niektórzy prosili o dodanie lepszego opisu. Inni uważali, że powinno być więcej informacji. Projektodawca twierdził, że jest ono dobre w obecnej formie/.

11. DYSKUSJA NAD SFORMUŁOWANIEM ZADANIA

Kula o masie  $m = 0,20 \text{ kg}$  jest zawieszona na sznurku o długości  $l = 1,00 \text{ m}$  i waha się z amplitudą  $A = 30^\circ$ . Po chwili zatrzymuje się ze względu na opór powietrza. Oblicz, w przybliżeniu, pracę wykonaną przez opór.



- /Wygląda to na pytanie formalne, w rzeczywistości jednak poszukuje rozumienia. Jednakże byłoby lepiej przepisać drugą część pytania w dwóch częściach:
- a/ Oblicz .....
  - b/ Objasnij swoje rachunki. Zapisz wyraźnie, jakie poczyniłeś założenia dotyczące naturalnego zachowania się kuli/.

Dziesięć dni pracy

Po pierwszym dniu roboczym, praca Seminarium kontynuowana była w dwóch oddzielnych grupach, którymi wymieniliśmy się razem z prof. Moreno. Od czasu do czasu grupy te łączyły się, aby przedyskutować pewne specjalne zagadnienia, ale w zasadzie praca nad tworzeniem pytań, a przez to dyskusja nad celami nauczania, toczyła się najlepiej w mniejszych

grupach, gdzie każdy uczestnik miał możliwość zaprezentowania swoich poglądów.

Dyskutowaliśmy o znaczeniu rozumienia w fizyce, o dobrym i złym korzystaniu ze wzorów, o relacjach między rozumieniem przyrodoznawstwa a umiejętnościami werbalnymi, o robieniu grubych oszacowań, o prawdzie i modelach w nauce, o teorii i eksperymencie. Rozmawialiśmy o wymianie pewnych klasycznych tematów na tematy z fizyki współczesnej, poczynając od wczesnych badań promieni X i promieniotwórczości do najnowszych osiągnięć w modelach atomu.

Uczestnicy mówili o korzyściach, które mogłoby ich uczniom przynieść nauczanie fizyki, a ja zaproponowałem raczej denerwujący referat o trudnościach z "transferem kształcenia". Tym niemniej każdy z nas miał nadzieję, że nasze nauczanie fizyki, a raczej - uczenie się uczniów - powinno przyczynić się do tworzenia trwałych elementów wykształcenia, mimo że rozumiane trochę inaczej przez każdego, stawało się celem nauczania w świadomości każdego uczestnika.

Z dnia na dzień ujawniały się zmiany w poglądach na przydatność efektów Seminarium poprzez rozszerzanie zakresu pytań i wzrost aktywności w dyskusji. Uczestnicy objawiali coraz to większe zainteresowanie pytaniami, które wymagały gruntownego rozumienia i zachęcały do posługiwania się wyobraźnią.

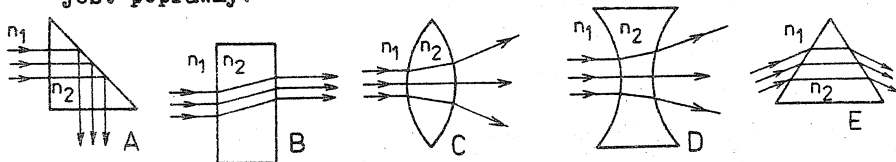
Mimo, że pisaliśmy pytania egzaminacyjne, a nie nierealistyczne kazania, które miałyby inspirować nauczycieli,

nasze szerokie cele były krytykowane właśnie za ich praktyczność, a także za niesprawiedliwość. We wczesnej fazie Seminarium jeden z uczestników miał zastrzeżenia do pytania, które wymagało, aby uczeń zgadywał możliwe wyjaśnienia. Powiedział, że wydaje mu się niesprawiedliwe, a może niemoralne, wymagać od ucznia takiego zgadywania w momencie, gdy jest on w sytuacji stressowej spowodowanej egzaminem. Przyjąłem jego jasno wyrażoną obiekcję i nazwałem go pół żartem, pół serio - "moralistą". Używałem tego tytułu od czasu do czasu przez resztę seminarium mówiąc, gdy miałem pewne wątpliwości: "Chciałbym zwrócić się do moralisty. Czy uważa Pan, że jest fair pytać o to?" Byłem bardzo zadowolony, że znajdował się członek grupy, który chciał wziąć na siebie ten poważny obowiązek.

Po dwóch lub trzech dniach tworzenia pytań, wyłonili się dwie sprawy, które wymagały dyskusji ogólnej. Jedną były "obiektywne testy", o których mówiliśmy i które ilustrowaliśmy kilkoma przykładami. Drugą - rosnące zmartwienie z powodu ograniczania się do wymyślonej wyspy. Każdy uczestnik, w miarę badania nowych możliwości testów i egzaminów, coraz bardziej odnosił je do warunków kształcenia w jego własnym kraju. Dlatego też prof. Moreno zaprosił wszystkich chętnych do wzięcia udziału w specjalnym sobotnio-popołudniowym posiedzeniu, aby porozmawiać o nauczaniu i egzaminowaniu w poszczególnych krajach. Każdy z uczestników wyjaśniał, jak egzaminowanie, którym zajmowaliśmy się, można by dopasować do warunków w jego kraju i wskazywał na związane z tym trudności. Było to bardzo cenne i płodne spotkanie.

## 12. MATERIAŁ DLA MORALISTY

W sytuacjach opisanych na rysunkach A, B, C, D, E i  $n_1$  jest większy niż  $n_2$ . Który z rysunków jest poprawny?



/To pytanie może wprowadzić pytanego w błąd, a więc Moralista mógłby je potępić. Trzy z zamieszczonych obrazków pokazują bieg promieni, gdyby soczewki i pryzmaty zrobiono ze szkła, a więc tak, jak jest najczęściej. Pytanie zakłada jednak, że współczynniki załamania są odwrócone. Uważny czytelnik uzyska odpowiedź po przyjęciu, że istnieje tylko jedna odpowiedź prawidłowa. Aby pomóc pytany, którzy są mniej uważni lub nerwowi, słowo "większy" powinno być podkreślone, ale i wówczas to sprytne pytanie ma posmak pytania "wtorkowego". /patrz str. - uwaga tłumacza/.

## 13. PRZYKŁAD PYTANIA ZACHECAJĄCEGO DO MYŚLENIA

Gdy mówimy, że pewna osoba ma 175 cm wzrostu, masę 70 kg i jest szczupła, znamy wszyscy operacyjne znaczenie tych stwierdzeń. Podaj takie operacyjne znaczenie następujących stwierdzeń:

- Pewien atom ma kształt sferyczny.
- Atom ma masę  $1,6 \times 10^{-27}$  kg.
- Atom ma promień  $1,2 \times 10^{-8}$  cm.

/Pytanie wymaga starannego myślenia. Stawia pytanego w nowej sytuacji/.

Nie dawało wrażenia, że idee Seminarium mają małe szanse realizacji w praktyce. Postęp, jakiego dokonaliśmy w poglądach na temat egzaminów i pracy nad ich konstrukcją wytworzył, w jakiś sposób, w świadomości uczestników silne przekonanie o pomyślnym rokowaniu co do ich pracy w ich własnych krajach. Byłem zadowolony, gdy okazało się, że uczestnicy, podczas następnego spotkania w grupach roboczych, byli gotowi do powrotu na naszą "wyspę", aby dalej pracować. /Nie powiedziałem im wtedy, że mam praktyczną propozycję "powrotu z wymagowanej wyspy do rzeczywistości" i bezpośredniego wdrożenia naszych wyobrażeń do praktyki, ponieważ zamierzałem przedstawić taką sugestię na spotkaniu końcowym/.

ABY PRZEKONAC SIE, JAK ROZSZERZYŁA SIE NASZA DISKUSJA, SPOJRZMY NA TE PYTANIA, KTORE ZAPROPONOWANE ZOSTAŁY POD KONIEC SEMINARIUM. CHOCIAŻ SA ONE DALEKIE OD FORMALNEJ FIZYKI, ZACHECAJA DO AKTYWNEJ I PŁODNEJ DISKUSJI.

---

#### 14. PYTANIE TYPU "FERMIEGO"

Miasto posiada elektrownię jądrową. Rzeka wykorzystywana przez elektrownię do jej pracy narażona jest na wzrost temperatury /skażenie cieplne/. Pewien członek Rady Miejskiej proponuje zakup elektrycznych środków komunikacji: trolejbusów itp. Czy taka propozycja jest rozsądna?

Uwaga: Międzynarodowa umowa zakłada, że temperatura wody w rzece, która otrzymuje ciepło z elektrowni jądrowej, nie może przekraczać  $25^{\circ}\text{C}$ .

/Tutaj wymaga się inteligentnego oszacowania. Pytanie to, zaproponowane w jednym z późniejszych dni Seminarium, wzbudziło wiele dyskusji na temat nauczania i egzaminowania, ale także na temat fizyki i polityki/.

---

---

15. Prawdziwe znaczenie jakiegoś słowa można poznać jedynie przez obserwację sposobu, w jaki ono jest używane. Jakie filozoficzne wnioski odnośnie fizyki możesz wyciągnąć z powyższego stwierdzenia?

---

---

16. Wyobraź sobie, że masz prosty, ale poważny problem ekonomiczny: twój ojciec ukarał cię nie dając ci pieniędzy na kino.

a/ Jakich metod naukowych użyłbyś, aby rozwiązać twój problem?

b/ Uzasadnij swoją odpowiedź.

/To pytanie wskazuje, jak daleko zmieniliśmy nasze poglądy po 10 dniach dyskusji. Wychodząc z pozycji fizyków i egzaminatorów, uczestnicy z poważnym zainteresowaniem dyskutowali nad tym pytaniem/.

---

#### Eksperyment z testami

Mieliśmy w naszej grupie uczestnika, który szczególnie interesował się testami. W swoim kraju kierował się on programem konstrukcji testów ogólnego użytku. Znał on zarówno techniki układania testów jak i wszystkie argumenty przeciwko ich stosowaniu.

Po przedstawieniu możliwości pytania testowego typu "dziewczyna na nartach wodnych", uczestnicy próbowali stworzyć własne wersje. Jeden z nich zaproponował bardzo ładne pytanie tego typu, dotyczące ruchu piłki nożnej kopniętej przez Pele'go. Po dyskusji, twórca tego pytania razem z entuzjastą testów spędzili cały wieczór nad konstrukcją testowej wersji "zagadnienia Pele'go". Byliśmy im wdzięczni za ich pracę. Chociaż zastrzegali się, że mieli zbyt mało czasu, aby wygładzić ostateczne wersje, przyjęliśmy możliwość dyskusji nad dwiema równoległymi wersjami: jednej - wymagającej krótkiej odpowiedzi pisemnej, drugiej - wymagającej podobnej wiedzy, ale sformułowanej w postaci pytania wielokrotnego wyboru.

Dyskusja była gorąca. Na początku, zwolennicy testów przyjęli wersję wielokrotnego wyboru i zaproponowali kilka poprawek. W miarę upływu czasu rosły wątpliwości czy te dwie wersje są rzeczywiście równoważne. Wielu uczestników doszło do wniosku, że wersja testowa /wielokrotnego wyboru/ ma nie tylko różną formę, ale w rzeczywistości w inny sposób ocenia uczniowskie rozumienie. Nie sądzę, że powinniśmy ten wniosek traktować jako silny argument przeciwko testom, ale byłem zadowolony, że się pojawił jako ostrzeżenie.

W ogólności, nie poddawaliśmy ocenie testy poprzez rozpatrywanie możliwości masowego ich użycia, ale sądzę, zbadaliśmy ich możliwości na tyle, aby uczestnicy mogli się nimi dalej zajmować w domu. Od czasu do czasu wyrażałem moje własne wątpliwości, że testy dają uczniom ubogi obraz

tego, w jaki sposób myślimy i rozwiązujemy problemy fizyczne.

Wspomniałem także o pewnej szczególnej właściwości pracy z testami - dużej satysfakcji, którą odczuwa każdy z nas, gdy ułoży dobre pytanie testowe. Oczywiście, jest przyjemnie, gdy sformułuje się dobre zadanie na "rozprawkę", ale nie daje to takiego dużego zadowolenia. Natomiast, gdy ktoś ułoży dobry test, po stwierdzeniu, że wymaga to większej sztuki, niż się spodziewał, odczuwa dużą satysfakcję, a nawet czuje się zobowiązany do tworzenia następnych testów. Wpada w zachwyt spowodowany sukcesami technicznymi. Obserwowałem to tak często wśród nauczycieli fizyki, że skłoniło mnie to do ostrzeżenia: "miodowy miesiąc z testami trwa dwa lata". Traktuję to ostrzeżenie poważnie, ponieważ entuzjazm spowodowany sukcesami w tej nowej technice może przesłonić zarówno ogólne niebezpieczeństwa, jak i specyficzne problemy tworzenia tego typu pytań. /Zobacz ostatni rozdział poświęcony testom/.

#### Praca Seminarium była kontynuowana

Każdy z uczestników pełnił co najmniej raz w ciągu dnia funkcję mistrza, czasami dwa razy. Chociaż pytania i dyskusja zmieniły się, chociaż wybróbowywano także różne formy pytań, po czterech lub pięciu dniach pracy odczuwaliśmy potrzebę nowej procedury Seminarium.



### Nowi prowadzący

Po uprzedzeniu kilka dni wcześniej, prosiłem kolejno każdego z uczestników, aby przejął rolę prowadzącego. Nie zrobiłem tego po to, aby było sprawiedliwie. Nie przypuszczałem też, że będzie to bardzo ważne. Jednakże byłem mile zaskoczony, gdy okazało się, że ożywiło to dyskusję. Byłem zadowolony z takiego rozwoju sytuacji, gdyż spodziewałem się, że uczestnicy przeniosą ideę "szatkownicy" do swoich krajów. Zmieniali się prowadzący. Mistrzowie, jeden po drugim, proponowali pytania, które wywoływały, jak zwykle, żywą dyskusję. Kontynuowaliśmy w ten sposób Seminarium przez dwa lub trzy dni, a potem czuliśmy już, że główna praca tego Seminarium została zrobiona. Oczywiście, mogliśmy jeszcze dyskutować nad innymi rodzajami pytań lub wrócić do naszych rozważań nad systemem oceniania, ale uczestnicy byli już faktycznie zmęczeni i czuliśmy, że był to właściwy czas, aby zamknąć Seminarium. Rozpoczęło się ono od formalnego otwarcia i wprowadzenia w poniedziałek. Pracowaliśmy w małych grupach do końca tygodnia oraz w cztery kolejne dni tygodnia następnego. Postanowiliśmy zamknąć Seminarium w piątek w południe.

### SESJA KONCOWA

Seminarium zakończyło się wspólnym pożegnalnym lunchem w piątek w południe, który wprawił wszystkich w dobre samopoczucie.

Kończącą sesję, w piątek rano, zarezerwowałem na specjalną mowę; stanowiącą dodatek do formalnych uwag końcowych i bardzo gorących podziękowań dla gospodarzy. Mowa ta brzmiała tak:

Koledzy egzaminatorzy!

Spędziliśmy razem blisko dwa tygodnie w naszej "wytwórni pytań". Zaproponowaliście dużo bardzo dobrych pytań, które zostały wygłędzone w dalszej, wspólnej dyskusji. Powielone kopie większości pytań będzie można otrzymać i spodziewam się, że koledzy będą chcieli zabrać je ze sobą do domu. Swoje kopie oczywiście też zabiorę do domu - mam nadzieję, że pozwolicie mi na wykorzystanie ich z moimi uczniami, za co będę bardzo wdzięczny.

Nie ułożyliśmy tak wielu pytań, jak prawdopodobnie spodziewaliście się na początku, dwa tygodnie temu. Powodem było to, że zamiast tylko ogłoszenia pytania i, co najwyżej, otrzymania kilku szybkich sugestii zmian, każdy z nas, działając jako mistrz, zostawał wciągnięty w szerszą dyskusję poprzez wyjaśnienia, obronę, dyskusję. Doskonalać pytania zmniejszaliśmy wydajność "wytwórni pytań", ale stawialiśmy się czymś ważniejszym: grupą konsultacyjną i konferencją na temat teorii /philosophy/ nauczania przyrodoznawstwa. W tym przesłałicie moje najśmielsze oczekiwania, ponieważ dyskusja nad

celami i strategią nauczania rozszerzyły, myślę, nam wszystkim poglądy /philosophy/ na nauczanie, które nie są związane z żadnym programem nauczania /nie wyłączając systemów egzaminacyjnych/.

Jeśli takie były już moje zamiary, gdy zbieraliśmy się na to Seminarium, to dlaczego nie zaczęliśmy od jasno sformułowanego zaproszenia do dyskusji teoretycznej? Myślę, że nie zrobiliśmy tego z dwóch powodów. Po pierwsze, należało uniknąć ogólnego zakłopotania. Niektórzy z nas czuliby się skrupowani wchodząc w tak niebezpieczną dziedzinę i odkrywając swoje prywatne sądy. Część z nas czułaby się gotowa przedstawić własne poglądy, które prawdopodobnie, okazałyby się bardzo ogólnymi dążeniami, wiele z nich byłoby nierealistycznych i niepraktycznych. Wszyscy spotykamy pretensjonalnie sformułowane cele na początku podręczników lub we wstępnej mowie dla uczniów /studentów/ w rodzaju: "Fizyka jest jednym z najbardziej cudownych osiągnięć wiedzy naukowej, jaką stworzyła ludzkość. Uczenie się fizyki da ci możliwość podejścia do problemów życiowych z pozycji naukowych, korzystania z metod naukowych i postępowania według ścisłych zasad, które dyktuje prawda, co jest charakterystyczne dla naszej wielkiej nauki...". Ładne to wnioski, ale mało prawdopodobne, aby miało wpływ na kształtowanie nauczania w praktyce oraz na wzbudzenie motywacji u uczniów.

