

Badania struktur formalno-logicznych z zakresu fizyki na różnych poziomach nauczania

Arkadiusz Wiśniewski

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Pracownia Dydaktyki Fizyki

1. Wstęp

W ramach badań dydaktycznych prowadzonych w naszym ośrodku przeprowadzane są począwszy od 1984 roku badania struktur formalno-logicznych, dotyczące różnych działów fizyki jak mechanika, nauka o ciepłe, elektrostatyka, nauka o obwodach elektrycznych, magnetyzm i optyka. Badania te są prowadzone na różnych poziomach nauczania, począwszy od starszych klas szkół podstawowych (klasy V-VI), poprzez uczniów gimnazjów i szkół pogimnazjalnych, studentów pierwszych i następnie końcowych lat studiów, oraz także studentów studiów podyplomowych: przyrody, oraz fizyki z informatyką, gdzie badaniom są poddawani już często ukształtowani nauczyciele fizyki i przyrody. Podstawowym celem tych badań jest nie tyle skupienie się na fizycznej wiedzy osób badanych, ale przede wszystkim na rozumieniu i umiejętnościach stosowania podstawowych pojęć i praw fizycznych oraz struktury powiązań między poszczególnymi prawami i pojęciami w umysłach uczniów i studentów.

Narzędzia badawcze (testy) są tak konstruowane, aby mogły być stosowane do badania zarówno uczniów gimnazjum jak i studentów. W przypadku uczniów, którzy jeszcze nie zetknęli się z danym działem fizyki na lekcjach, a chodzi tu przede wszystkim o uczniów szkół podstawowych, zadania są formułowane językiem potocznym, bez użycia terminów fizycznych, ale sam problem często dotyczy interpretacji zjawiska, znanego uczniom i występującego również w testach stosowanych na wyższych poziomach nauczania. Jako narzędzia badawcze wykorzystuje się zarówno testy znane z międzynarodowej i krajowej literatury dydaktycznej [1,2,3,4,5,6,7], które przeszły wcześniej wszystkie procedury standaryzacji (takie zadania są przeważnie przerabiane na potrzeby naszych badań) jak również są przygotowywane zestawy pytań oryginalnych, które po przeprowadzeniu wstępnej standaryzacji są wykorzystywane w badaniach.

Z reguły w badaniach starano się ujawnić tak zwaną wiedzę potoczną uczniów i studentów, czyli wiedzę, którą uczniowie i studenci nie tylko posługują się na lekcjach fizyki, ale przede wszystkim w swoim codziennym życiu, czyli wiedzę operatywną, poszerzającą możliwości poszczególnych uczniów i studentów i ułatwiającą im życie we współczesnym świecie.

2. Przykłady zadań stosowanych w badaniach

Do badania znajomości, rozumienia i umiejętności stosowania różnych pojęć i wielkości fizycznych bardzo przydatny okazał się typ zadania, gdzie w jego pierwszej fazie uczeń wykazywał się znajomością danego pojęcia pisząc na przykład w przypadku wielkości fizycznej wzór definicyjny lub jakiś inny pozwalający obliczyć daną wielkość, następnie odpowiadał na pytanie, co to jest dane pojęcie fizyczne, czyli słowami zapisywał definicję danego pojęcia. Następnie odpowiadał na

pytanie o sens fizyczny danej wielkości to znaczy, o czym nas dana wielkość informuje lub podawał własności innych pojęć fizycznych. Na koniec odpowiadał na pytanie sprawdzające czy rozumie dane pojęcie fizyczne.

I tak w przypadku pojęcia gęstości masy pytanie wyglądało w następujący sposób:

Przykład 1

- 1) Proszę zapisać przy pomocy wzoru i słowami definicję gęstości masy.
- 2) O czym informuje nas gęstość masy?
- 3) Masa bryłki szkła o objętości 40 cm^3 wynosi 100 g, a jej gęstość wynosi $2,5 \text{ g/cm}^3$. Inna bryła z tego samego szkła ma masę 200 g. Prawdą jest, że:
 - a) jej gęstość wynosi $1,25 \text{ g/cm}^3$,
 - b) jej gęstość wynosi 5 g/cm^3 ,
 - c) jej objętość wynosi 20 cm^3 ,
 - d) jej objętość wynosi 80 cm^3 ,
 - e) nie wiadomo jaka jest gęstość drugiej bryły gdyż jest za mało danych.