Podczas seminarium, w którym układamy i dyskutujemy pytania testowe, trzymamy się mocno gruntu, gdy tworzymy pytania dostosowane do rzeczywistego procesu nauczania, a jed-

nocześnie mamy głowę w chmurach, gdy zakładamy, że my i nasi uczniowie jesteśmy w tym procesie zupełnie niezależni.

Jeśli koledzy sami będziecie zajmować się jakimś nowym programem lub tylko zetkniecie się z grupą wdrażającą nowy program nauczania, sądzę, że zaoferujecie "szatkownicę" zarówno jako sposób na dyskusję o celach nauczania, jak i metodę kształcenia nauczycieli przygotowujących się do nowej pracy.

Prowadzącym powinien być ktoś, kto bardzo dobrze zna i rozumie nowy program, ponieważ powinien on sprowadzić dyskusję do celów i szczególnych cech tego programu. Po uwzględnieniu tego warunku, nie znam innej, jak seminarium poświęcone tworzeniu sprawdzianów do tego programu, równie efektywnej, sprzyjającej dobremu rozumieniu celów programu, metody szybkiego kształcenia nauczycieli.

Po powrocie do domu zetkniecie się koledzy z trudnym dla nas wszystkich problemem: Jak możemy zmienić nauczanie we własnych instytucjach, aby stało się możliwe korzystanie z pytań, które ułożyliśmy tutaj? Przepisy i tradycja tworzą ograniczenia w treściach nauczania i egzaminach.

Faktycznie jednak, po powrocie do domu, każdy może korzystać z tych pytań nawet jutro! Bez względu na restrynkcje dotyczące programu nauczania czy przepisy egzaminacyjne, możecie wykorzystywać te pytania lub podobne w sprawdzianach lustrzanych. /Pamiętajmy: sprawdzian lustrzany to sprawdzian przeprowadzony i oceniony jak każdy inny, z tym wyjątkiem, że nauczyciel zwracając uczniowi poprawioną prycę nigdzie nie

rejestruje i nie wykorzystuje uzyskanej przez ucznia oceny. Taki sprawdzian działa jak lustro, w którym uczeń może zobaczyć swoje postępy/.

Musimy tylko wyjaśnić uczniom sens sprawdzianów lustrzanych, a zwykła ambicja u większości z nich wzbudzi pragnienie przejrzenia się w takim lustrze. Jeśli już raz wprowadzi się taki sprawdzian, to będzie on dowodem, że możliwe jest konstruowanie i zastosowanie pytań, które poszukują rozumienia. One to mogą skusić później waszych kolegów do zastanowienia się nad zmianami w nauczaniu. Jeśli nawet sami nie są w stanie zmienić przepisów i egzaminów, mogą wziąć udział w seminarium, które - myślę, że jesteście zgodni - dostarcza ciekawego materiału do przemyśleń o naszej pracy - nauczaniu fizyki, którą bardzo lubimy oraz o sposobach sprawienia, aby uczniowie podzielali nasz zachwyt.

Tak więc spodziewam się, że rozważycie ofertę zorganizowania takiego seminarium jak to, z grupą swoich kolegów po powrocie do domu. Jeśli się zdecydujecie, to mogę gwarantować, że doświadczycie tyle zadowolenia, ile dzieliliśmy tutaj razem. Przekonacie się dokładniej, jak takie seminarium przekształca się w konferencję na temat teoretycznych podstaw nauczania fizyki.

## CZEŚĆ II

### ZADANIA I PROBLEMY FIZYCZNE

#### RODZAJE PYTAŃ. TROCHE POŻYTECZNEJ TERMINOLOGII.

Dla opisu lub krytycznego omówienia jakiegoś pytania można użyć kilku pożytecznych terminów. Oto terminologia, którą zebrałem lub wprowadziłem:

Odtworzenie proste: Wymaga od ucznia podania lub zastosowania jakiegoś szczegółu z fizyki, którego się nauczył. Jeśli uczniowie rozumieją jakiś fragment fizyki, powinni być w stanie zastosować go w sposób inteligentny. Dajemy więc problem, który wymaga tej samej wiedzy, co problem omówiony w klasie, ale pytamy w innym kontekście. Na przykład, po dyskusji w klasie na temat przyspieszenia rakiety dajemy pytanie dotyczące opóźnionego ruchu samochodu. Takie pytania na "odtworzenie proste" pozwalają uniknąć niebezpieczeństwa stereotypowych pytań, które mogą odkrywać fakty wyuczone na pamięć - definicje lub procedurę rozwiązywania zadania. Oto przykład przeznaczony dla uczniów, którzy właśnie zapoznali się z pojęciem ciśnienia.

- 
- /a/ Zważ się lub oszacuj swoją wagę w kilogramach.
- /b/ Zdejm buty i stań na arkuszu papieru. Obrysuj kontur swoich stóp ołówkiem na papierze lub kredą na podłodze. Określ, najlepiej jak możesz, w centymetrach kwadratowych powierzchnię każdej stopy.
- /Możesz zwilżyć bosą stopę i zmierzyć powierzchnię mokrego śladu na podłodze/.
- /c/ Teraz oblicz ciśnienie, jakie wywierają twoje stopy na podłogę:
- 1/ gdy stoisz na dwóch nogach,
  - 2/ gdy stoisz na jednej nodze.
- 

Chociaż pytanie to wymaga pamiętania, co to jest ciśnienie, nie jest jednak prymitywnym przypomnieniem, gdyż uczeń musi wiedzieć co robi.

Prymitywne odtwarzanie. Wymaga zapamiętania faktu lub wzoru. Za wyjątkiem zachęcania słabych uczniów na początku egzaminów, pytania tego rodzaju prawdopodobnie nie wspierają dobrego nauczania ani nie przekazują właściwego obrazu fizyki.

Przykłady:

- 
1. Jaka jest wartość przyspieszenia w swobodnym spadku?
  2. Dwa ustalone punkty na skali termometrycznej to punkt topnienia lodu i punkt wrzenia wody.

/a/ Jakie liczby przyporządkowano tym punktom w skali Fahrenheita?

/b/ Dlaczego wybieramy właśnie te dwa punkty?

---

Część /a/ wymaga prymitywnego przypominania. Czy część /b/ wymaga jedynie prymitywnego przypomnienia zależy od tego, co było przedmiotem dyskusji w klasie.

Odtworzenie złożone. Wymaga od ucznia zastosowania kilku elementów wiedzy fizycznej, które już poznał do rozwiązania problemu, z którym uprzednio się nie spotkał. Zwykle te elementy wiedzy pochodzą z różnych obszarów fizyki, uczeń musi zebrać je razem i trochę pomyśleć.

Oczywiście, czy uczeń odbiera jakiś problem jako nowy, czy zna niezbędne elementy fizyki, to wszystko zależy od konkretnego przebiegu nauczania. W związku z tym, oceniając pytania na odtworzenie złożone, które uważamy za bardzo wartościowe dla procesu nauczania i oceny, czytelnik musi pamiętać, że takie pytania muszą być dopasowane do aktualnego stanu, w jakim znajduje się nauczanie. /To jest jeden z powodów, dla których uważamy, że ten zbiór pytań będzie rozszerzany przez samego nauczyciela/.

Przykłady:

- 
1. Człowiek ze spadochronem waży więcej niż człowiek bez spadochronu, a mimo to ze spadochronem spada wolniej. Dlaczego?
  2. Samolot nurkuje pionowo w dół z wyłączonym silnikiem i osiąga prędkość 550 km/h, po czym jego prędkość pozostaje prawie stała. Jakie dwie siły działają na niego podczas ruchu z "prędkością końcową"? Dodaj jakiś komentarz dotyczący zachowania się tych dwóch sił.
  3. W trakcie nurkowania pilot włączył silniki. Co się stało? /Przyjmij, że samolot nie osiągnął powierzchni ziemi i nie rozleciał się w kawałki/.
  4. Dlaczego jest całkiem prawdopodobne, że samolot rozleci się w kawałki po włączeniu silników?
- 

Następny przykład może wydawać się zbyt sztuczny, ale ilustruje silny związek z przebiegiem nauczania.

---

Gdy gładki kamień odrywa się i spada swobodnie równolegle i blisko pionowej gładkiej skały, obserwuje się, że w trakcie spadku zbliża się on do pionowej powierzchni skały. /Musisz przyjąć, że to prawda/.

/a/ Zaproponuj kilka różnych fizycznych powodów, dla których kamień zbliża się do skały.

/b/ Powiedz, która z tych przyczyn prawdopodobnie jest w stanie, w sposób zauważalny, wpłynąć na ruch kamienia.

---

To pytanie byłoby niezrozumiałe i z pewnością nie nadawałoby się na egzamin, gdyby wcześniej, w trakcie nauczania, nie było mowy o oddziaływaniu grawitacyjnym, siłach elektrostatycznych i zjawiskach hydrodynamicznych. Dla kursu, w którym uczniowie zetknęli się z takimi zjawiskami, pytanie jest interesujące, nieco zaskakujące, ale uczniowie, którzy zrozumieli materiał prawdopodobnie dobrze na nie odpowiedzą.

Wyobraźnia i błyskotliwość myślenia. Czasami pytania na odtworzenie złożone wymagają, poza określoną wiedzą, także wyobraźni, a nawet błyskotliwego myślenia. Jeśli uważamy, że posługiwanie się wyobraźnią i dokonywanie sprytnych tricków myślowych wspomaganych wiedzą fizyczną jest istotną częścią składową działalności fizyka, możemy zadawać takie pytania. Jednakże, aby było całkiem jasne, że pytanie wymaga wyobraźni lub pewnego tricku myślowego, powinniśmy na wstępie zadania ostrzec ucznia za pomocą jednej z poniższych uwag.

To zadanie wymaga pewnego tricku myślowego.

To jest trudny problem. Nie zajmuj się nim zbyt długo.

Przykład:

---

Wiesz z doświadczenia i z teorii kinetycznej gazów, że lepkość gazu jest niezależna od ciśnienia w dużym przedziale ciśnień. Rozpatrując przewodnictwo cieplne gazów /nie przez konwekcję/ jako transport energii od cząsteczki do cząsteczki zastanów się, w jaki sposób przewodnictwo cieplne powinno zależać od ciśnienia. Przedstaw drogę rozumowania, które doprowadziło cię do takiego wyniku.

---

Jest to przypadek, gdy prosta własność, o którą pytamy, nie jest dokładnie potwierdzona przez doświadczenie. Spodziewamy się, analogicznie jak w przypadku lepkości, że przewodnictwo cieplne będzie niezależne od ciśnienia i możemy znaleźć na to pewne jakościowe argumenty w kinetycznej teorii gazów. Kiedy zacznie się jednak rozpatrywać rzeczywiste zachowanie się przewodnictwa pod wpływem ciśnienia, prowadzący prawdopodobnie nie uniknie długiej dyskusji na temat doświadczalnych i teoretycznych aspektów tego zjawiska; lepiej odrzucić to pytanie.

Poprawianie błędów. Większość ludzi lubi poprawiać innych, gdy powiedzą coś nieprawidłowo. Fakt ten może być podstawą do tworzenia interesujących pytań - formułujemy twierdzenie lub dajemy jakieś wyjaśnienie i pytamy: "Dlaczego to jest nieprawdziwe?"

Na przykład:

---

Twój młodszy brat mówi, że nie ma sensu używania dwóch lokomotyw, aby ciągnęły pociąg, ponieważ nie da się dobrać dwóch jednakowych pod względem mocy silników. Każda z nich, użyta oddzielnie, będzie ciągnęła pociąg szybciej niż druga. Słabsza lokomotywa połączona z silniejszą będzie tylko hamować pociąg. Popraw swojego młodszego brata.

---

Zadanie o dziewczynie na nartach wodnych jest pewną szczególną postacią tego typu problemu. Dałem je podczas Seminarium jako przykład wzięty z egzaminów. Okazał się tak interesujący, że uczestnicy utworzyli więcej pytań o tej samej postaci i dlatego posłużył jako nazwa dla całego typu pytań.

Oryginalna wersja pytania, którą podałem uczestnikom brzmiała następująco:<sup>x</sup>

---

Nad brzegiem dużego jeziora wiele ludzi obserwowało pewną dziewczynę poruszającą się na nartach wodnych za motorówką. Ktoś spytał "Co ją utrzymuje na powierzchni wody?". Dano pięć odpowiedzi na to pytanie:

- a/ To jest podobnie jak z kulą karabinową. Porusza się tak szybko, że nie ma czasu spadać.
- b/ To jest zjawisko wyporu. Dziewczyna zanurza się trochę i to powoduje powstawanie siły wyporu równej ciężarowi wypartej wody: Taka siła utrzymuje ją na powierzchni.
- c/ ... itd.

Skomentuj każdą z tych odpowiedzi uzasadniając, dlaczego uważasz niektóre za całkowicie fałszywe i oceniając prawdziwość pozostałych.

---

<sup>x</sup> Ten przykład jest częścią zadania z arkusza Fizyka II egzaminu z fizyki dla programu Nuffield przygotowanego przez Szkolną Radę Egzaminacyjną Uniwersytetu w Oxford i Cambridge. Fragment poniższy jest drukowany za zgodą tej Rady.

Wyjaśniłem, że zapomniałem pozostałe trzy odpowiedzi i poprosiłem uczestników, aby podali w to miejsce własne propozycje. Sugerowałem, że formułując pytanie w takiej postaci powinniśmy zostawić na arkuszu egzaminacyjnym wolne wiersze pod każdą odpowiedzią, aby uczeń mógł wpisać swój komentarz.

Skonstruowanie jeszcze kilku odpowiedzi jest interesującym ćwiczeniem dla fizyka. Żadna z nich nie powinna być zupełnie poprawna, ale zestaw pięciu odpowiedzi czy wyjaśnień powinien dać uczniowi możliwość pokazania swojej wiedzy z fizyki i powiedzenia coś o prawdopodobnym mechanizmie unoszenia. Uczestnicy ułożyli wiele propozycji, niektóre z nich znaleźć można na następnej stronie.

Później przeszli do układania własnych pytań tego typu na inne tematy, ale nazywając je "dziewczyna na nartach wodnych".

Jedno z takich pytań uległo, w szczególny sposób, rozwinięciu. Początkowo zaproponowane zostało w formie "dziewczyna na nartach wodnych", później jednak pewien krytyk, który był zwolennikiem testów, zgłosił chęć przekształcenia tego pytania w formę testową wspólnie z autorem zadania. Pytanie to - zagadnienie Pele'go - podano w obu formach na dalszych stronach.

Zadania Fermiego. Fermi lubił pytać o różnorakie oszacowania wielkości w przypadkach, w których nie było nawet jasne, jakie dane mogą być przydatne. Uczony dokonujący odkrycia musi wymyśleć metodę i wybrać te mierzalne wartości, które mu są potrzebne. Kilka przykładów tego typu podano w uzupełnieniu. Oryginalne zadania Fermiego są zbyt trudne dla uczniów lub studentów elementarnego kursu fizyki, ale można łatwo skonstruo-

wać takie, które będą odpowiadały ich poziomowi wiedzy i możliwościom. Zadania Fermiego mogą być stosowane jako wartościowe ćwiczenia intelektualne w pracy domowej, nadają się także do sprawdzianów. Mówią, że uczeni mogą coś sądzić nawet w sytuacjach "beznadziejnych".

---

17. "Odpowiedzi do pytania o dziewczynie na nartach wodnych zaproponowane przez uczestników".

/Uczestnicy skoncentrowali się raczej na odpowiedziach, które byłyby kuszące lecz nieprawdziwe, niż na określeniu jasnych, prawidłowych odpowiedzi/.

- a/ Siła z jaką lina ciągnie dziewczynę ma składową pionową, która równoważy ciężar dziewczyny.
- b/ Narty trąc o wodę uzyskują ładunek elektryczny. Dziewczynę unoszą siły elektryczne.
- c/ Między powierzchnię wody a nachylone narty dostaje się trochę powietrza. Powoduje to powstanie wielu małych pęcherzyków powietrznych, które utrzymują dziewczynę w czasie ruchu.
- d/ Narty naciskają na wodę, a więc woda naciska na narty w przeciwnym kierunku.
- e/ Napięcie powierzchniowe wody zwiększa się wraz z prędkością, aż do momentu gdy staje się wystarczające do uniesienia dziewczyny.

- f/ Ważnym czynnikiem jest położenie nart: gdy są nachylone, mają takie samo położenie jak łoż i dlatego nie zanurzają się.
  - g/ Dziewczyna nie zanurza się, ponieważ nie ma żadnych ku temu fizycznych powodów.
  - h/ Ciężar dziewczyny maleje wraz ze wzrostem prędkości.
  - i/ Dziewczyna nie tonie, ponieważ wynika to z zasady bezwładności, która mówi, że każde ciało zachowuje swój ruch po prostej, jeśli zostało wcześniej w taki ruch wprowadzone.
  - j/ Narty zawierają pewien materiał magnetyczny, który jest wypychany do góry, gdy narty przecinają linie sił magnetycznych.
  - k/ Z punktu widzenia motorówki, na wodzie tworzy się fala stojąca. Dziewczyna nie tonie, ponieważ wtedy nie byłaby to fala stojąca.
  - l/ Jeśli spojrzymy na dziewczynę z punktu odległego od kuli ziemskiej, to zauważymy fakt, że porusza się ona po łuku koła. Przed utonięciem zabezpiecza ją siła odśrodkowa.
-



18. Zagadnienie Pele'go /forma "dziewczyna na nartach wodnych"/

Pele jest znany ze swoich strzałów, w których piłka  
można nagle zmienia kierunek ruchu i trafia do bramki.  
Niżej podano sześć "wyjaśnień" tego zjawiska. Skomentuj  
każde z nich.