Proszę o wskazanie poprawnych odpowiedzi i krótkie uzasadnienie.

Czasami wzór definicyjny danej wielkości fizycznej był podawany w treści zadania, a odpowiadający musiał zapisać definicję i sens fizyczny słowami i wykazać się rozumieniem definiowanej wielkości.

Podobna metodyka badań była stosowana w przypadku badania rozumienia i umiejętności stosowania praw fizycznych. W pierwszej części testu uczeń albo student miał przytoczyć treść danego prawa fizycznego, aby w dalszej części odpowiedzieć na proste pytania wykazujące, czy rozumie to prawo i potrafi je zastosować. W przypadku kolejnych zasad dynamiki Newtona jedne z pytań brzmiały następująco:

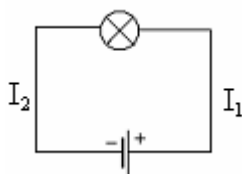
Przykład 2

- 1) Dlaczego pchnięty krążek porusza się po lodzie, pomimo, że przestano na niego działać? Proszę o narysowanie i nazwanie sił działających na krążek w czasie jego ruchu?
- 2) Rzucono piłkę pionowo do góry. Dlaczego piłka poruszała się do góry? Proszę o narysowanie i nazwanie sił działających na nią w czasie wznoszenia, w najwyższym punkcie lotu oraz w czasie opadania.
- 3) Chłopiec ciągnie sanki działając na nie siłą F_1 w kierunku ruchu. Odczuwa on jednocześnie na sobie działanie siły F_2 w kierunku przeciwnym. Proszę o porównanie tych sił, co do wielkości.

Natomiast w przypadku badania rozumienia prostych obwodów elektrycznych, pierwszego prawa Kirchoffa i prawa Ohma jedne z zadawanych pytań brzmiały:

Przykład 3

- 1) Rysunek przedstawia prosty obwód elektryczny składający się z baterii oraz żaróweczki. Proszę zaznaczyć na rysunku kierunki prądu w dwóch częściach obwodu (jeśli prąd płynie w obu częściach) i porównać wartości tych prądów co do wielkości. Krótko uzasadnij odpowiedź.



- 2) Jak zmieni się ilość ciepła otrzymanego z grzejnika elektrycznego, gdy dwukrotnie skrócimy jego drut oporowy? Proszę o uzasadnienie odpowiedzi.

W celu ujawniania u uczniów i studentów arystotelesowskiego podejścia do interpretowania przyczyn ruchu i zmian w ruchu oraz wiązania siły, zarówno jej kierunku jak i wartości, z prędkością, a nie z przyspieszeniem, bardzo przydatne okazało się zadanie zamieszczone w artykule Ricardo Trumper i Paul Gorsky [8].

Przykład 4

Rysunek pokazuje piłkę kopniętą przez chłopca a następnie lecącą w powietrzu. Proszę o ustosunkowanie się do poniższych stwierdzeń, oznaczając stwierdzenia prawdziwe przez (P), fałszywe przez (F), a przy braku własnego zdania przez (O).



Jeśli zaniedbamy opór powietrza możemy przyjąć, że wypadkowa siła działająca na piłkę ma cały czas ten sam kierunek.	
Wypadkowa wszystkich sił działających na piłkę w czasie jej ruchu jest skierowana tak jak prędkość.	
Jedynymi siłami działającymi na piłkę w czasie jej ruchu jest jej ciężar i opór powietrza.	
Siła kopnięcia działa na piłkę aż do momentu jej upadku na ziemię	
Siła, którą chłopiec przez kopnięcie przyłożył do piłki zużywa się w czasie ruchu piłki w powietrzu,	
Siła, którą chłopiec poprzez kopnięcie przyłożył do piłki, działa na piłkę aż do momentu, gdy piłka zaczyna spadać	
W czasie wznoszenia siła przyłożona do piłki w wyniku kopnięcia jest większa od siły ciężkości, w najwyższym punkcie te dwie siły są sobie równe, a piłka zaczyna spadać, gdy siła ciężkości staje się większa.	

Jak pokazują powyższe przykłady, w badaniach najczęściej były stosowane zadania otwarte, nie sugerujące odpowiedzi i dające odpowiadającym większą swobodę wypowiedzania się. Z kolei odpowiedzi na takie zadania znacznie trudniej jest

kwalifikować do poszczególnych grup. Dlatego niekiedy stosowana była dodatkowo metoda wywiadu (dopytywania). Powyższe trudności szczególnie ujawniały się w przypadku uczniów młodszych (szkoły podstawowe, gimnazja), których język odpowiedzi był czasami bardzo mało precyzyjny i trudny do zinterpretowania.

3. Badania rozumienia i umiejętności zastosowania pojęcia energii mechanicznej oraz zasady zachowania energii wśród studentów kierunków nauczycielskich oraz studiów podyplomowych

Jako przykład badań przeprowadzonych w ciągu ostatnich trzech lat przedstawiam badania dotyczące rozumienia i umiejętności stosowania pojęcia energii mechanicznej oraz zasady zachowania energii mechanicznej. Energia jest jednym z podstawowych pojęć fizycznych i jedną z podstawowych wielkości fizycznych. Trudno jest wartościować pojęcia, ale możemy ją uznać za najważniejszą, a w każdym razie za bardzo ważną funkcję stanu. Oznacza to, że dowolny układ w danym stanie ma ściśle określoną energię. Niektórzy fizycy, a przede wszystkim filozofowie nadają energii często jeszcze większe znaczenie. Przyjmują oni, że energia jest rzeczywistym (samodzielnym) bytem decydującym o strukturze Wszechświata, a materia to tylko jedna z form energii.

Pojęcie energii mechanicznej, a także zasada zachowania tej wielkości odgrywają dużą rolę w samej fizyce i w nauczaniu tego przedmiotu. Zasada zachowania energii mechanicznej jest wykorzystywana do rozwiązywania licznych zadań oraz do wyjaśniania szeregu zjawisk ze świata bezpośrednio nas otaczającego, a także przy tworzeniu modeli dotyczących zachowania się drobin oraz przy opisie Wszechświata. Aby była szansa, aby uczniowie dobrze opanowali te zagadnienia muszą one być dobrze rozumiane i umiejętnie wykorzystywane przez nauczycieli fizyki.

W ostatnich latach zmienił się w Polsce system kształcenia nauczycieli fizyki. Uprawnienia do nauczania fizyki nauczyciele nabywają w wyniku kształcenia na dwukierunkowych studiach licencjackich (na naszym Wydziale są to studia: Fizyka z matematyką oraz Informatyka z fizyką) oraz na Studiach Podyplomowych dla nauczycieli innych przedmiotów, którzy nauczają fizyki jako drugiego przedmiotu.

W ciągu ostatnich kilku lat przeprowadziłem badania rozumienia zagadnień związanych z pojęciem energii mechanicznej oraz jej zachowania, a także umiejętności jej stosowania wśród absolwentów dwukierunkowych studiów licencjackich, na których fizyka była jednym z kierunków, a także wśród nauczycieli fizyki – słuchaczy studiów podyplomowych z fizyki, dla których fizyka była przedmiotem uzupełniającym do ich zgodnego z wykształceniem podstawowego przedmiotu.

W badaniach wzięło ogółem udział 188 studentów i nauczycieli fizyki. Odpowiadali oni pisemnie na test składający się z 18 pytań wzorowanych na teście przygotowanym przez Chandralekha Singh i Dawida Rosengrant [9] z Uniwersytetu w Pittsburghu, w Pensylwanii. Amerykańska wersja tego testu przeszła szereg procedur standaryzacyjnych i przy jej pomocy przebadano ponad 3000 studentów fizyki w Stanach Zjednoczonych. Jednak w przeciwieństwie do testu amerykańskiego moje badania były przeprowadzone w oparciu o pytania otwarte, pozwalające na większą swobodę odpowiadającym.