- a/ Pele kopie piłkę z niezwykle dużą siłą.  
.....  
...../kilka pustych wierszy na odpowiedź/.....
- b/ Kopie piłkę w kierunku, który nie przechodzi przez  
środek masy. ....  
.....
- c/ Fale głosowe wytwarzane przez krzyk jego wielu wielbi-  
cieli zmieniają kierunek ruchu piłki.  
.....
- d/ Piłka jest okrągła.  
.....
- e/ Jest bardzo wietrzny dzień.  
.....
- f/ Pele wie, jak wykorzystać siłę Coriolisa.  
.....

19. Zagadnienie Pele'go. /forma testowa/

Pele jest znany ze swoich strzałów, w których piłka  
nagle zmienia kierunek ruchu i trafia do bramki.

- Odpowiedz na każde z pięciu poniższych pytań wybiera-  
jąc prawidłowe odpowiedzi i zakreślając kółka wokół liter  
A, B, C, D i E według następującego kodu:
- A - tylko odpowiedź I jest poprawna
  - B - tylko odpowiedź II jest poprawna
  - C - tylko odpowiedź III jest poprawna
  - D - jest więcej niż jedna prawidłowa odpowiedź
  - E - żadna z podanych odpowiedzi nie jest prawidłowa.

Karta odpowiedzi

Pytanie	Odpowiedź
1	A B C D E
2	A B C D E
3	A B C D E
4	A B C D E
5	A B C D E

Pytanie 1

Prawidłowa interpretacja szczególnego zachowania się  
piłki jest następująca:

- I. Wirowanie piłki wytwarza tuż przy niej obszar rozrzedzonego powietrza, co zmienia kierunek ruchu.
- II. Początkowo Pele trze piłką o ziemię, co powoduje powstanie nieskompensowanej składowej siły.
- III. Prawdopodobnie nagrzanie powietrza blisko piłki może wywoływać zmiany ciśnienia odpowiedzialne za zmiany kierunku.

Pytanie 2

Z opisanego faktu wynika, że:

- I. Początkowo mamy do czynienia z uderzeniem niesprężystym w kulistą piłkę, które zmienia kształt piłki na elipsoidalny. Potem następuje uderzenie sprężyste.
- II. Pele w sprytny sposób wykorzystuje siłę Coriolisa, która powstaje, gdy piłka porusza się podczas wiatru.
- III. Warunkiem koniecznym takiego ruchu jest, aby piłka była kopnięta w kierunku nie przechodzącym przez środek masy.

Pytanie 3.

Prawidłowa interpretacja jest następująca:

- I. Gdy Pele uderza piłkę, powietrze zawarte wewnątrz zaczyna wirować, a to z kolei powoduje, że piłka zaczyna wirować w kierunku przeciwnym /prawo zachowania momentu pędu/. To jest przyczyna, że piłka zbacza ze swej drogi.
- II. Piłka plus otaczające ją powietrze tworzą, w pewnym przybliżeniu, układ odosobniony, stąd część pędu i momentu pędu przenosi się na otaczające powietrze, co powoduje zmianę kierunku ruchu.

- III. Obrót Ziemi wpływa na ruch piłki w taki sam sposób, jak na wypływającą z wanny wodę.

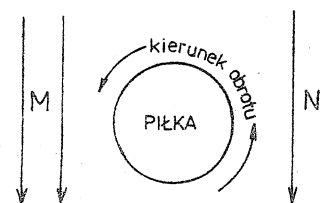
Pytanie 4

Prawidłowa interpretacja jest następująca:

- I. W czasie oddziaływania między stopą Pele'go a piłką siła akcji działająca na piłkę i siła reakcji przyłożona do stopy Pele'go tworzą parę sił, która właśnie jest odpowiedzialna za zmianę kierunku ruchu piłki.
- II. Pele nadaje piłce pewną energię ruchu rotacyjnego, która częściowo przenosi się na powietrze, co powoduje zmiany w bocznej składowej prędkości piłki.
- III. Z układu odniesienia związanego z piłką widać, że ruch powietrza wywołuje siłę Coriolisa, która zmienia kierunek ruchu piłki.

Pytanie 5

- I. Gdy Pele uderza piłkę, uzyskuje ona pewną prędkość początkową względem powietrza. Ta względna prędkość później maleje, co powoduje jednoczesne powstawanie i zwiększanie się siły odchylającej piłkę.
- II. Piłka odchyła się, ponieważ ruch powietrza względem piłki nie jest wirowy i nie zależy od wiatru.
- III. Prędkość powietrza względem piłki jest większa w miejscu M niż w miejscu N /patrz rysunek/, co powoduje powstanie siły odchylającej w kierunku M.



PATOLOGIA I HIGIENA TESTOW I PYTAŃ EGZAMINACYJNYCH

"NIEZDROWE" PYTANIA

Od czasu do czasu podczas Seminarium, gdy jakieś pytanie posiadało szczególny rodzaj wady lub zalety, a także sporadycznie podczas wspólnych wieczornych zebrań, proponowałem pewną terminologię:

"Czytanie w myślach" lub "liczenie na szczęście".

Taka nazwa jest potrzebna na określenie poważnego błędu przy przygotowywaniu pytania, które wymaga od ucznia, aby zgadł, co egzaminator ma na myśli. Możemy dać uczniowi pytanie, które będzie żądało dokonania samodzielnego wyboru, posłużenia się wyobraźnią, a nawet dokonania odkrycia na podstawie jego wiedzy, ale źle świadczy o egzaminie, gdy pytanie, przez przecenienie, zdaje się mówić:

"My egzaminatorzy myślimy o pewnym określonym, interesującym fakcie fizycznym. Oto kilka odpowiedzi na ten temat, a teraz bądź mądry i zgadnij, co mamy na myśli".

Na przykład:

---

\* pewnej metodzie pomiaru niskich ciśnień standardowy przyrząd pomiarowy pomija pewną część całkowitej wartości mierzonej wielkości. Co to za metoda i na czym polega jej wada?

---

Zapytany egzaminator odpowiada: "Oczywiście pytam o przyrząd Mac Leoda do pomiaru małych ciśnień gazu. Ponieważ używa się w nim tłoczek rtęciowy, nie uwzględnia on ciśnienia obecnych tam par rtęci". Pytanie to nie straci nic z założonych celów, gdy sformułujemy je bardziej jasno:

---

Przyrząd Mac Leoda używany do pomiarów ciśnień gazów resztkowych w układach próżniowych nie uwzględnia części tego ciśnienia. Jakiej części ciśnienia nie uwzględnia i dlaczego? W jaki sposób wziąbyś pod uwagę tę część ciśnienia?

---

Aby być całkiem pewnym, że nie dokuczamy uczniowi niejasnością zadania, możemy powiedzieć mu więcej:

---

Przyrząd Mac Leoda mierzy ciśnienie gazów resztkowych w układach próżniowych przez pobranie próbki tych gazów, sprężenie ich pod działaniem słupa rtęci do znanej części ich początkowej objętości i zmierzenie ciśnienia tej sprężonej próbki. Ciśnienie oryginalne oblicza się korzystając z prawa Boyle'a - Mariotte'a. Urządzenie nie bierze pod uwagę pewnej części tego ciśnienia.../ciąg dalszy jak poprzednio/.

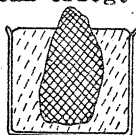
---

Pytania "Góra lodowa".

Pewne stare zadanie, dobrze znane wielu fizykom i uczniom, brzmi następująco:

---

Bryła lodu pływa w naczyniu pełnym wody. Naczynie jest napełnione wodą dokładnie aż po sam brzeg. Co się stanie z wodą, gdy lód się stopi?

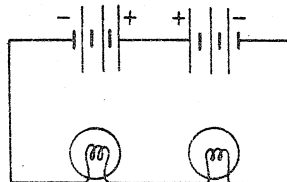


---

Jeżeli pytanie to damy w sprawdzianie z hydrostatyki, ci uczniowie, którzy zetknęli się z tym problemem wcześniej, odpowiedzą w ciągu kilku sekund. Ci uczniowie natomiast, dla których jest to problem nowy, spędzą prawdopodobnie kilka minut nad rozwiązaniem zagadki. Z tego względu, takie zadanie jest niepożądanym zadaniem trickowym, które podzieli uczniów na dwie kategorie, ale nie na tych, którzy rozumieją fizykę i na tych, którzy jej nie rozumieją, ale na tych, którzy już znają odpowiedź i na tych, którzy muszą ją wymyślić.

Inne przykłady:

W narysowanym obwodzie elektrycznym każda z baterii ma SEM 6V oraz każda żarówka jest 6 woltowa. Po zamknięciu obwodu żarówki nie świecą.



a/ Wyjaśnij, dlaczego?

b/ Gdybyś miał jeden dodatkowy kawałek drutu, jak włączyłbyś go w obwód, aby zaświeciły się obydwie żarówki?

---

Część /a/ jest dobrym pytaniem, zawierającym się gdzieś między prostym odtwarzaniem a odtwarzaniem złożonym, a może nawet wymaga pewnej wyobraźni na poziomie, który już osiągnęli uczniowie.

Część /b/ jest podobna do zadania o górze lodowej, ponieważ wymaga pewnego tricku, który gdy się go pozna, będzie się, prawdopodobnie pamiętać.

---

Pewna grupa fizyków - rozbitków na bezludnej wyspie chce zbudować laboratorium fizyczne. Mają dużo sprzętu, ale nie posiadają wzorców jednostek takich jak metr, kilogram, nie posiadają żadnego zegara, który mierzyłby sekundy, ani żadnego wzorca wielkości, która byłaby ich iloczynem. Zdecydowani są jednak zbudować przyrządy pomiarowe, które mierzyłyby w jednostkach układu SI. W jaki sposób mogą tego dokonać?

---

Jest to zadanie typu "górze lodowa", ponieważ ci uczniowie, którzy słyszeli wcześniej o takiej efektywnej metodzie, mają niewspółmierną przewagę nad pozostałymi.

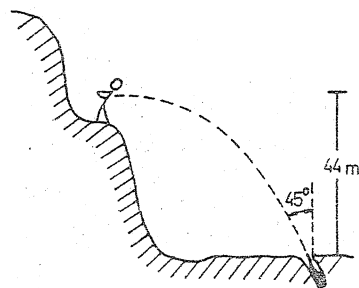
Powinniśmy unikać pytań typu "górze lodowa", za wyjątkiem chwili, w której wprowadzone są po raz pierwszy. /W tym momencie nie są one problemami typu "górze lodowa", ale po roku już mogą się nimi stać/. Nie należy tej reguły stosować do wszystkich pytań, w których wymaga się myślenia z wyobraźnią. Możemy dawać pytania, takie jak poniższe, bez obawy, że jest to problem "górze lodowej".

Astronauci w statku kosmicznym mają następującą instrukcję dotyczącą śniadania: "Zważ 100 g czekolady...". Opisz jedno lub więcej urządzeń, które mogłyby posłużyć do speżnienia tej instrukcji w statku, który porusza się swobodnie bez rakiety.

#### Pytania wtorkowe

Termin ten opisuje pewne pytanie, które jest pytaniem "nie fair", ponieważ wprowadza ucznia w błąd. Oto przykład:

Człowiek stojący na zboczu góry rzuca poziomo kamień. Kamień ten porusza się przez pewien czas jednocześnie poziomo i pionowo w dół /jak na rysunku/ i spada w śnieg lub rozmiękkłą glinę żłobiąc w niej tunel nachylony pod kątem  $45^\circ$  do pionu. Miejsce, w które upadł kamień, jest oddalone /mierząc wzdłuż pionu/ od miejsca rzutu o około 44,1 m.



/a/ Jaka początkowa prędkość w kierunku poziomym nadał kamieniowi człowiek?

Część /a/ jest dobrym pytaniem typu "proste", a może "złożone" odtworzenie. Jediną jego wadą jest to, że usypia czujność studenta na sformułowanie części /b/.

/b/ Jakie przyspieszenie ma kamień dokładnie w połowie swojej drogi?

Wyrażenie "połowa drogi" powoduje szereg zaskakujących odpowiedzi nawet wśród zdolnych uczniów i prowadzi w konsekwencji do ich rozdrażnienia. Uważam takie pytania za źle sprawdzające wiedzę. Nazywam je "wtorkowymi" ze względu na pewną zabawę słowną, w którą czasem dorośli bawią się z dziećmi.

Dorośli: Jak powiesz prawda? /ang. true/; Dziecko: TRUE

[tru:]

Dorośli: Jak nazywa się ten kolor?

/wskazuje niebieski/ Dziecko: BLUE [blu:]

Dorośli: Jak nazywa się pierwszy dzień tygodnia?

/tuesday - wtorek/ Dziecko: TUE... [tju:]

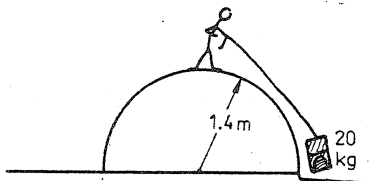
Dorośli: A nie, bo poniedziałek.

Za kryterium zadań "wtorkowych" można przyjąć wywoływanie zdenerwowania uczniów i niezależność odpowiedzi od zdolności odpowiadających.

#### Pytanie typu "Igloo"

Jest to szczególna odmiana pytań "wtorkowych". Wyróżniłem ją nazwą po następującym zadaniu, które było dane w wyrównanej grupie uczniów o przeciętnych zdolnościach i wywołało ich zdenerwowanie.

Eskimos stoi na szczycie swojego półkolistego lodowego igloo. Na butach ma kolce i w ten sposób nie ślizga się. Promień zewnętrznej powierzchni igloo wynosi 1,4m. Eskimos wciąga na szczyt, za pomocą liny, blok lodu o masie 20 kg.



Oblicz energię mechaniczną, jaka jest do tego potrzebna?

Tarcie możesz pominąć. Za wartość  $\mu$  możesz przyjąć  $\mu = 22/7$ .

Jeśli wprowadzimy jedną daną, taką jak  $\mu$ , która nie jest potrzebna, wyprowadzimy uczniów z równowagi, nie otrzymując wcale więcej informacji o ich rozumieniu fizyki. Jest pewien łatwy sposób na pytanie typu "igloo" - jeśli już koniecznie chcemy wprowadzić dodatkową zbędną daną, dajemy ich znaczenie więcej niż potrzeba. Na przykład, wprowadzamy wartość , prędkość dźwięku, prędkość światła, gęstość lodu itp. Wtedy problem "igloo" stanie się przyjemnym żartem.

## POŻYTECZNE RADY

### Pytanie i uzasadnienie

Możemy zadać następujące pytanie:

Kula z gliny o masie 2 kg porusza się poziomo z prędkością 3m/s i uderza w inną nieruchomą kulę z gliny o masie 4 kg. Kule ulegają zlepieniu. Znajdź prędkość zlepionego kawałka.

Możemy też to pytanie rozszcześcić:

- Znajdź prędkość zlepionego kawałka.
- Wyjaśnij, jak doszedłeś do odpowiedzi /a/.
- Jeśli w /a/ i /b/ korzystałeś z jakiejś ogólnej zasady, to czy ta zasada obowiązuje zawsze, czy jej stosowanie jest ograniczone pewnymi warunkami?

Wtedy nie tylko jesteśmy pewni, że egzaminator otrzyma wystarczająco dużo informacji, aby ocenić ucznia, ale także uczeń będzie wiedział, że spodziewamy się od niego pełnej wypowiedzi.

### Dodanie ogona z żądkiem

Możemy dodać dalsze części, aby spytać o myślenie twórcze. Do przykładu podanego wyżej możemy dodać:

- 
- d/ Jak dużo energii kinetycznej znika podczas zderzenia opisanego wyżej?
- e/ Co się dzieje z zanikającą energią kinetyczną podczas zderzenia czołowego?
- f/ Co się dzieje z zanikającą energią kinetyczną, jeśli zderzenie nie jest czołowe, ale kule zlepiają się razem?
- g/ Wyobraźmy sobie, że w kulach umieszczone są magnesy ustawione tak, że w momencie, gdy ruchoma kula uderza w nieruchomą, magnesy te przyciągają się. Opisz, w jaki sposób magnesy te mogą wpływać na końcową prędkość zlepionego kawałka i jak wpływają na los różnych postaci energii.
- 

Niektórzy nauczyciele nie lubią pytań, które zawierają wiele części dotyczących tej samej sytuacji lub zjawiska /tego samego "trzonu"/, ale jest to często ekonomiczny sposób zaferowania uczniowi kilku pytań o rosnącej trudności.

#### Odwracanie problemu

Czasami zamiana "danych" na "szukane" powoduje, że problem staje się bardziej niezwykły, mniej podobny do przykładu z podręcznika, czasami nawet rzeczywiście trudny. Na przykład, na niskim poziomie nauczania praw ruchu Newtona pytamy:

---

Siła 6N działa na 2 kilogramowy kawałek metalu. Oblicz przyspieszenie tego kawałka metalu.

---

Jest to pytanie na prymitywne odtwarzanie, ale dla większości uczniów będzie się wydawać nieco głębsze, gdy sformułujemy je tak:

---

Siła 6N nadaje kawałkowi metalu przyspieszenie  $3\text{m/s}^2$ .  
Jaka jest masa tego ciała?

---

Niżej podano w dwóch formach zadanie wymagające od uczniów zastosowania zasady zachowania pędu w problemie zderzenia. Opis zjawiska jest taki sam w obu formach, ale prawa postać zadania wydaje się być trudniejsza /wartości liczbowe są różne, ponieważ zostały dobrane do każdego przypadku tak, aby ułatwić rachunki/.