Wszystkie zadania testu dotyczyły sytuacji dobrze znanych studentom z życia codziennego, ewentualnie bardzo łatwych do wyobrażenia. Do udzielenia poprawnej odpowiedzi nie były wymagane żadne obliczenia, ani inne umiejętności matematyczne, a jedynie poprawna interpretacja opisanej w zadaniu sytuacji i umiejętne wykorzystanie pojęcia energii mechanicznej oraz zasady zachowania tej wielkości.

We wszystkich zadaniach testu wpływ oporu powietrza należało pominąć. Natomiast, aby sprawdzić czy studenci potrafią odróżnić sytuacje, w których zasada zachowania energii mechanicznej jest spełniona od tych, w których jej część (lub całość) była zamieniana w inne formy energii, w niektórych zadaniach należało uwzględnić tarcie. W kilku zadaniach występowały również inne siły niezachowawcze, które mogły sprawić, że końcowa energia mechaniczna była większa niż na początku rozważanej sytuacji.

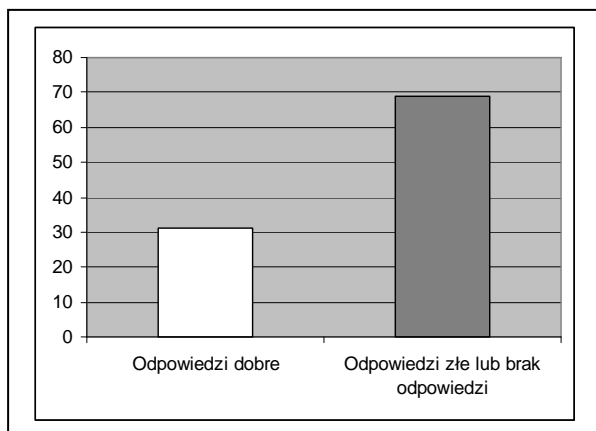
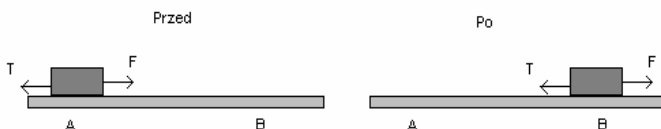
Poniżej zostaną przedstawione przykładowe zadania wykorzystane w badaniach, rozkłady odpowiedzi oraz omówione pewne błędne koncepcje preferowane przez studentów.

Na potrzeby tego artykułu, poszczególnym zadaniom lub grupom zadań, zostały nadane tytuły mające podkreślić, na jaki rodzaj umiejętności studenta dane zadanie kładzie szczególny nacisk. W teście zadania te były umieszczone w przypadkowej kolejności i oczywiście nie zawierały wspomnianych tytułów.

• Energia kinetyczna a praca siły wypadkowej

Zadanie 1

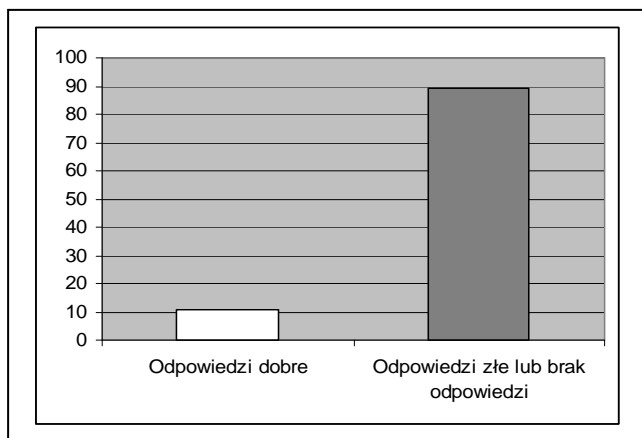
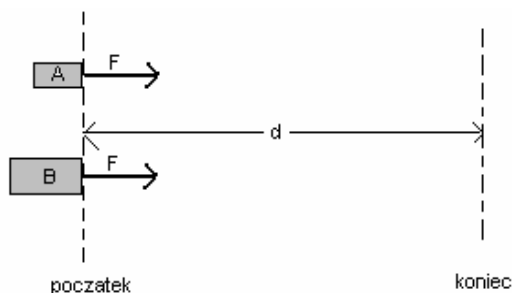
Wykorzystując linę o pomijalnie małej masie ciągniesz skrzynię po poziomej powierzchni działając stałą, poziomą siłą F . Skrzynia przemieszcza się ze stałą prędkością od punktu A do punktu B. Siły tarcia T nie możemy pominąć. Porównaj siły F i T . Co możesz powiedzieć o energii kinetycznej skrzyni?