Problem zderzenia

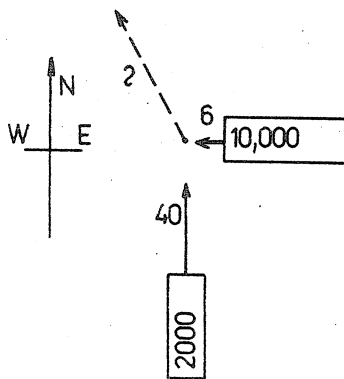
Samochód o masie 2000 kg, poruszający się na północ po śliskiej nawierzchni drogi, uderza w ciężarówkę o masie 10 000 kg, poruszającą się na zachód. Po zderzeniu, szczerpione razem wraki poruszają się razem skośnie do osi jezdni. /tarcie i opór można pominąć/

Zwykła wersja

Samochód 2000-kilogramowy porusza się z prędkością 40 km/h. Ciężarówka 10 000-kilogramowa porusza się z prędkością 6 km/h.

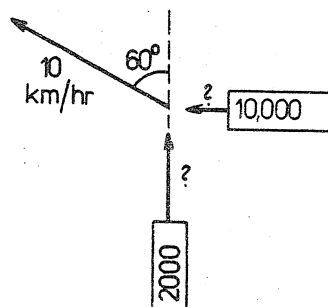
a/ Oblicz prędkość wraku /rozbite i szczerpione ze sobą samochody/.

b/ Znajdź kierunek ruchu wraku.



Wersja odwrócona

Wrak z rozbitych i szczerpionych ze sobą samochodów porusza się w kierunku, który tworzy kąt  $60^\circ$  z kierunkiem północnym. Prędkość ruchu wraku była zmierzona przez policję. Wynosiła ona 10 km/h. Policja twierdzi, że samochód przekroczył dopuszczalną w tym miejscu prędkość 35 km/h. Kierowca mówi, że nie. Rozstrzygnij spór.



Poszukiwanie danych

Pewne zadania, zwłaszcza te, które sprawdzają umiejętność dokonywania grubych oszacowań, mogą nie zawierać żadnej danej liczbowej, a uczniowie powinni sami je znaleźć. Na przykład:

Oszacuj czas jaki jest ci potrzebny na podniesienie ciężaru 1000 kg na wysokość jednego piętra.

Żaden z egzaminatorów ani uczniów nie będzie uważał takiego zadania za dobrze sformułowane i pożyteczne, jeżeli nie doda się jasno sprecyzowanych wskazówek ograniczających i konkretyzujących warunki wyboru danych, np:

Przyjmij, że możesz używać, jeśli chcesz, lin, bloków, itp., ale nie wolno stosować żadnych silników elektrycznych lub spalinowych.

/Oczywiście - egzaminatorzy nie wymagają, abyś przytoczył dokładne dane; faktycznie byłoby nierozsądnie myśleć, że dane takie mogą być precyzyjne. Akceptowana będzie każda rozsądnie obmyślona metoda pomiaru, którą opiszesz. Powinieneś starać się opisać ją w sposób jasny i jeśli to możliwe, zaznaczyć, jak do niej doszedłeś/.



W następnym przykładzie uczeń musi nie tylko dobierać samodzielnie dane, ale także musi wykorzystać swoją wiedzę fizyczną, aby wybrać metodę obliczeń.

---

Oszacuj siłę z jaką młotek stolarza uderza w gwóźdź podczas wbijania go w deskę.

---

Takie pytania mogą wydawać się zaawansowanym fizykom bezwartościowe, ponieważ są zbyt niejasne. W pracy z młodymi uczniami mają one dwie zalety: zachęcają do robienia grubych przybliżeń, które są częścią naszej działalności badawczej w fizyce oraz mają charakter niekonkretny i nieformalny, co odrywa uwagę od nudnych obliczeń.

Zauważmy, że jeśli egzaminatorzy zapowiedzą wcześniej, że zamierzają dać takie pytanie ani powtórka, ani wkuwanie tuż przed egzaminem z pewnością niewiele dadzą.

#### EGZAMINATORZY. PYTANIA. OCENY.

"Egzaminator wymaga głębokiej wiedzy" - zasada "zdechłej myszy"

Uświadamiamy uczniom, że osobista rozmowa przed przyjęciem do pracy jest pewną formą egzaminu, z którą większość z nas spotyka się, od czasu do czasu, w życiu. Jest to poważny egzamin, w którym podlegamy systemowi ocen. Wyobraźmy sobie, że wykonywanie określonego zawodu wymaga kilku podstawowych umiejętności. Pracodawca, który prowadzi rozmowę, próbuje ustalić, czy kandydat posiada każdą z tych umiejętności w wystarczającym stopniu. Właściwie, przeprowadza sprawdzian dla każdej z tych umiejętności i jeśli kandydat nie zda któregoś z tych sprawdzianów, nie otrzymuje pracy. W takim razie, jeśli wyobraźmy sobie, że pracodawca daje oceny za każdą potrzebną umiejętność, to nie może on na końcu dodać je do siebie. On faktycznie mnoży je przez siebie tak, że gdy jedna z ocen jest równa zeru-wpadka w jednym sprawdzianie - iloczyn wynosi zero i kandydat nie dostaje pracy.

Uczniowie wiedzą o tym, ale mogą nie uświadamiać sobie, że to jest przykład egzaminu, w którym egzaminator wymaga rzeczywistego sukcesu. Gdy uczniowie staną się dojrzałsi, a ich wiedza poszerzy się i pogłębi, możemy im powiedzieć, że również w sprawdzianie z fizyki zero za jedną część pytania może bardzo zaszkodzić, gdy zamiast dodawania będziemy mnożyć składowe oceny.

Wyobraźmy sobie pytanie, które składa się z trzech części: pierwsza trywialna, druga rutynowa, a trzecia wymagająca dobrego rozumienia. Uczeń, który nauczył się na pamięć odpowiedniego

materiału może, po dojściu do trzeciej części, pokazać, że naprawdę nic nie rozumie. W tym przypadku właściwą oceną za całe zadanie powinno być zero. Jeśli damy mu częściową ocenę za pierwsze dwie części, to możemy go przekonać, że nawet skrawki wiedzy wyuczone na pamięć mogą się liczyć.

Zanim postawimy zero za odpowiedź, w której uczeń ujawnił duży brak zrozumienia, powinniśmy ostrzec uczniów o takiej możliwości. Czasami daję ostrzeżenie w postaci następującej historyjki, która jest powodem dziwnego tytułu dla tej rozprawki o ocenianiu.

Historia o fabryce marynatów

Wyobraźmy sobie kontrolera, który odwiedza fabrykę marynatów, aby ocenić jakość jej produktów. Sprawdza on jakość zalewy octowej i daje jej 15 punktów na 20 możliwych, następnie bada ogórki i daje im 8/10. Kalafiory są raczej marne, stąd tylko 8/20, i tak dalej dla wszystkich składników. Wyobraźmy sobie, że całkowita suma, po dodaniu, wynosi 75/100. Kontroler nie może jednak powiedzieć: "Marynaty są w 75% dobre, ocena bardzo dobra", ponieważ w jednym ze słoików z marynatami znalazł zdechłą mysz. Fabryka jest zrujnowana.

Zasada "zdechłej myszy" ostrzega uczniów przed przyjęciem założenia, że mogą uzyskać pozytywną ocenę na podstawie częściowych odpowiedzi na różne fragmenty pytania, gdy w zasadniczej jego części okaże się, że nie rozumieją zupełnie materiału. Jak w czasie rozmowy z pracodawcą - odkrycie poważnego braku umiejętności przekreśla całą odpowiedź.

Wyobraźmy sobie, że uczeń spytany o przykład na trzecią

zasadę dynamiki Newtona daje przykład na pierwszą zasadę. To świadczy o tym, że jego sformułowanie III zasady jest tylko papuzim powtórzeniem. Jeśli za każdą część pytania dajemy maksymalnie 5 punktów, to sędzę, bylibyśmy tak niemądrzy, jak ten uczeń, gdybyśmy dodali 5 + 0 i powiedzieli, że jego odpowiedź jest w 50% poprawna. Powinniśmy zamiast tego pomnożyć oceny.

Pytanie:

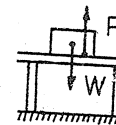
a/ sformułuj III zasadę Newtona

b/ i daj przykład

Odpowiedź ze "zdechłą myszą"

a/ Akcja = -Reakcja

b/



F - reakcja stołu

$$F = -W$$

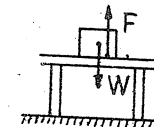
W - ciężar książki

Prawda; ale jest to przykład na I zasadę dynamiki, a nie na III.

Odpowiedź ze "zdechłą myszą"

a/ Akcja = -Reakcja -----> 5

b/



$$F = -W \quad \leftarrow \text{-----} \rightarrow \quad 0$$

$$\frac{5+0}{2} \quad ? \quad \text{czy} \quad \sqrt{5 \times 0} \quad ?$$

### Nagradzanie - egzaminator jest ludzki

W Indii spotkałem się z humanitarną metodą traktowania ocen podczas egzaminu wstępnego obejmującego kilka przedmiotów. Wybitne osiągnięcia w jednym z przedmiotów mogą skompensować braki w innym. Gdy rozpatrujemy oceny kilku uczniów, większość z nas stosuje taką bonifikatę nieformalnie. Powinniśmy być skłonni do rozszerzenia takiego traktowania ocen na egzaminy dla dużych grup, ale w tym przypadku należy przestrzegać pewnej reguły, która zapewni szybkie stosowanie kompensacji do obliczenia średniej bez straty widzenia wyników wyjściowych. Musimy określić minimalną ocenę za "słabe" przedmioty, poniżej której nagradzanie nie będzie stosowane. Poza tę wyjątkową sytuacją, zanim wystawimy ocenę końcową, odejmujemy kilka punktów od ocen najwyższych i dodajemy ustaloną ich część do ocen niskich.

### Specjalna bonifikata - egzaminator jest elastyczny

Czasami egzaminator, po przeczytaniu wielu uczniowskich odpowiedzi nagle znajduje ucznia, który daje nową, możliwą do przyjęcia odpowiedź, która jednak nie mieści się we wcześniej przyjętym schemacie oceny. Zamiast poprawiania schematu i zaczynania wszystkiego od początku, egzaminator zrobiłby rozsądniej dając takiemu uczniowi specjalną bonifikatę za jego szczególnie dobrą odpowiedź. Ma to wartość indywidualnej pochwały, która z pewnością dobrze wpłynie na wyniki nauczania tego ucznia. Jest to także dobra wskazówka dla ucznia: ten egzaminator jest elastyczny.

### Zadania karne

Te nie jest specjalny rodzaj zadań. Nazwa wskazuje jedynie na szczególny powód umieszczenia zadania w sprawdzianie - naszym celem jest ukaranie ucznia, za to, że nie przeczytał pewnego

rozdziału, nie wykonał starannie określonego eksperymentu lub opuścił lekcję. Obecność pytania w sprawdzianie może być usprawiedliwiona, gdy dotyczy ważnych spraw, gdy powodem jego umieszczenia w takście jest, przede wszystkim chęć wzmocnienia lub nagrodzenia dyscypliny.

Uwaga "to jest pytanie karne" może być używana jako komentarz w dyskusji wśród egzaminatorów. Najlepiej użyć go jako środek do wyrażenia delikatnej wątpliwości i spytać czy rozsądne jest włączyć takie pytanie do sprawdzianu.

### Zadania dyscyplinujące

Są one podobne do zadań karnych, ale nie mają charakteru tak ostrej wymówki. Pytanie dyscyplinujące zadajemy wtedy, gdy chcemy powiedzieć uczniowi, że musi znać to, o co pytamy - być może będzie z tego korzystał w przyszłości. Pytanie nie musi koniecznie wymagać pełnego rozumienia fizyki, ma raczej kontrolować wiedzę. Termin ten czasem przydaje się jako odpowiedź na zarzut, że pytanie jest karne.

## ROŻNE TYPY SPRAWDZIANÓW - ROŻNE EFEKTY DYDAKTYCZNE

### Pytania krótkich odpowiedzi

Jest to forma pytania, której używaliśmy bardzo często podczas seminarium. Na arkuszu egzaminacyjnym po każdym pytaniu /lub po każdej części pytania złożonego/ zostawia się kilka pustych linii tak, aby uczeń mógł wpisać swoją odpowiedź. Nie ma wtedy wątpliwości, na które pytanie lub część pytania uczeń odpowiada, a puste miejsca dają również wskazówkę, jak

długiej odpowiedzi egzaminator się spodziewa. Pytanie takie pozwala na tzw. twórcze pisanie - odpowiedź sformułowana będzie własnymi słowami ucznia. Daje to nie tylko pewną swobodę w twórczym wyrażeniu swoich myśli, ale stwarza także sytuację, w której uczniowie o różnych zdolnościach i wiedzy dają różne odpowiedzi.

#### Sprawdziany lustrzane

Co dają uczniom wyniki egzaminu? Jeśli tylko nie opuścili go z powodu choroby lub strachu, wyniki mogą dać bardzo potrzebną ocenę ich pracy i określenie wzorca. Większość dobrych uczniów chce mieć sprawdziany, dzięki którym mogliby zobaczyć swój postęp. Do tego celu, podobnie jak wszystkie inne formy sprawdzianów, służą sprawdziany lustrzane. /Każda kobieta nie minie lustro, aby nie spojrzeć jak wygląda, a to co proponuję jest właśnie lustrem, w którym można się przeglądać/. Sprawdzian lustrzany jest zwykłym testem lub egzaminem skonstruowanym, podanym i sprawdzanym starannie i z zachowaniem zwykłych formalności, a potem zwróconym uczniom bez notowania gdziekolwiek uzyskanych przez uczniów ocen. W ten sposób, chociaż wymagamy przez uczniów poważnego traktowania takich sprawdzianów, wyniki stają się wyłącznie ich prywatną sprawą.

Gdy do ucznia wróci lustrzany test z wypisaną na nim liczbą uzyskanych punktów, spyta on prawdopodobnie, jak interpretować taki wynik - czy jest to bardzo dobrze, dobrze, czy niedostatecznie? Musimy mu odpowiedzieć, ale nie powinniśmy podawać pełnej listy z nazwiskami uczniów i punktami - prowadziłyby to do pustej rywalizacji. Możemy jednak podać wyniki całej grupy na

histogramie i pozwólmy każdemu uczniowi zobaczyć na nim swoje miejsce. Na histogramie możemy zaznaczyć wartości odpowiadające stopniom szkolnym /b.dobry, dobry, dostateczny/, ale powinny one zależeć od tego, czego spodziewamy się od uczniów w tej konkretnej grupie, w przypadku tego konkretnego testu. Nie powinny opierać się na tradycyjnym rozkładzie procentowym.

Porażka w teście lustrzanym nie musi pociągać za sobą porażki w kursie. Można ją uważać za objaw złego stanu zdrowia. Niektórzy uczniowie, gdy poraz pierwszy spotykają się z kursem, który nastawiony jest na rozumienie, zaskoczeni, spostrzegłszy jego niezwykłość, ciągle pokładają nadzieję w uczeniu się na pamięć. Sprawdzian, we wczesnym etapie, pomaga im zauważyć nowy cel. Pierwszy sprawdzian może wywołać szok, z którego sprawdzian lustrzany w sposób rozsądny i pomocny ich wyprowadzi. Na początku próbowałem dawać sprawdzian spełniający wszystkie wymogi formalne, a dopiero po ogłoszeniu ocen oferowałem "wersję lustrzaną". Każdy uczeń, który sobie tego życzył mógł prosić o usunięcie z zapisu swojej oceny za sprawdzian. W tym przypadku luka, która powstała w zapisie ocen mogła być wypełniona na podstawie ocen z późniejszych sprawdzianów. W czasie, gdy dokonałem takiej próby, więcej niż połowa grupy wybrała "wersję lustrzaną", a dokładniejsza analiza pokazała, że większość z nich na tym zyskała. Innymi słowy, ocena, która została wpisana w lukę później była wyższa niż ocena uzyskana w pierwszym sprawdzianie. Skoro późniejsze sprawdziany odpowiadały wzrastającej wiedzy uczniów i były co najmniej tak samo trudne, ktoś mógłby nie spodziewać się, że ocena kompensująca będzie wyższa, chyba, że uczeń był w szczególnie złej sytuacji po pierwszym sprawdzianie. Sądzę, że wielu było

w złej sytuacji: nie przewidywali, jak będziemy naciskać na rozumienie w naszym sprawdzianie. Dla nich "wersja lustrzana" była humanitarnym sposobem dostosowania się do nowych celów.

#### TESTY: KORZYSCI I NIEBEZPIECZENSTWA

##### Testy

Pytanie testowe składa się z dwóch części. Pierwsza z nich zawiera określone polecenia, druga - przewidywane odpowiedzi. Testy powstały częściowo jako opozycja przeciwko niejasności pytań-rozprawek, które pozostawiały ucznia w niepewności co do zakresu wymagań, a egzaminatorom pozwalały na swobodny ich wybór, co powodowało, że oceny nie były /w technicznym sensie/ pewne.

W przypadku testów egzaminatorzy byli zmuszeni do starannego przemyślenia wszystkich rzeczy, o które chcieli spytać ucznia i umieszczenia każdej w oddzielnym pytaniu. Ponieważ każde takie oddzielne pytanie miało określoną przewidywaną odpowiedź, możliwe stało się zapisanie egzaminu na specjalnym formularzu, tak że sprawdzać i oceniać mogła maszyna lub żywy egzaminator pracujący z dokładnością maszyny. Na każde pytanie oferowano kandydatowi pięć odpowiedzi do wyboru. Spodziewano się, że wybierze najlepszą i dotknie ołówkiem miejsce obok niego. W ten sposób grafitem ołówka zamykał obwód elektryczny, za pomocą którego stwierdzono czy wybór był dobry czy nieprawidłowy.