Wzór $\frac{1}{2} m \cdot v^2$ jest znany prawie wszystkim odpowiadającym. W tym lub w innych zadaniach zamieszcza go 98 % odpowiadających. Natomiast odpowiedzi poprawnej, że siły F i T są jednakowe, a energia kinetyczna pozostaje stała udzieliło 31 % odpowiadających. 66 % uznało, powołując się na wzór $\frac{1}{2} m \cdot v^2$ że wprawdzie energia kinetyczna nie zmienia się, ale wypadkowa siła nie jest równa 0, gdyż siła F jest większa od tarcia.

Zadanie 2

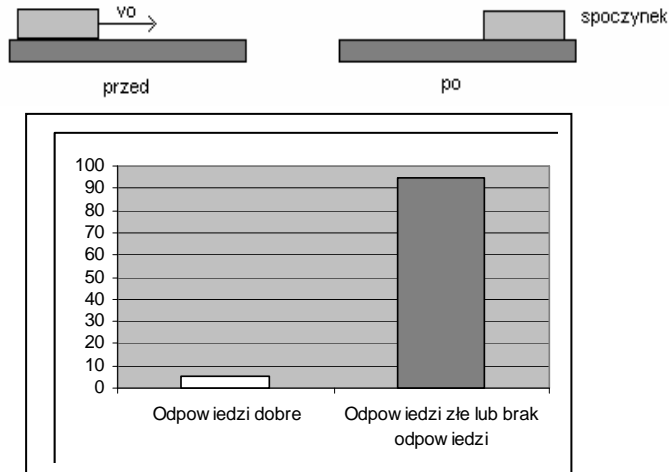
Dwa klocki znajdują się w spoczynku na poziomej, pozbawionej tarcia powierzchni. Masa klocka A jest mniejsza od masy klocka B. Do obu klocków została przyłożona taka sama, stała siła F , która ciągnęła je na tym samym odcinku d po linii prostej. Porównaj energie kinetyczne klocków po zakończeniu ciągnięcia ich na długości d .



Tylko 11 % nauczycieli uznało, że energie kinetyczne obu klocków będą takie same po przebyciu przez nie odległości d . 30 % odpowiedziało, że klocek A będzie miał większą energię, gdyż osiągnie większą szybkość, 29 % z kolei uznało, że większą energię będzie miał klocek B, bo ma większą masę (ciężar). Pozostali uważali, że w zadaniu jest za mało informacji, aby móc odpowiedzieć na postawione w nim pytanie, lub nie udzielali odpowiedzi.

Zadanie 3

Kłosek ślizga się z początkową szybkością v_0 po poziomej powierzchni, której tarcia nie można pominąć i w końcu zatrzymuje się. Iloczynowi wartości, jakich dwóch wielkości fizycznych jest równa bezwzględna wartość zmiany energii kinetycznej klocka?