Forma testów zapożyczona została z testów inteligencji, gdy powolne, ale dokładne testowanie indywidualne według wzoru Bineta-Simona zastąpiono testami pencil-and-paper /ołówki i papier/, które mogły być stosowane dla wielu dzieci jednocześnie. Rozwinęły

się także inne formy zadań: prawda-fałsz, wielokrotnego wyboru, w których kilka z pięciu odpowiedzi do wyboru może być poprawnych. Mając do pomocy nowoczesne maszyny możemy śmiało przyjmować bardziej wyszukane sposoby oceny: najwyższą ocenę za szczególnie zaawansowaną odpowiedź, dobrą ocenę za jedną lub więcej rozsądnych odpowiedzi i być może ujemną ocenę za bardzo złą odpowiedź. Tę ostatnią, którą koledzy nazywają "ośłą odpowiedzią" można by przyznawać za wybór odpowiedzi szczególnie atrakcyjnej dla uczniów bezmyślnych i wykazujących wyjątkową nieznaną materiału.

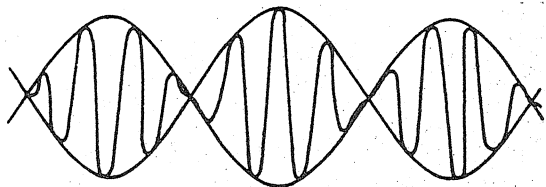
#### PRZYKŁADY TESTÓW

Podczas Seminarium nie zajmowaliśmy się szczegółami techniki konstrukcji testów. Jednakże, część pytań została ułożona w formie "pięciu odpowiedzi do wyboru" i one znalazły się w naszej kolekcji.

Jako podstawę do ułożenia pytań testowych, dla których kilka odpowiedzi jest prawidłowych i trzeba wskazać je wszystkie, proponowałem różne właściwości temperatury krytycznej gazu. Choć tylko cztery lub pięć propozycji odpowiedzi jest potrzebnych do tego typu pytania, uczestnicy entuzjastycznie wymyślili dużą ich liczbę - znalazły się one na późniejszych stronach.

- 
20. Ciało spadające w powietrzu może poruszać się ze stałą prędkością, ponieważ:
- A. Całkowita siła działająca na ciało jest równa zeru.
  - B. Ruch ma zawsze stałą prędkość.
  - C. Przyspieszenie ziemskie  $/g/$  zmienia się wraz z odległością.
  - D. Gęstość powietrza zmienia się wraz z wysokością.
  - E. Gdy zwiększa się prędkość, maleje przyciąganie ziemskie.
- 

21. Rysunek przedstawia superpropozycję /złożenie/ dwóch drgań.



Taki układ może powstać przez złożenie:

- A. Dwóch drgań o tej samej amplitudzie, zgodnych w fazie.
  - B. Dwóch drgań o tej samej amplitudzie, które mają prawie takie same częstotliwości.
  - C. Dwóch przeciwnych drgań o tej samej amplitudzie.
  - D. Dwóch drgań o tej samej częstotliwości i prawie takiej samej amplitudzie.
  - E. Dwóch drgań o tej samej amplitudzie i okresie.
- 

Podobnie jak w przypadku testów inteligencji, zestawy testów są produkowane i sprzedawane na wolnym rynku. Niektóre z nich są bardzo dobre, ale zawsze istnieje niebezpieczeństwo, że ten kto układał testy źle rozumie cele nauczania i uczenia się, których osiągnięcie testy te mają mierzyć.

Wielu egzaminatorów zgłaszało obiekcje co do schematu pięciu gotowych odpowiedzi do wyboru i wymagania, aby uczeń dokonał wyboru jednej, chociaż w dalszym ciągu krytykowano brak precyzji pytań-rozprawek. Gdy nastąpił rozwój maszyn sprawdzających i oceniających, egzaminatorzy z zadowoleniem, że zaoszczędzą pracy, skłonni byli przyjąć testy. Tam, gdzie egzaminy powszechne miały rozprzestrzenić się na wiele regionów różniących się sposobem nauczania i poziomem wiedzy nauczycieli, takie obiektywne testy wydawały się przedstawiać oczekiwaną unifikację i wydawały się sprawiedliwsze niż inne formy egzaminów. Z drugiej strony, gdy testy z fizyki /science/ dają się uczniom o różnym poziomie wiedzy i zdolnościach, wybór jednej "najlepszej" odpowiedzi często okazuje się nietrafny dla uczniów najzdolniejszych. Podczas gdy przeciętni uczniowie znajdują odpowiedź prawidłową, tak jak zaplanował twórca testu, uczniowie o wyjątkowej wiedzy lub przenikliwości mogą zauważyć, że inna z oferowanych odpowiedzi jest nawet lepsza, ale maszyna oceniająca policzy im ten wybór jako błąd.

Na to niebezpieczeństwo zwrócono uwagę w ostatnich latach. Dla pytań, które wymagają jedynie prymitywnego odtworzenia z pamięci nie ma żadnych wątpliwości, ale trudno jest być pewnym, że pytanie wymagające gruntownej wiedzy jest zamknięte w sposób bezpieczny, a jeśli w pytaniu zawarty jest element twórczego myślenia /imaginative guessing/ trudności konstrukcji stają się eks-

tremalne dla tego typu testów.

W ostatnich latach, w wielu częściach świata na korzyść egzaminów testowych przemówiły dwie sprawy:

a/ nauczanie rozszerzone zostało na większą część populacji. W związku z tym zwiększyła się lub powinna się zwiększyć liczba egzaminów i testów, ale bez odpowiedniego wzrostu liczby egzaminatorów.

b/ koszty pracy - w tym przypadku płace egzaminatorów wzrosły znacznie więcej niż koszty materiałów i maszyn. Wraz z rozwojem komputerów szybkie stało się maszynowe sprawdzanie, szybka stała się również analiza statystyczna.

Użycie testów i maszyn sprawdzających do egzaminów publicznych różnego rodzaju spowodowało, że nauczyciele nabrali praktyki w przygotowywaniu uczniów do nich, a testy wprowadzone zostały do rutynowego nauczania. Wraz z kilkoma nowymi programami nauczania dostarczono specjalnie dla nich przygotowane zbiory testów.

Prawdopodobnie w wielu częściach świata państwowe lub uniwersyteckie komisje egzaminacyjne mogą odczuwać nacisk społeczny, aby używać testy. Dla sprawdzenia prostej wiedzy testy wydają się być bardzo dobre, na przykład w nauczaniu języka do zmierzenia postępów w pisaniu i gramatyce. Do pomiaru głębszych wartości rozumienia w nauczaniu języka, takich jak umiejętność wypowiedzi, ocena poezji, przydatność testów jest raczej wątpliwa. Chociaż mogą być one skonstruowane tak, aby ich celem był pomiar rozumienia, wiążą się jednak z tym dwie trudności:

## 22. TESTY WIELOKROTNEGO WYBORU

Pytanie dostarczające więcej informacji o uczniu poleca wybrać wszystkie prawdziwe odpowiedzi. Uczeń dowiaduje się, że dwie lub trzy spośród pięciu mogą być poprawne. Oto wiele propozycji dotyczących temperatury krytycznej zgłoszonych przez uczestników. Niektóre z nich są, zgodnie z zamierzeniami autorów prawdziwe, a niektóre - fałszywe. /W rzeczywistym pytaniu podaje się tylko 5 odpowiedzi do wyboru/.

Określenie temperatury krytycznej. Poniżej zamieszczono różne stwierdzenia dotyczące temperatury krytycznej  $T_k$  substancji. Powyżej temperatury  $T_k$  substancja zachowuje się jak gaz, a poniżej zachowuje się jak para i ciecz. Wskaż na te stwierdzenia, które uważasz za prawdziwe.  
 $T_k$  jest temperaturą, w której:

- A. trzy fazy znajdują się w równowadze,
- B. siły przylegania nie są w stanie utrzymać dłuższej cząsteczek w kontakcie,
- C. dwie fazy mogą istnieć razem,
- D. praca sił elektromagnetycznych staje się istotna,
- E. możemy otrzymać samą parę nasyconą,
- F. gaz nie spełnia II prawa Hooke'a,
- G. gęstość pary = gęstość cieczy,
- H. wartość drogi swobodnej jest minimalna,
- I. nie obowiązuje zasada nieokreśloności,
- J. gaz posiada minimalną energię wewnętrzną,
- K. napięcie powierzchniowe wynosi zero,

L.  $d^2p/dV^2 = 0$

M.  $E_k$  cieczy =  $E_k$  gazu

N. wyznacza granicę między dwoma stanami,

P. jest minimalną temperaturą, w której  $pV = \text{const.}$ .

Powyżej  $T_k$ :

Q. możliwe jest skroplenie gazu przez proste zwiększenie ciśnienia, pod którym występuje,

R. gaz straci swoje własności paramagnetyczne,

S. gaz zaczyna tworzyć plazmę,

T. nie obowiązuje dalej równanie stanu,

U. mamy do czynienia jedynie z gazem.

Poniżej  $T_k$ :

V. mamy ciecz i parę,

W. zawsze jest możliwe skroplenie gazu przez zwykłe oziębienie.

---

a/ Jak wspomniano wyżej, pytanie testowe o rozumienie wymaga znacznie staranniejszego przygotowania w porównaniu do łatwych do zrobienia testów wiadomości /prymitywne przypomina-  
nie/. Stąd egzaminatorzy odczuwają ciągłą pokusę, aby układać pytania wymagające prymitywnego przypomnienia lub prostego od-  
tworzenia, nawet gdy sami nastawieni są na rozumienie. Gdy tes-  
ty konstruowane są dla potrzeb komercyjnych, wtedy nacisk na to,  
aby zrobione były szybko i aby unikać pytań, które mogłyby spot-  
kać się z krytyką, może nadać całemu procesowi kierunek daleki  
od sprawdzenia rozumienia.

b/ Uczniowie pracując nawet z najlepszymi, najbardziej fa-  
chowo zrobionymi testami /które mogą naprawdę sprawdzać rozu-  
mienie i mówić uczniom, że to robią/ wkrótce tracą poczucie  
rozmowy z inteligentnym egzaminatorem i zaczynają przybierać  
postawę, która może być bardzo szkodliwa dla nauczania.

TESTY: OSTRZEŻENIE

Jako przykład niebezpieczeństwa wynikającego z niestaran-  
nego przygotowania testu przytoczyłem uczestnikom problem "sa-  
mochodu królewskiego".

---

Problem "samochodu królewskiego"

Każde z poniższych stwierdzeń jest prawdziwe z wyjątkiem  
jednego. Wskaż nieprawdziwe stwierdzenie.

Samochód królewski jest:

A. Fordem 1970,

B. niebieskim Chevroletem,

C. czerwonym modelem wyścigowym,

D. specjalnym modelem z bia-  
łymi oponami,

E. modelem sportowym z au-  
tomatyczną skrzynią  
biegów.

---

Jeśli uczeń musi wybrać jedno nieprawdziwe stwierdzenie  
wierząc, że pozostałe cztery są prawdziwe, powstaje poważne nie-  
bezpieczeństwo, że może to zrobić korzystając z czystej logiki bez  
potrzeby odwoływania się do wiedzy o materiale, z którego jest



egzaminowany.

Jeśli ta sama cecha /np. metal/ występuje w dwóch podanych twierdzeniach, to cecha ta nie może być nieprawdziwa, ponieważ spowodowałaby nieprawdziwość obu twierdzeń, podczas, gdy jest tylko jedna nieprawdziwa. Podobnie, jeśli para wykluczających się cech /takich jak czerwony i niebieski albo metal i niemetal/ pojawia się w dwóch stwierdzeniach, to jedno z nich musi być nieprawdziwe.

Bez względu na to, jak mądre i sprytne pytania zawiera, test staje się dla ucznia pewnego rodzaju grą podobną do wypełniania krzyżówki. Uczniowie przyzwyczajają się do serii szybkich wyborów, na podstawie ogólnego sensu eliminują odpowiedzi nieprawdopodobne i zrećźnie zgadują, ale bez chwili głębszego zastanowienia się. W ten sposób serie wielu testów mogą zmieniać obraz przedmiotu nauczania, który wytwarza sobie uczeń. Inne formy egzaminowania mogą być bliższe współczesnemu nauczaniu i uczeniu się i dlatego prawdopodobnie będą decydującymi czynnikami w odnowie kształcenia.

#### NAUCZANIE STEROWANE EGZAMINAMI. KOREPETYCJE.

Jeśli pytania egzaminacyjne żądają znajomości faktów, wymagają prymitywnego przypominania, formalnych definicji, opisów eksperymentów i rozwiązywania problemów rutynowymi metodami, uczniowie mogą przygotować się do nich przez intensywne studia tuż przed egzaminem. Nauczyciele mogą pomóc skutecznie uczniom przez specjalne nauczanie ukierunkowane takimi pytaniami egzaminacyjnymi. Takie nauczanie nazywamy "korepetycjami", gdy prowa-

dzi je specjalny korepetytor. Spotykamy się nawet ze szkołami, które pomagają opóźnionym uczniom zdać egzamin. /W Polsce rolę taką pełnią różne kursy przygotowawcze - uwaga tłum./.

Korepetycje mogą koncentrować się na uczeniu się na pamięć do egzaminu, bez zwracania uwagi na rozumienie, dając praktykę nabywaną przy przechodzeniu od pytania do pytania wziętego ze starych egzaminów. Jest to szkodliwe z punktu widzenia kształcenia zarówno dlatego, że daje zły obraz przedmiotu studiów, jak i dlatego, że buduje tylko chwilowy bank zapamiętanego materiału. Metodę taką możemy nazwać "nadziewaniem" - tak, jak nadziewa się gęś. /Jest zaskakujące, że w wielu krajach, gdzie "nadziewanie" jest przeważającym sposobem nauczania, nie ma ono tak pejoratywnej nazwy/.

W ten sposób, dodatkowa pomoc w postaci fachowych korepetycji, przebiegająca całe widmo możliwości od charytatywnego nauczania, aby "pomóc kulawemu psu przeskoczyć płot", aż do krótkoterminowej komercyjnej perwersji w nauczaniu, mogą doprowadzić do sukcesu w egzaminie, który wymaga odpowiedzi formalnych i zapamiętania materiału. Zdolny, ale leniwy uczeń może działać tak, jak jego własny korepetytor, odkładając naukę aż do krótkiego czasu przed egzaminami, a potem czytając i ćwicząc wyłącznie pod kątem egzaminu.

Jak dalece jednak mogą pomóc korepetycje, gdy pytania egzaminacyjne żądają rozumienia, którego podstawą jest gruntowna wiedza? Nawet najbardziej rutynowany korepetytor nie potrafi przelać uczniowi skutecznie rozumienia tuż przed sprawdzianem. Ani intensywne zapamiętywanie, ani zręczne zgadywanie spodziewanych pytań dużo nie pomogą. Dlatego też, w przypadku programu,

w którym nauczanie i egzaminowanie ukierunkowane jest na rozumienie, korepetycje będą rzadkie, chyba że staną się po prostu przedłużeniem normalnego nauczania, prowadzonym przez cały rok. Możemy przyjąć jako kryterium nauczania dla rozumienia, że korepetycje, które mogą być tak produktywne w innych warunkach, są znacznie mniej potrzebne.

Możemy rozszerzyć nawet to kryterium na regularne nauczanie w szkole lub college'u w miesiącach poprzedzających główne egzaminy. Jest już tradycją spędzenie wielu tygodni na "powtórkach", aby "szlifować" tematy, które prawdopodobnie pojawią się na egzaminie. W przypadku nauczania i egzaminowania, którego celem jest sprawdzenie rozumienia, takie powtórki prawdopodobnie niewiele pomogą - za wyjątkiem ulżenia w strachu<sup>x</sup>.

Jednakże, gdy będziemy się przeciwstawiać korepetycjom i minimalizować znaczenie powtórek, będziemy mieć wielu nieszczęśliwych uczniów i rodziców. Do nauczyciela może przyjść jedno z rodziców i powiedzieć: "Mój syn jest bardzo dobrym uczniem i koniecznie chce kształcić się dalej. Wydaje mu się jednak, że powinien więcej czasu poświęcać na uczenie się fizyki. Chciałby powtórzyć ją do egzaminów, aby dobrze je zdać. Proszę pomóc zorganizować dla niego korepetycje". Co możemy powiedzieć tak szcze-

<sup>x</sup> Gdy rozmawiam z nauczycielem o jednym z nowych programów i wyrażam zdanie o jego pracy, opieram swój osąd na jego stosunku do powtórek. Jeśli uważa, że powtórki są bardzo ważne i poświęca im dużo czasu, wątpię, czy on rzeczywiście realizuje program, którego celem jest rozumienie.

remu rodzicowi? Poza wyjaśnieniem, że nauczanie fizyki idzie teraz w innym kierunku, powinniśmy dać trochę rad praktycznych. Sądzę, że powinniśmy spróbować zaoferować kurs alternatywny lub, przynajmniej, alternatywne egzaminy, w których sumienne uczenie się na pamięć byłoby nagradzane. /Mówimy o tym w oddzielnym rozdziale/. Nie powinniśmy tego uważać za porażkę naszych nadziei - jest to zmiana polityki, potraktowanie po ludzku dużej części populacji naszych uczniów. Z biegiem czasu możemy zmienić ich stosunek do nauczania i egzaminów.

#### SPOSÓB OBLICZANIA OCEN.

W większości programów nauczania - szczególnie w tych, które zakładają "kontrolę bieżącą" - oceny muszą być składane. To znaczy, że ocena końcowa ucznia powstaje z dodania do siebie ocen z różnych sprawdzianów /lub z różnych rodzajów aktywności, takich jak egzamin czy laboratorium/.

Podczas Seminarium, od czasu do czasu pojawiał się problem składania ocen. Uczestnicy chcieli, oczywiście, aby proces składania był sprawiedliwy dla uczniów, a jednocześnie, aby można było właściwie ocenić osiągnięcie celów nauczania. Z tego powodu wygłosiłem referat na temat nieformalnych technik oceniania. Opisałem także szwedzki system ocen i wykorzystania testów.