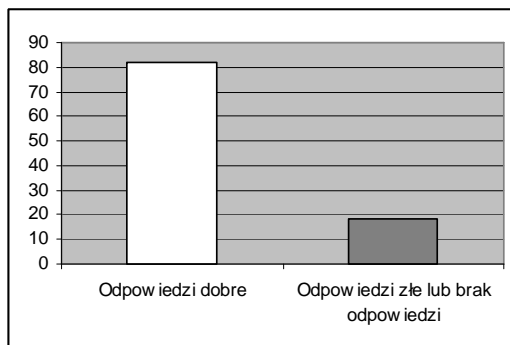


Zadanie to okazało się najtrudniejsze. Tylko około 5 % studentów udzieliło poprawnej odpowiedzi, że wartość bezwzględnej zmiany energii kinetycznej klocka równa jest wartości siły tarcia pomnożonej przez odległość przebytą do chwili zatrzymania, czyli bezwzględnej wartości pracy wykonanej przez siłę tarcia. 38 % badanych odpowiedziało, że te wielkości to masa i prędkość (pomylenie, ewentualnie utożsamianie energii z pędem), 37 % pisało bardzo różne wielkości, na przykład masa razy przyspieszenie, ciepło razy siła tarcia itp. W przypadku tego zadania było także najwięcej (20 %) pominięć.

- **Energia potencjalna grawitacji a praca siły grawitacji**

Zadanie 4

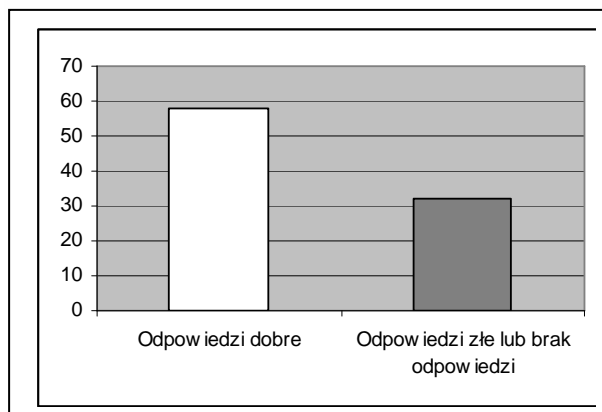
Podnosisz walizkę z podłogi na stół. Wymień wielkości, oprócz ciężaru walizki, które wpływają na zmianę energii potencjalnej grawitacji walizki.



Pytanie to miało z kolei sprawdzić, czy studentom znane jest pojęcie energii potencjalnej grawitacji oraz czy potrafią powiązać to pojęcie z pracą wykonywaną przez siły grawitacyjne przy zmianie położenia ciał w polu grawitacyjnym. Podobnie jak w przypadku energii kinetycznej wzór $E_p = mgh$ był znany prawie wszystkim odpowiadającym. 82 % studentów, powołując się na ten wzór, odpowiedziało poprawnie, że istotna jest tylko wysokość stołu. 9 % uważało, że istotny jest także tor, po jakim będziemy przemieszczać walizkę, a 6 % za istotny czynnik uznało także szybkość podnoszenia walizki.

Zadanie 5

Chcesz podnieść ciężką paczkę na wysokość h przywiązując do niej sznur o pomijalnej masie. Masz do wyboru: podnieść ją bezpośrednio, ciągnąc pionowo do góry, lub wciągać po pochyłej powierzchni, której tarcie można także pominąć. Porównaj naprężenia sznura, pracę wykonaną przez Ciebie oraz zmiany energii potencjalnej paczki w obu przypadkach.



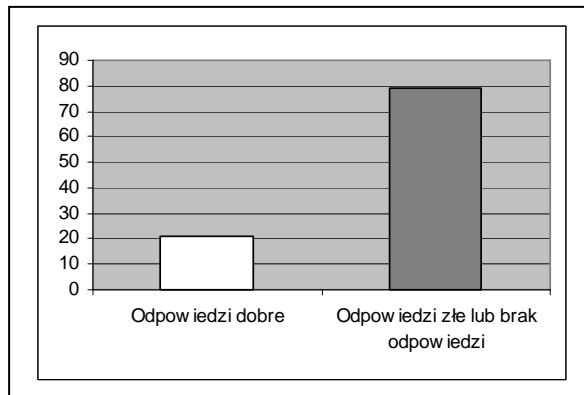
Studenci, którzy wcześniej wykazali się dobrą znajomością pojęcia energii potencjalnej również i na to pytanie odpowiadali, że zmiana energii w obu przypadkach będzie taka sama. W pełni dobrej odpowiedzi, że w drugim przypadku naprężenie sznura będzie mniejsze, ale wykonana praca będzie taka sama udzieliło w sumie 58 % odpowiadających. Pozostali studenci nie poradzili sobie z tym zadaniem. 17 % uznało, że naprężenia sznura będą takie same w obu przypadkach. 36 % uważało, że wykonana praca w drugim przypadku będzie mniejsza, a 6 % wręcz przeciwnie, że większa.