#### Ważenie składników

Każdy, kto uczy, musi zdecydować, jakie współczynniki wagi chce przypisać różnym składnikom, na przykład:

ocena za test 1	ocena za test 2	ocena za laborat.
40%	40%	20%

Przypuśćmy, że zdecydujemy, że najodpowiedniejszymi wagami będą takie, jak powyżej. Nie wystarczy jednak pomnożyć ocen przez 0,4; 0,4; 0,2 ponieważ oceny /surowe wyniki/ mogą różnić się we wszystkich trzech przypadkach swoją rozpiętością. Najpierw musimy znormalizować te trzy oceny, a dopiero potem zastosować współczynniki wagowe. Dla przykładu załóżmy, że:

oceny z testu 1 rozciągają się od 40 do 80 punktów z medianą ok. 60,

oceny z testu 2 rozciągają się od 80 do 160 punktów z medianą ok. 120,

oceny z laboratorium rozciągają się od 75 do 85 punktów z medianą ok. 80.

Aby znormalizować oceny z testu 1 i testu 2 w naszym wymyślonym przykładzie należy oczywiście, wziąć dla każdego ucznia połowę jego oceny za test 2 /przy niezmienionej ocenie za test 1/. Te dwa składniki mają równe współczynniki wagowe, możemy je więc dodać /ocena za test 1 + 1/2 oceny za test 2/. Nie powinniśmy jednak mnożyć oceny za laboratorium przez 0,2 jeśli chcemy dodać ją do całości. Ze względu na jej wąską rozpiętość /od 75 do 85 punktów/ dodalibyśmy każdemu uczniowi prawie stałą wartość około 80 punktów, co spowoduje, że dodanie oceny za laboratorium nie miałoby zauważalnego wpływu na ostateczne miejsce ucznia na liście porządkującej uczniów według uzyskanych wyników.

Zanim dodamy ocenę za laboratorium, powinniśmy rozciągnąć skalę ocen porównywalnie do skali za test 1. Przybliżony, nieformalny sposób dokonania tego polega na porównywaniu szerokości rozkładu na histogramie każdego składnika. Dla każdego składnika

Dane	Test 1	Test 2	Laboratorium
Kwartyle $Q_1$	70	141	82
$Q_3$	50	99	77
$Q_1 - Q_3 = QQ$	20	42	5
Czynnik normalizacyjny $N$	1	$\frac{20}{42} = \frac{1}{2,1}$	$\frac{20}{5} = 4$
Czynnik normalizacyjny $N'$ /zaokrąglony/	1	$\frac{1}{2}$	4
$QQ^X = QQ \times N'$	20	21	20
Współczynnik wagowy	0,4	0,4	0,2
$QQ^{XX} = QQ^X \times W$	8	8,2	4
Współczynnik całkowity	$1 \times 0,4 = 0,4$	$\frac{1}{2} \times 0,4 = 0,2$	$4 \times 0,2 = 0,8$
Współczynnik całkowity pomnożony przez 5, aby ułatwić mnożenie	2	1	4

określamy tę szerokość poprzez znalezienie oceny każdego kwartyla, tj. oceny ucznia, który znajduje się na pozycji wyznaczającej 1/4 długości listy uczniów uporządkowanych pod względem ocen /od najlepszej do najgorszej/ oraz oceny ucznia znajdującego się na pozycji wyznaczającej 3/4 długości tej listy, licząc od góry. Oceny te nazywamy  $Q_1$  i  $Q_3$ . Różnica między nimi /odległość międzykwartyłowa/  $QQ$  jest dobrą miarą rozpiętości ocen za ten składnik. W związku z tym tworzymy histogramy ocen dla każdego składnika, znajdujemy dla każdego  $QQ$  i szukamy takich czynników, przez które pomnożone odpowiednie  $QQ$  dadzą taką samą wartość. Po dokonanej w ten sposób normalizacji stosujemy współczynniki wagowe.

Przypuścimy, że po narysowaniu histogramów dla naszych wymyślonych sprawdzianów otrzymujemy dane, które zaznaczono na poprzedniej stronie. W celu normalizacji decydujemy się pozostawić oceny za test 1 bez zmian. Wtedy powinniśmy użyć czynnika  $1/2$ , aby otrzymać znormalizowane oceny za test 2 z  $QQ$  równym 20, takim samym jak dla testu 1 oraz powinniśmy użyć czynnika 4, aby otrzymać znormalizowane oceny za laboratorium z  $QQ$  również równym 20. Jednakże, znając nieokreśloność jakiegokolwiek systemu oceniania, byłoby niemądre brać pod uwagę różnicę między  $1/2$  a  $1/2,1$ ; dlatego też używamy zaokrąglonej wartości  $N'$ , otrzymując wartości  $QQ$  prawie równe.

Teraz stosujemy określone przez nas współczynniki wagowe  $W$  /0,4 i 0,2/, aby otrzymać składowe do końcowej oceny. Te składowe przyjmują wartości  $QQ^{XX}$ .

Oczywiście, w praktyce nie dokonujemy dwóch oddzielnych mnożeń. Mnożymy czynnik normalizacyjny i współczynnik wagowy,

aby otrzymać jeden czynnik, przez który mnożymy surowe wyniki każdego ze składników.

Z dwóch współczynników  $N'$  i  $W$ , pierwszy uzgadnia rozkłady statystyczne; potrzebny jest ze względu na nasz dobór skali ocen i sposób ich przyznawania. Używamy go, aby wyniki składowych sprawdzianów uczynić porównywalnymi. Współczynnik  $W$  wynika z decyzji "politycznych" - dobieramy go zgodnie z naszymi celami. Możemy powiedzieć uczniom, że został zastosowany współczynnik  $N'$  przy obliczaniu wyników końcowych, ale nie ma potrzeby podawać im szczegółów. Dobór współczynników  $W$  powinniśmy podać uczniom, gdy chcemy podkreślić ważność niektórych naszych celów.

#### Kontrola ciągła lub bieżąca

Rośnie krytyka formalnych końcowych egzaminów, które u wielu uczniów /studentów/ powodują psychiczne urazy, lęk przed takimi przełomowymi wydarzeniami w ich karierze. Sposobem na uniknięcie wielu stressów jest kontrola bieżąca.

Podczas kontroli bieżącej nauczyciel notuje postępy ucznia w pracy w klasie, obserwuje jego umiejętności i sukcesy w laboratorium, konstruuje sprawdziany, które formułuje w znanym klasie słowniku, co jest bardziej zrozumiałe dla uczniów i daje bardziej bezpośrednie informacje o uczniu. Nauczyciel rozmawia z innymi ludźmi, którzy znają tego samego ucznia: nauczycielami, dyrektorem szkoły, lekarzem, pedagogiem szkolnym, rodzicami i oczywiście z samym uczniem. Oceny, powiedzmy z fizyki, są przede wszystkim zdeterminowane postępami w fizyce - nauczyciel ma dużą liczbę sprawdzianów i zapisów pracy w tym przedmiocie, ale stawiając ocenę może wziąć pod uwagę i inne czynniki.

Jeżeli wyniki kilku testów nie współgrają z oceną końcową, powstają wątpliwości czy jest ona zgodna z przyjętymi normami - urzędnicy, rodzice i sami uczniowie mogą żądać dobrego obliczenia oceny. Mimo jednak wielu testów powstają wątpliwości, gdy porównuje się oceny różnych nauczycieli i w różnych szkołach. Jak długo centralne władze oświatowe będą żądały ocen standaryzowanych /aby porównać nauczycieli lub szkoły/ i jak długo uczelnie wyższe będą potrzebowały ocen, aby wybrać kandydatów na studia, pewne porównania między różnymi grupami uczniów /studentów/ są potrzebne. Rozwiązaniem tego problemu wydają się być egzaminy ISMETA /nazwę tworzą pierwsze litery angielskich słów "wewnętrznie przeprowadzony i oceniony, zewnętrznie przeanalizowany"/. Szwedzki system edukacyjny ma chyba najlepszą ich formę. Nauczyciele układają własne testy, prowadzą własne notatki i sami oceniają swoich uczniów, ale władze centralne raz w roku dostarczają test standaryzowany, z przepisem jak go oceniać w postaci obszernego wzorca. Nauczyciel używa tego wzorca, aby znormalizować swoje kryteria oceny, ale nie zmienia usytuowania uczniów względem siebie. Władze centralne /i uniwersytety/ mogą korzystać z ocen z różnych szkół, ponieważ są one mniej lub więcej w tej samej skali. Dużą zaletą tego systemu jest to, że w związku z normalizacją żadne listy uczniów nie są wysyłane do instytucji centralnych. Cały proces ma na celu kalibrowanie skali ocen nauczyciela i najdalej, jak to jest możliwe, chroni jego prawo do własnej oceny ucznia od wpływów z zewnątrz.

Ustalenie wzorca do poprawiania sprawdzianu. W wielu częściach świata uczniowie myślą, że egzaminator oblewa określony procent klasy, a nauczyciele mają takie same odczucia co do ko-

misji egzaminacyjnych z zewnątrz. Aby uniknąć tego zarówno w opiniach jak i w praktyce, możemy narzucić pewien ramowy, bezwzględny wzorzec w następujący sposób. Przed czytaniem odpowiedzi uczniowskich nauczyciel bardzo starannie zapoznaje się z treścią arkusza egzaminacyjnego. Następnie, stawiając się w myśli w roli ucznia, stara się ustalić minimum osiągnięć, które mogą być uznane za wystarczające. Innymi słowy, egzaminator wyobraża sobie "minimum" i zastanawia się nad każdym pytaniem: "Czy spodziewam się, że odpowie mi na to w sposób pełny, w połowie, w jednej czwartej czy w ogóle nie?" Każdy egzaminator dodaje punkty, które zdobył jego "minimalny" uczeń. Suma wskaże na granicę między oceną niedostateczną a dostateczną. Zauważmy, że takie rozważania związane są ściśle z określonymi pytaniami egzaminacyjnymi. Następnie nauczyciel wyobraża sobie innego ucznia - na granicy między dostatecznym a dobrym. Sumuje jego wyniki i w ten sposób ma już ustalone dwa punkty na swojej skali ocen /jak dwa punkty na skali termometrycznej/.

/Zanim egzaminator nabierze jednak pewnej praktyki, trudne jest wyobrażenie sobie dobrego ucznia na tyle, aby jasno określić wynik, jakiego się po nim spodziewamy. Ja sugeruję takie żartobliwe kryterium. Uczeń lepszy niż dobry zna materiał tak dobrze, że jeśli jego kolega klasowy opuścił trochę zajęć, to może on wytłumaczyć mu je i robi to z większym pożytkiem niż szkoda. Uczeń gorszy niż dobry może także znać materiał, ale jego rozumienie jest innej jakości i zrobiłby więcej szkody niż pożytku/.

## ROŻNI UCZNIOWIE - ROŻNE ZDOLNOŚCI - ROŻNE SPRAWDZIANY

Podczas naszego Seminarium konstruowaliśmy głównie sprawdziany dla uczniów zdolnych i zainteresowanych fizyką /także dla studentów fizyki/, którzy powinni w odpowiedziach ujawniać gruntowną wiedzę i dobre rozumienie. Jednakże wielu uczniów w szkole lub college'u jest zobowiązanych uczyć się fizyki w ramach zdobywania ogólnego wykształcenia i przychodzi na fizykę z zainteresowaniami daleko od niej odbiegającymi i słabymi kwalifikacjami. Jeśli mają oni wynieść jakieś przyszłe korzyści, powinniśmy dać im możliwość odniesienia sukcesu. Student fizyki może z przyjemnością dokonywać przekształceń algebraicznych i szukać rozwiązań, odczuwając dumę z sukcesu. Większość studentów - niespecjalistów, nie podziela entuzjazmu fizyków - profesjonalistów i nie uzyskuje takich sukcesów, aby mieć powód do dumy. W wielu krajach, w miarę, jak wyższe studia oferowane są coraz to większej liczbie studentów, staje się to poważnym problemem.

W klasie reprezentującej grupę uczniów o różnych zdolnościach i zainteresowaniach wiemy, jak dać dobrą ocenę lub słowa pochwały uczniom najlepszym, ale tragedią jest obdarowanie oceną "niedostatecznie" słabego ucznia. Nawet gdyby to był uczeń leniwy - zatrzasujemy przed nosem drzwi gościowi, który przyszedł odwiedzić naszą fizykę. Co można zrobić, aby uniknąć edukacyjnych szkód, które wyrządzane są młodym ludziom przez zalew przeciętności lub złych ocen? Dydaktycy w pełni świadomi problemu proponują panacea takie jak: programy bez ocen, sprawdziany z otwartą książką, podziały uczniów /studentów/ na oddzielne

grupy ze względu na zdolności i szybkość uczenia się, wewnętrzne egzaminy konstruowane przez nauczyciela, bieżąca ocena. Jednakże żadne lekarstwo prawdopodobnie, nie będzie skuteczne, jeśli egzaminy będą drogą do prestiżu i korzyści zawodowych.

Wszystkie rodzaje sprawdzianów, w tym także zwykłe egzaminy z fizyki, wykorzystywane są przez pracodawców jako testy inteligencji, przez uniwersytety jako egzaminy wstępne. Oczywiście, sensownie jest wymagać egzaminu wstępnego z fizyki na studia uniwersyteckie fizyki, chemii, matematyki, ... Prawdopodobnie mądrze jest żądać sprawdzianu z fizyki /i innych przedmiotów/ przy wstępowaniu do szkół medycznych. Jednakże ambicją uczniów i rodziców, a także, w dobrej wierze władz oświatowych, jest skłonić do kursów fizyki wielu innych uczniów, którzy uważają je za nudne i którzy oblewają potem egzaminy. Dla nich jakkolwiek metodę byśmy nie wybrali, otrzymamy w końcu to samo niepowodzenie. Czy wyjątkiem nie byłoby nauczanie bez stawiania ocen, a być może bez żadnych sprawdzianów? Nie, ponieważ uczniowie i rodzice będą żądali jakiejś liczby, słowa lub dokumentu stwierdzającego osiągnięcia w określonym kierunku.

Być może my, jako profesjonalisci, postępujemy jak w sporcie, chwalamy jedynie tych, którzy odnoszą najwyższe sukcesy. Pewne jednak noty i oceny są potrzebne dla późniejszego życia w naszej obecnej strukturze cywilizacji, a niektóre są chciane przez wielu uczniów /studentów/ dla siebie, dla własnego poczucia bezpieczeństwa i postępu. Dlatego też sugeruję dwa sposoby stawiania czoła temu problemowi zamiast omijania go:

### I. Sprawdziany wejściowe zamiast sprawdzianów wyjściowych.

Zgadzam się z prof. Leo Nedelsky'm, że egzaminy powinny być

konstruowane i używane raczej jako egzaminy wejściowe do następnego szczebla kształcenia niż jako egzaminy wyjściowe, dające przegląd tego, co było zrobione. Egzaminami wyjściowymi nazywam egzaminy, które spoglądają do tyłu na zakończony kurs /lub jego część/. Egzaminy wyjściowe wynikają ze zwyczaju, mogą być powierzchowne i szkodzić naszemu nauczaniu. Z drugiej strony, sprawdzian wejściowy, dopuszczający do dalszego nauczania lub zatrudnienia jest zupełnie inną sprawą. Jeśli uczeń /student/ go obleje, mówimy: "Przykro mi, nie jesteś przygotowany".

Gdy uczeń zda sprawdzian wejściowy, pozwalamy mu uczęszczać na nowy kurs i nie potrzebujemy dawać mu innych sprawdzianów, być może, za wyjątkiem sprawdzianów lustrzanych. Testem wejściowym, w pewnym sensie, opłaca on kurs, na który zamierza uczęszczać - bez dalszych sprawdzianów, chyba że podchodzi on do egzaminów wejściowych na następne szczeble kształcenia. Jego świadectwo lub dyplom zawierałyby słowa: Zdał egzamin wejściowy do "Rachunku Różniczkowego" i uczęszczał na kurs. Porażki nie byłyby notowane w jego świadectwie. Nie byłoby zapisu w postaci: "Nie zdany egzamin wejściowy do "Termodynamiki".

Oto przykład z nauczania matematyki. Przypuśćmy, że w pewnej szkole uczy się algebry przez kilka lat i kończy kurs ćwiczeniem kilku formalnych metod, takich jak np. rozwiązywanie układów równań kwadratowych. Sprawdzian wyjściowy powinien zawierać kilka układów takich równań. Niepowodzenie w operowaniu odpowiednią maszyną mogłoby prowadzić do surowego: "Oblałeś. Nie jesteś dobry". Jaki ma to związek z wymaganiami, które stawia ludziom życie, w sensie wymagań robienia dobrze tego, co

się potrafi, w sensie doskonałości i zainteresowania zawodem? Z drugiej strony, jeśli niektórzy uczniowie chcieliby uczęszczać na kurs rachunku różniczkowego, jakiś sprawdzian wejściowy byłby usprawiedliwiony.

Co byłoby wymagane na sprawdzianie wejściowym do rachunku różniczkowego? Prawdopodobnie byłby to test sprawdzający odpowiednią wiedzę z algebry, być może znajomość rozwinięcia dwumianu, ale głównie ogólną sprawność ucznia w operowaniu wyrażeniami algebraicznymi. Jednakże węzłową trudnością w rachunku różniczkowym jest nowe pojęcie - pojęcie granicy. W związku z tym powinno się ułożyć test sprawdzający gotowość przyjęcia nowych idei, elastyczności umysłu, itp. Można to sprawdzać, chociaż w sposób mało pewny, ale nawet mało udany test sam w sobie jest dobrym sygnałem dla uczniów. Tym, którzy zdadzą taki sprawdzian wejściowy szkoła lub college powinny oferować kurs rachunku różniczkowego, dostosowany do możliwości uczniów, bez dalszych sprawdzianów w ciągu kursu aż do sprawdzianu wejściowego przed następnym kursem.