Podsumowując, można stwierdzić, że pojęcie energii potencjalnej jest nieco lepiej rozumiane aniżeli energii kinetycznej, ale nadal duża część studentów nie potrafi się nim operatywnie posługiwać.

- **Pojęcie energii mechanicznej**

Zadanie 6

Trzech rowerzystów pokonuje niewielki wzgórek na drodze w sposób następujący: pierwszy rowerzysta przestaje pedałowac u podnóża wzgórek i jego rower bez pedałowania przejeżdża wzgórek, drugi rowerzysta pedałowuje w taki sposób, że jego rower wjeżdża na wzgórek ze stałą szybkością, trzeci pedałowuje mocniej, tak, że jego rower wjeżdżając na wzgórek przyspiesza. Pomijając tarcie, w których przypadkach całkowita energia mechaniczna rowerzystów i ich rowerów pozostaje zachowana.



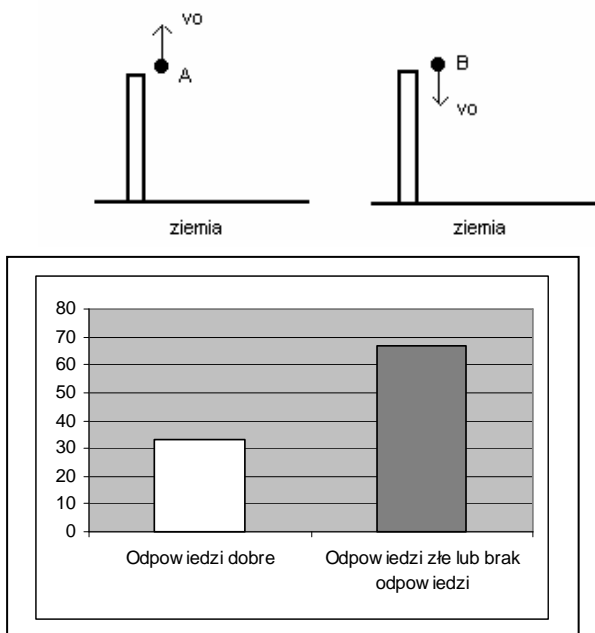
Celem tego zadania było sprawdzenie czy studenci dobrze interpretują pojęcie całkowitej energii mechanicznej jako sumy energii kinetycznej i potencjalnej. W przypadku tego pytania zaledwie 21 % studentów uznało, że energia mechaniczna zachowuje się tylko w przypadku pierwszego rowerzysty. 38 % odpowiedziało, że całkowita energia pozostaje zachowana w przypadku drugiego rowerzysty, który porusza się ze stałą szybkością, a 33 % że w każdej z opisanych sytuacji. Odpowiedzi wykazały, że pojęcie całkowitej energii mechanicznej jest słabo rozumiane przez studentów i panuje w interpretacji tego pojęcia duży chaos. Dla wielu odpowiadających o stałości całkowitej energii miała świadczyć stała szybkość rowerzysty, natomiast inna grupa studentów pomyliła pojęcie energii mechanicznej z pojęciem energii całkowitej, której zachowanie jest podstawowym prawem przyrody.

- **Zasada zachowania energii mechanicznej**

W teście znalazło się sześć typowych zadań, w przypadku, których, aby udzielić prawidłowej odpowiedzi, należało odwołać się do zasady zachowania energii mechanicznej.