Niektórzy studenci przechodząc od przedmiotu do przedmiotu zdawaliby niekończące się serie sprawdzianów wejściowych, łączących się w ciągły proces uczenia się przez zbieranie doświadczeń z różnych specjalności. Dla wielu studentów /uczniów/ egzaminy końcowe na uczelni /w szkole/ są, w pewnym sensie, egzaminami wejściowymi w życie. Gdy mówimy tak, wygląda na to, jakbyśmy powrócili do obecnego sposobu traktowania egzaminów końcowych jako egzaminów wyjściowych z danej dyscypliny lub, być może, jako wstęp do pracy zawodowej. Jednakże, jeśli myślimy o nich jako o sprawdzianach wejściowych w życie, to powin-

niemy na nowo spojrzeć na problemy dotyczące ich odpowiedniości.

Jakie egzaminy powinno się oferować jako egzaminy wejściowe w życie? Jest to fundamentalne pytanie dydaktyczne, zwykle nie wygłaszane w takiej formie. Kwestia ta może pobudzić do rozważań na temat przyszłego pokolenia młodych ludzi. Podczas naszego seminarium przenikała ona w wielu momentach nasze dyskusje.

## II. System sprawdzianów podwójnych.

Bądźmy rzetelni: są różne poziomy wiedzy i są różni uczniowie /studenci/, a więc powinniśmy nasze wymagania dobierać sprawiedliwie.

Wiemy, że uczniowie o dużych zdolnościach i zainteresowaniach potrafią uczyć się fizyki ze zrozumieniem i odczuwać przy tym przyjemność - mogą także potrzebować tego jako przygotowanie do dalszych studiów. Jednak wielu innych uczniów o różnych zainteresowaniach zapamięta jedynie materiał faktyczny lub manipulacje aparaturą. Nie powinniśmy pogardzać takim dzieckiem lub je zniechęcać, gdy jest ono dumne, że zna masy atomowe lub gdy potrafi wyrecytować tuzin równań chemicznych. Uczeń, dla którego elektromagnetyzm jest zbyt trudny, może rzeczywiście być dumny z obliczania układów oporów elektrycznych połączonych szeregowo i równoległe i powinniśmy w pełni to uznać. Uczeń, który potrafi zmierzyć okres drgania wahadła z dokładnością do 0,01s lub połączyć obwód elektryczny z lampami zasługuje na pochwałę za swoje umiejętności niezależnie od tego czy wie coś czy nie wie o prostym ruchu harmonicznym lub o znaczeniu różnicy potencjałów. Dlatego też proponuję przygotować dwa arkusze testowe dla tego samego kursu za każdym razem, gdy mamy jakiś test lub egzamin powiedzmy, jeden we wtorek i jeden w czwartek. Niech

sprawdzian wtorkowy sprawdza znajomość informacji, a sprawdzian czwartkowy wymaga rozumienia fizyki. Takiego podziału nie utrzy-  
małbym w tajemnicy i nazwał publicznie:

Sprawdzian wtorkowy - wiedza fizyczna

Sprawdzian czwartkowy - myślenie twórcze w fizyce

Uczniom wolno byłoby zdawać jeden ze sprawdzianów lub oba, ale zanim się zdecydują, każdy z nich otrzymywałby listę wymagań do pewnych przyszłych zawodów sporządzoną w trzech kolumnach:

Kolumna A zawierałaby zawody i kursy zawodowe, dla których wystarczyłyby dobre oceny ze sprawdzianów wtorkowych.

Kolumna B zawierałaby zawody itd., wymagające dobrych ocen ze sprawdzianów czwartkowych.

Kolumna C zawierałaby zawody itd., wymagające dobrych ocen z obu sprawdzianów.

Gdy rozmawiam z kolegami, pytam ich o sugestie co do kolumn A, B, C. Fizycy ciągle roztrząsają każdą propozycję do listy A, za wyjątkiem, być może, pozycji "młody bibliotekarz naukowy bez ambicji na awans". Oczywiście, jest wiele odpowiednich kandydatur do kolumny A. Są to zawody wielu nie-przyrodników, którzy potrzebują pewnej znajomości fizyki do osiągnięcia ogólnego wykształcenia. Jeśli martwimy się z powodu uczniów, którzy wybrali sobie miejsce w kolumnie A, powinniśmy zanotować jednak trzy powody do zadowolenia:

1. Jeżeli sprawdziany czwartkowe wydają się nieodpowiednie i zniechęcające dla ucznia, powinien on wybrać tylko sprawdziany wtorkowe, a my powinniśmy postarać się, aby go zadowolili;
2. Właśnie poprzez nasz akt jasnego opisu obydwu sytuacji,



które uczniowie także widzą na podstawie pytań, możemy sprawić, że niektórzy uczniowie zdecydują się uczyć ze zrozumieniem;

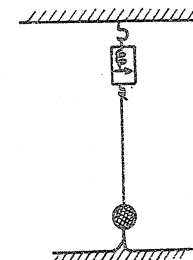
3. Sprawdziany wtorkowe nie muszą pytać jedynie o "prymitywne przypomnienie", ale w delikatny sposób mogą iść dalej, a z biegiem czasu, możemy je utrudniać.

#### UZUPEŁNIENIE. PYTANIA SKONSTRUOWANE PODCZAS SEMINARIUM.

/Pewną liczbę pytań podano w ramach na poprzednich stronach. Nie zostały wybrane dlatego, że są lepsze od pozostałych, ale dlatego, że ilustrują różne aspekty zadań. Większość zadań, które zostały skonstruowane podczas seminarium podano w poniższym zbiorze. Nie zostały one przedstawione w jakimś szczególnym porządku. Wyjątek stanowią zadania testowe, które zebrano razem/.

23. W kabinie samolotu zawieszono u sufitu wahadło.

Faktycznie koniec nici wahadła zaczepiony jest do dynamometru, który wisi na haku przymocowanym do sufitu /zobacz rysunek/. Masa dynamometru jest do pominięcia w porównaniu z masą wahadła.



Gdy samolot znajdował się na ziemi w pozycji horyzontalnej, na jego podłodze, tuż pod wahadłem zrobiono znak. Ciężar wahadła można było odczytać na dynametrze. Samolot wystartował.

- A. Co o ruchu samolotu może sądzić obserwator znajdujący się w kabinie w każdym z następujących przypadków?:
- a/ Kiedy wahadło przesunie się w kierunku ogona samolotu, ale nie zmieni się położenie wskazówki dynamometru?
  - b/ Kiedy wahadło przesunie się w kierunku ogona, a dynamometr wskaże więcej?

- c/ Kiedy wahadło jest w położeniu początkowym, a dynamometr wskazuje również początkowy ciężar?
- d/ Kiedy wahadło znajduje się w położeniu początkowym, a dynamometr wskazuje więcej?

Uwaga: W niektórych przypadkach obserwator może wywnioskować o dwóch lub więcej możliwych sytuacjach. W każdym z takich przypadków podaj wszystkie możliwości.

B. Jakie zjawiska może spostrzec obserwator poza wymienionymi wyżej? Opisz je i zinterpretuj.

24. Staraj się przez 10s pchać z całej siły słup telegraficzny.

- a/ Jak dużą pracę wykonałeś?
- b/ Dlaczego czujesz się zmęczony?

25. Natężenie prądu płynącego przez żarówkę, na której zaciskach panuje różnica potencjałów 220V, wynosi 2,2A.

- a/ Jaka jest moc żarówki?
- b/ Jakie byłoby natężenie prądu, gdyby żarówkę podłączyć do napięcia 110V?

26. a/ Podaj prawo odbicia i załamania światła.

- b/ Zdefiniuj elektronowolt.
- c/ Podaj definicję ciepła właściwego.

27. Zamknięty wagon porusza się z przyspieszeniem  $\bar{a}$ . Wewnątrz wagonu znajduje się człowiek, wahadło i szybko rosnące rośliny.

- a/ Jaki kąt będzie tworzyć wahadło ze ścianami wagonu?
- b/ Jaki jest kierunek wzrostu roślin?
- c/ Przypuśćmy, że wahadło zostało wprawione w ruch. Jaki jest jego okres wahań w porównaniu z okresem wahań, gdy wagon nie porusza się?

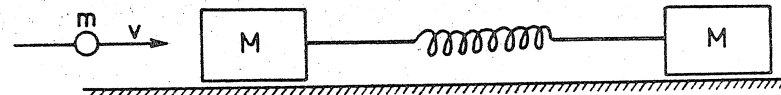
28. Opisz sytuację, w której różnica potencjałów na końcach baterii jest większa niż jej SEM. Uzasadnij odpowiedź.

29. Ile molekuł powietrza znajduje się w atmosferze ziemskiej?

Uwaga: Nie należy uczniom podawać żadnych danych liczbowych.

30. Rozpatrzmy układ naszkicowany poniżej. Stół jest pozbawiony tarcia. Przyjmijmy, że czas od chwili wniknięcia ciała o masie  $m$  do bloku o masie  $M$  do chwili zatrzymania się go w tym bloku jest do pominięcia.

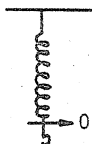
- a/ Jaka jest prędkość środka masy po zderzeniu?
- b/ Jakie jest maksymalne ściśnięcie sprężyny?
- c/ O czym mówi fakt, że czas  $t$  potrzebny do zatrzymania się ciała o masie  $m$  w bloku o masie  $M$  jest znikomo mały? Oszacuj wielkość  $t$ .



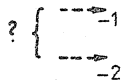
31. a/ Wyjaśnij, dlaczego ciężki blok może pozostawać w równowadze, jeśli przyciskasz go ręką do ściany. /Zrób założenie, że  $f_{\text{ręka-blok}} = f_{\text{blok-ściana}}$  /.
- b/ Przeanalizuj działające siły rysując odpowiednie diagramy, takie, jakie uznasz za niezbędne.
- c/ Czy siły tarcia zmieniają się, jeśli naciśniesz blok z siłą dwa razy większą niż w przypadku /a/?  
Jeśli tak, to dlaczego?

32. Stały współczynnik sprężyny  $k = 50 \text{ N/m}$ .

a/ Określ graficznie pracę, jaka jest potrzebna aby rozciągnąć ją z pozycji  $0,9 \text{ m}$  do pozycji  $1,7 \text{ m}$ , biorąc za położenie początkowe stan równowagi.



b/ Narysuj wykres zależności siły od wydłużenia sprężyny i oblicz pole obszaru pod krzywą dla wydłużenia równego  $x$ .



c/ Oblicz wykonaną pracę jako zmianę energii potencjalnej sprężystości i porównaj ją z rezultatami znalezionymi graficznie. Jaki stąd wyciągasz wniosek?

33. Temperatura topnienia substancji A i B, podobnych chemicznie wynosi odpowiednio  $-101^\circ\text{C}$  i  $-7^\circ\text{C}$ . Korzystając z teorii

kinetycznej i biorąc za punkt wyjścia rozumowania stan substancji w temperaturze  $0^\circ\text{K}$  odpowiedz na następujące pytania:

- a/ Co sądzisz o siłach międzycząsteczkowych w obu substancjach?
- b/ Która substancja ma wyższą temperaturę wrzenia?
- c/ Która substancja ma wyższe ciepło topnienia?
- d/ Która ma niższą temperaturę krytyczną?

/Jest to forma przejściowa - w połowie dyskusji - pobudzająca do rozmowy nad dobrym sformułowaniem i związkami między nauczaniem fizyki i nauczaniem chemii/.

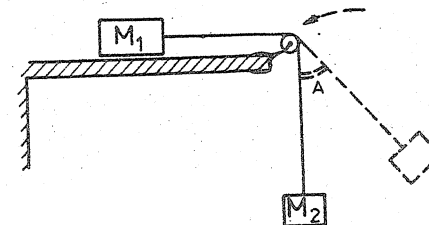
Typowe pytania krótkich odpowiedzi

34. Winda jedzie w dół ze stałym przyspieszeniem  $3\text{m/s}^2$ . Wysokość kabiny wynosi  $2,5 \text{ m}$ . W sekundę po starcie z sufitu kabiny odrywa się śrubka.

- a/ Ile czasu potrzebuje nąto, aby dotrzeć do podłogi kabiny?
- b/ Z jaką prędkością względem pasażerów śrubka udeży o podłogę?
- c/ Jaka jest to prędkość względem obserwatora na ziemi?
- d/ Z jaką prędkością porusza się winda w momencie, gdy śrubka uderza o podłogę?

/Pytanie krótkich odpowiedzi wymagające złożonego odtworzenia/.

35. Rozpatrzmy układ naszkicowany poniżej. Ciało o masie  $M_2$  zostało odchylone o kąt  $A_0$  i puszczone swobodnie.



a/ Jak zmieni się naciąg liny, gdy kąt wychylenia zmieni się od  $A=0$  do  $A=A_0$ ?

b/ Jakim ruchem poruszają się masy  $M_1$  i  $M_2$ ?

36. /Twórca tego pytania zadał pytanie: Czy jest wskazane umieszczać w sprawdzianie zadania tego typu, aby wzbudzić dyskusję na temat języka?/ Poniżej znajdziesz pewną liczbę wyrażen i twierdzeń wziętych z różnych źródeł. Skomentuj każde z nich w świetle wiedzy, którą nabyłeś na lekcjach fizyki.

a/ "Ograniczenie prędkości do 30 mil": "ciśnienie w oponie 22 funty";

b/ "Temperatura  $20^{\circ}\text{C}$  jest dwukrotnie większa niż  $10^{\circ}\text{C}$ ";

c/  $500\text{ cm}^3$  przy  $20^{\circ}\text{C}$  /napis na kolbie/;

d/ "Woda płynęła z wielką siłą";

e/ "Niszcząca siła ognia";

f/ "Pracowałem ciężko aby się nauczyć";

g/ "Energiczny krytyk";

h/ "Został zabity przez prąd 2000 V".

Pytanie rozszerzone w czasie dyskusji:

37. Dwie cząstki o jednakowych masach  $m_1=m_2=10\text{g}$  poruszają się naprzeciw siebie z taką samą prędkością  $100\text{ m/s}$ . Gdy cząstki te są w odległości większej niż  $2\text{ m}$  od siebie, nie oddziałują ze sobą. Gdy odległość ta jest mniejsza niż  $2\text{ m}$ , pojawia się stała siła odpychająca równa  $200\text{ N}$ .

a/ Jaka jest odległość między cząstkami przy największym zbliżeniu?

b/ Jak duże czasu upływa od chwili, gdy odległość między nimi wynosi  $2\text{ m}$  do chwili największego zbliżenia?

c/ Jaka jest wartość energii kinetycznej każdej z cząstek w chwili największego zbliżenia? Jak się ta wartość ma w porównaniu do wartości początkowej?

d/ Jak długo cząstki te oddziałują ze sobą?

e/ Jaka jest całkowita wartość energii kinetycznej w chwili zakończenia oddziaływania. Jak się ona ma do wartości początkowej?

f/ Opisz rzeczywistą sytuację opisywaną przez ten model.

g/ Narysuj wykres zależności pędu każdej z cząstek od jej położenia.

h/ Narysuj wykres zależności pędu każdej z cząstek od czasu.

i/ Narysuj wykres siły działającej na każdą cząstkę w zależności od jej położenia.

j/ Narysuj wykres energii kinetycznej każdej cząstki w zależności od jej położenia.

k/ Narysuj wykres energii potencjalnej każdej cząstki w zależności od jej położenia.

l/ Porównaj j/ z k/. Jaki wyciągniesz wniosek?

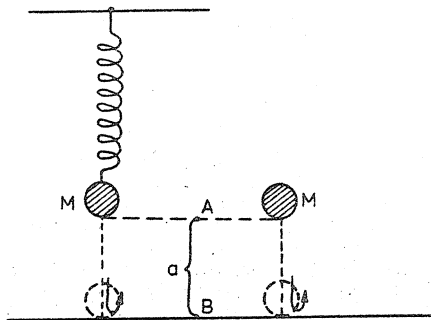
/Ta seria pytań krótkich odpowiedzi pokazuje, jak pytanie może rozwinąć się w dyskusji. Oryginalne pytanie zawierało jedynie części a, b, c, d, e. Pozostałe 7 części dodano i przedyskutowano później. Niektórzy uważali to pytanie za długie, ale zgodziliśmy się, że różnorodność jego części sprawia, że wyma-

ga ono odtworzenia złożonego./

38. Ciało o masie  $M$  zawieszono na sprężynie wykonuje pionowe drgania o amplitudzie  $AB=a$ . Inne ciało sferyczne o masie  $M$  spada swobodnie z wysokości  $AB=a$  na poziomą, sztywną podłogę. W ten sposób oba ciała poruszają się w górę i w dół między A i B. Czy ruchy te są takie same?

Przeanalizuj podobieństwa i różnice między nimi.

/Nie bierz pod uwagę krótkiego czasu, w którym kula kontaktuje się z ziemią. Zaniedbaj opór powietrza i masę sprężyny/.



39. W procesie przebiegającym adiabatycznie pewien układ przeszedł w sposób odwracalny ze stanu początkowego do stanu końcowego. Które z następujących twierdzeń dotyczących tej przemiany są prawdziwe? Wyjaśnij, dlaczego tak sądzisz?

- a/ Wykonana praca zależy od procesu adiabatycznego łączącego oba stany.
- b/ Jeśli w postaci ciepła nie przepływa żadna energia, praca nie jest wykonywana.
- c/ Energia wewnętrzna nie zmienia się.

d/ Dla wszystkich procesów adiabatycznych łączących oba stany wykonana praca jest taka sama.

e/ Energia wewnętrzna układu jest różna, w zależności od procesu adiabatycznego, któremu układ podlega.

40. Przyspieszenie Coriolisa  $a_c$  dane jest wzorem:

$$|\vec{a}_c| = |2 (\vec{\omega} \times \vec{v})| = 2 \omega v \sin \varphi$$

gdzie  $\vec{\omega}$  jest prędkością kątową,  $\vec{v}$  - prędkością względną i  $\varphi$  jest kątem między  $\vec{\omega}$  i  $\vec{v}$ . Kierunek  $\vec{a}_c$  jest jednocześnie prostopadły do  $\vec{\omega}$  i  $\vec{v}$ .

Samochód znajdujący się na  $45^\circ$  szerokości geograficznej północnej porusza się na północ wzdłuż prostej autostrady ze stałą prędkością 80 km/h. Określ wielkość przyspieszenia Coriolisa uzyskanego przez samochód.

Przyjmij założenie, że przyspieszenie to pozostaje stałe i znajdź położenie samochodu względem południka po 1 godzinie jazdy ze stałą prędkością. Skomentuj swój wynik.

Czy błąd spowodowany przyjęciem założenia, że  $a_c$  jest stałe, jest znaczący? Jak jest w rzeczywistości? Wymień trzy zjawiska w przyrodzie, które mogą być wyjaśnione przez istnienie przyspieszenia Coriolisa.

/Jest to pytanie na poziomie uniwersyteckim. Zawiera interesujący zbiór poleceń, rozciągających się od prostych obliczeń do złożonego odtworzenia, a nawet myślenia wymagającego wyobraźni/.

Pytania w formie testowej:

Uczeń otrzymuje pytanie i 5 odpowiedzi, sformułowanych w postaci twierdzeń, opisów itp., z których powinien wybrać najlepszą. Aby uniknąć nieporozumień lub zarzutów w przypadkach, gdy kilka odpowiedzi wydaje się prawdziwych lub gdy, innym razem, żadna z odpowiedzi nie wydaje się być całkowicie prawdziwa, zwykle wymagamy wyboru "najlepszej" lub "najbardziej odpowiedniej".

41. Na mały samolot działają następujące siły:

- a/ jego ciężar,
- b/ siła ciągu śmigła,
- c/ siły wznoszące działające na skrzydła /skierowane do góry/,
- d/ opór powietrza.

Jeśli samolot wznosi się ze stałą prędkością, to jesteśmy pewni, że:

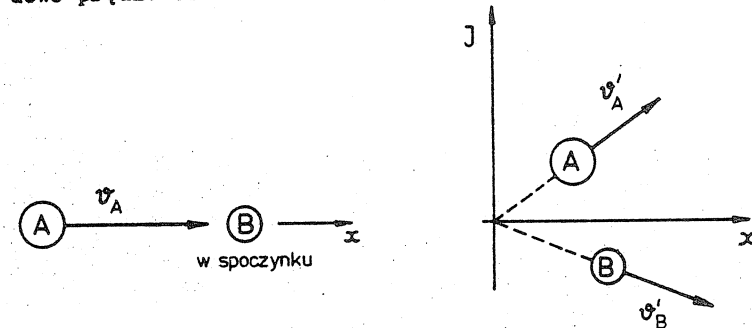
- A. Siła ciągu śmigła jest większa niż suma pozostałych sił.
- B. Siła wznosząca działająca na skrzydła jest większa niż ciężar samolotu.
- C. Ciężar jest mniejszy niż wypadkowa pozostałych sił działających na samolot.
- D. Wypadkowa wszystkich sił działających na samolot jest zero.
- E. Opór powietrza jest mniejszy niż wypadkowa pozostałych sił.

42. Wyobraź sobie, że robisz zdjęcie fotograficzne pewnego obiektu znajdującego się w odległości ok. 1 m od aparatu.

Ognisko obiektywu aparatu znajduje się:

- A. przed błoną fotograficzną,
- B. w połowie odległości między obiektywem a błoną fotograficzną,
- C. tuż za błoną,
- D. przed błoną, w odległości równej połowie ogniskowej obiektywu.

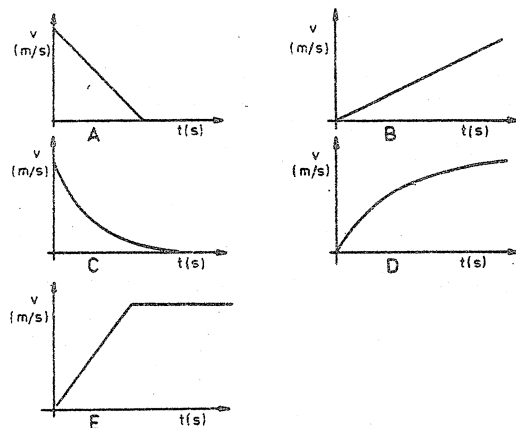
43. Ciała A i B zderzają się ze sobą tak, jak pokazano na rysunku. Nie ma oddziaływania ze światem zewnętrznym. Wszystkie składowe prędkości obu ciał leżą w płaszczyźnie XY.



Które z następujących stwierdzeń jest prawdziwe?

- A. Zachowanie pędu zależy od tego, czy zderzenie jest sprężyste czy niesprężyste.
- B. Pojawiła się składowa pędu w kierunku Y.
- C. W żadnym kierunku pęd nie jest zachowany.
- D. Pęd jest zachowany we wszystkich kierunkach.
- E. Pęd jest zachowany zawsze, poza wyjątkiem, jaki stanowią cząstki elementarne.

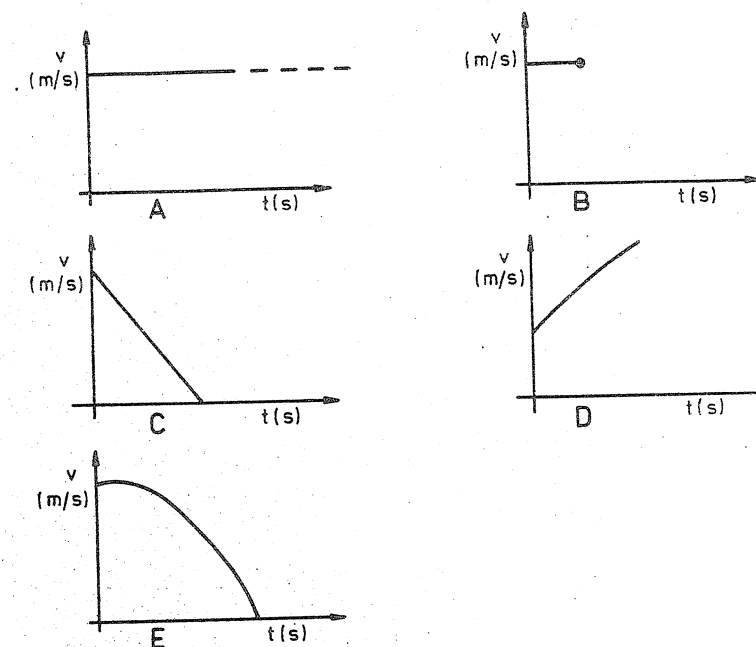
44. Ciało o małych rozmiarach, ale dużej masie, spada /bez prędkości początkowej/ z bardzo dużej wysokości. Jego ruch jest opisywany przez jeden z poniższych wykresów. Który ?



45. Gdy wóz straży pożarnej przy włączonej syrenie mija kogoś stojącego na ulicy, osoba ta słyszy inny dźwięk, gdy wóz zbliża się do niej, a inny, gdy się od niej oddala. Wybierz najlepsze wyjaśnienie tego faktu:

- A. Częstość dźwięku emitowanego przez syreny zmienia się wraz z ruchem pojazdu.
- B. Prawe ucho jest zwykle bardziej czułe niż lewe.
- C. Podczas ruchu pojazdu z dużą prędkością zmienia się średnie ciśnienie powietrza, co powoduje zaburzenia w rozchodzeniu się fal dźwiękowych.
- D. Gdy syrena zbliża się, więcej fal dźwiękowych dociera do ucha niż gdy się oddala.
- E. Prąd elektryczny, który zasila syrenę, zmienia się wraz z prędkością pojazdu.

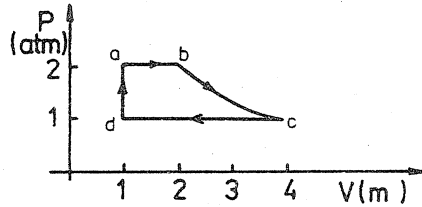
46. Który z następujących wykresów opisuje najlepiej ruch pozytonu, który poruszając się w powietrzu wpada w obszar stałego pola magnetycznego.



47. Które z następujących twierdzeń jest prawdziwe?

- A. Efekt fotoelektryczny jest dobrze wyjaśniony przez klasyczną teorię promieniowania elektromagnetycznego.
- B. Natężenie prądu fotoelektrycznego jest niezależne od natężenia światła, które ten prąd wywołuje.
- C. Maksymalna energia kinetyczna fotoelektronu jest niezależna od natężenia światła, które użyte jest do produkcji fotoelektronów.

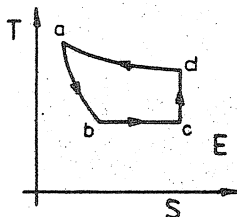
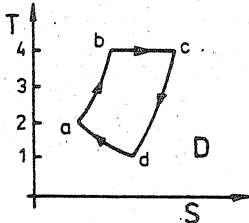
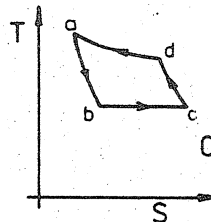
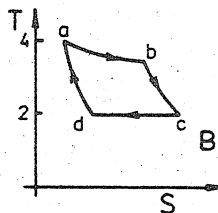
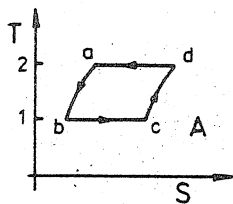
48. Wykres przedstawia pewien cykl termodynamiczny przemian gazu doskonałego.



I. Wybierz najlepsze z poniższych stwierdzeń:

- A. Praca wykonana przez gaz na drodze a-b jest taka sama, jak praca wykonana nad gazem na drodze c-d.
- B. Praca wykonana nad gazem na drodze d-a jest równa zeru.
- C. Jedyną przemianą, w której gaz wykonuje pracę, jest b-c.
- D. Gaz nie wykonuje pracy w żadnej z tych przemian.
- E. Gaz wykonuje pracę w przemianach a-b-c i sam jest poddany działaniu pracy w przemianach c-d-a.

II. Z poniżej narysowanych wykresów wybierz najlepiej opisujący ten sam cykl.



49. Gaz idealny rozpręża się do próżni w zamkniętym naczyniu.

Po rozprężeniu następuje:

- A. zmiana entropii,
- B. zmiana temperatury,
- C. zmiana fazy,
- D. zwiększenie ciśnienia,
- E. zwiększenie energii wewnętrznej.

50. Mamy naładowany i odizolowany od otoczenia kondensator płaski. Używając odizolowanych uchwytników zbliżamy do siebie okładki tego kondensatora. Które z następujących stwierdzeń jest prawidłowe?

- A. Ładunek na każdej okładce się zwiększa.
- B. Ładunek na każdej okładce się zmniejsza.
- C. Zwiększa się różnica potencjałów między okładkami.
- D. Różnica potencjałów między okładkami się zmniejsza.
- E. Wzrasta pojemność.

Pytanie typu "dziewczyna na nartach wodnych"

51. Moc 100 watów jest równoważna mocy 1500 cal/min. Żarówka oznaczona "100W, 220V" i podłączona do napięcia 220V może świecić przez wiele godzin, a mimo to jej włókno nie topi się. Poniżej podano kilka przyczyn, które wyjaśniają dlaczego włókno żarówki się nie topi. Napisz krótki komentarz do każdego proponowanego wyjaśnienia. Nie jest wymagane stwierdzenie czy dane wyjaśnienie jest prawidłowe, czy nie.



Egzaminatora interesuje jedynie Twój komentarz do każdego stwierdzenia.

- a/ Powyżej pewnej temperatury włókna cała dodatkowa energia, która jest dostarczana, uchodzi w postaci światła /kilka wykropkowanych wierszy na komentarz/.....
- b/ Nie całe ciepło wytwarzane przez prąd elektryczny idzie na wzrost temperatury włókna. Duża część przeznaczona jest na rozszerzenie włókna i całej lampy.....
- c/ Włókno jest wykonane z metalu o bardzo wysokiej temperaturze topnienia. Osiągnięcie tej temperatury wymagałoby kilku tygodni ciągłej pracy żarówki.....
- d/ Moc = /napięcie/<sup>2</sup>/ opór, a opór rośnie szybko wraz ze wzrostem temperatury, stąd przychodzi chwila, w której ciepło rozpraszane przez włókno jest tak małe, że nie może się ono więcej rozgrzać.....
- e/ Włókno wykonane jest z metalu o tak dużym ciepłe właściwym, że wzrost temperatury jest nieznaczny.....
- f/ Nieobecność tlenu w żarówce zapobiega stopnieniu włókna .....
- g/ Ruch elektronów wewnątrz włókna staje się ruchem stacjonarnym /bezwirowym/, co zapobiega stopnieniu się włókna.....

### Zadania Fermiego

Wiele ogólnych, grubych oszacowań, które proponował Fermi, nie było związanych z fizyką, stanowiły jednak przykład bardzo ważnego obszaru myślenia i działalności naukowca. Był to powód, dla którego zajmowaliśmy się szerokim wachlarzem "zadań Fermiego".

Oto "zadania Fermiego" dla dzieci, zaczerpnięte z podręcznika dla nauczyciela do kursu fizyki Nuffield /cz.1/.

Wybierz dwie z określonych poniżej wielkości i dokonaj, możliwie szybko, grubego ich oszacowania - są to zadania, które często muszą rozwiązywać nawet wielcy naukowcy:

- Liczba jaj, które dobra kura znosi w ciągu roku.
- Liczba litrów mleka, którą daje w ciągu roku przeciętna krowa.
- Liczba jednolitrowych butelek mleka, którą wypija w ciągu roku rodzina składająca się z dwojga rodziców i dwojga dzieci.
- Liczba listów, którą roznosi listonosz w ciągu roku.
- Liczba ziarenek piasku mieszcząca się w pełnej dłoni.
- Liczba igieł do szycia sprzedawana w twoim kraju w ciągu roku.
- Liczba gwiazd, którą widzisz gołym okiem na czystym niebie.
- Odległość w metrach między twoją sypialnią a gabinetem fizycznym.
- Ilość ziemniaków w kilogramach, którą twoja rodzina zjada w ciągu roku.
- Ilość ziemniaków w kilogramach, którą prawdopodobnie zjesz w ciągu twoich 20 pierwszych lat życia.
- Wysokość w metrach najwyższego drzewa lub najwyższego budynku w odległości nie większej niż 1 km od twojej szkoły.
- Liczba psów w twoim mieście lub gminie /nie licząc szczeniaków/.

52. Zadania Fermiego zaproponowane przez uczestników Seminarium:
- Jak dużo pracy wymagało zbudowanie piramidy Cheopsa?
  - Jak dużo kilowatogodzin ciepła można by otrzymać spalając wszystkie śmieci wytworzone w ciągu 1 dnia przez duże miasto?
  - Jak dużo podniósłby się poziom oceanów, gdyby stopiony został cały lód pokrywający region antarktyczny?
  - Oszacuj gęstość wnętrza Ziemi.
  - Oszacuj prędkość wody w największej rzece twojego kraju.
  - Oszacuj odcinek czasu, jaki upływa między kolejnymi zaćmieniami Księżyca.
  - Oszacuj energię wszechświata.
  - Oszacuj wielkość ciepła wytwarzanego i oddawanego do atmosfery w ciągu dnia przez wszystkich ludzi z całego świata.
  - Oszacuj energię, jaką zużywają w ciągu jednego dnia wszystkie radiostacje na całym świecie.
  - Oszacuj energię wydzielaną w postaci ciepła w ciągu doby przez wszystkie urządzenia elektryczne w twoim mieście.
  - Oszacuj koszty energii zużywanej na pokonanie tarcia w twoim mieście przez jedną dobę.
  - Oszacuj energię rozpraszaną w postaci ciepła przez sieć elektryczną zasilającą Montevideo.
  - Jak dużo zadrukowanych stron znajduje się w danej bibliotece?
  - Jak dużo ludzi mogłoby przeżyć za pieniądze stracone na papierosy?
  - Jaka jest maksymalna moc przypadająca na  $1m^2$ , którą można otrzymać z energii słonecznej?

- Ile bąbelków otrzymuje się po rozpuszczeniu jednej tabletki Alka-prim?
- Ile energii traci człowiek wożąc "Ratunku"?
- Ile czasu spędza się na przechodzeniu przez drzwi?
- Ile metrów przejedzie w dół i w górę windziarz w czasie swojego życia?
- Ile świateł elektrycznych znajduje się w Montevideo i jaka jest ich całkowita moc?
- Ilu ludzi straci pracę, jeśli każda kobieta na świecie kupi w ciągu roku jedną sukienkę mniej?
- Ile więcej metrów kwadratowych materiału należałoby wyprodukować, gdyby przejść z mini-spódniczek na maxi?
- Ile przeciętnie paliwa zużywa się w ciągu miesiąca na loty międzynarodowe?
- Ile razy w ciągu życia musisz przekręcić klucz w zamku?
- Ile energii traci Ziemia podczas jednej nocy?
- Ile razy podczas meczu kopana jest piłka?
- Oszacuj całkowitą zmianę pędu piłki tenisowej podczas jednego meczu.
- Oszacuj prawdopodobieństwo, że pierwsza osoba, którą spotkasz po wyjściu na ulicę, będzie leworęczna.
- Oszacuj liczbę kwiatów ścinianych na całym świecie podczas jednego dnia.
- Ile celulozy zamienia się na papier na całym świecie w ciągu roku?
- Człowiek idzie ulicą podczas ulewnego deszczu. Ile kropli wody spada na niego?
- Jaka byłaby ich liczba, gdyby człowiek biegł?

Jaką powierzchnię Ziemi pokryliby ludzie, gdyby wszyscy  
ustawili się jeden obok drugiego?

Ile wody znajduje się w chmurach?

Ile wody pitnej potrzebuje dwanaście krów w ciągu 12 dni?

Ile wody pitnej potrzebuje człowiek w ciągu 1 roku?

Ile wody znajduje się we wszystkich morzach i oceanach  
naszej planety?

Ile soli zawartej jest w tych morzach i oceanach?