Zadanie 7

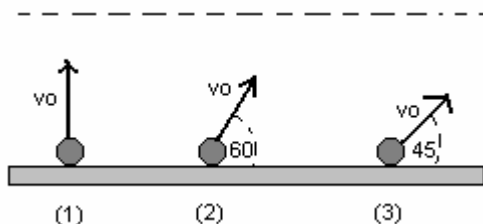
Dwa identyczne kamienie A i B rzucono znad przepaści, z tej samej wysokości, z identyczną szybkością początkową v . Kamień A został rzucony pionowo do góry, a kamień B pionowo w dół. Który z kamieni osiągnie większą szybkość tuż przed uderzeniem w ziemię i dlaczego?

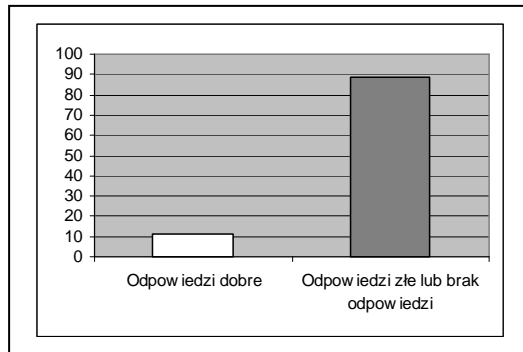


33 % studentów odpowiedziało poprawnie, że szybkości obu kamieni w momencie uderzenia w ziemię będą takie same, co wynika z zasady zachowania energii bądź z kinematyki rzutu pionowego. Najczęściej (51 %) odpowiadający uważali, że kamień A osiągnie większą szybkość, gdyż w efekcie będzie spadać z większej wysokości. 14 % uważało, że większą szybkość osiągnie kamień B, ponieważ został rzucony w tę samą stronę w którą działają siły grawitacji.

Zadanie 8

Trzy piłki zostały wyrzucone z tego samego poziomu z identyczną szybkością v , jak pokazano na rysunku. Piłka (1) została wyrzucona pionowo do góry, piłka (2) pod kątem 60° i piłka (3) pod kątem 45° . Uszereguj, jeśli to możliwe piłki od tej, której szybkość będzie największa do tej, której szybkość będzie najmniejsza, gdy osiągną one poziom zaznaczony na rysunku przerywaną linią. Szybkość nadana piłkom jest na tyle duża, że wszystkie one osiągną ten poziom.

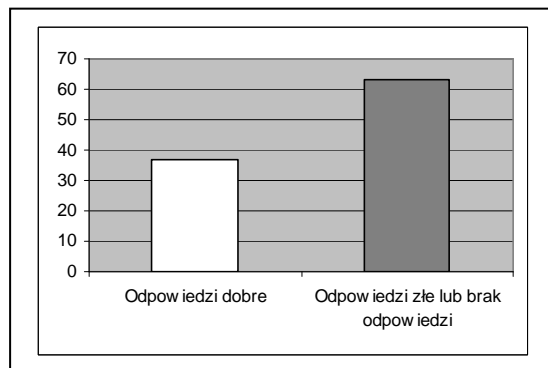
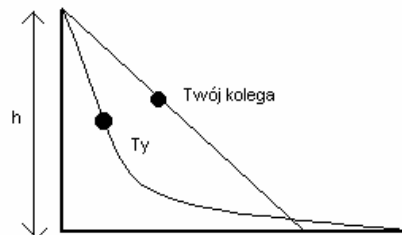




Zadanie okazało się bardzo trudne, a poprawnej odpowiedzi, że wszystkie piłki będą miały taką samą szybkość po osiągnięciu zaznaczonego poziomu, udzieliło zaledwie 11 % badanych. Prawie 60 % studentów pisało, że największą prędkość będzie miała piłka (1), gdyż najszybciej osiągnie wymagany poziom. Również duża grupa (28 %) odpowiedziała, że piłka (3), gdyż siła grawitacji będzie miała w jej przypadku najmniejszy wpływ na zmniejszanie szybkości lub że tak wynika ze wzorów (prawdopodobnie pomylenie z maksymalnym zasięgiem).

Zadanie 9

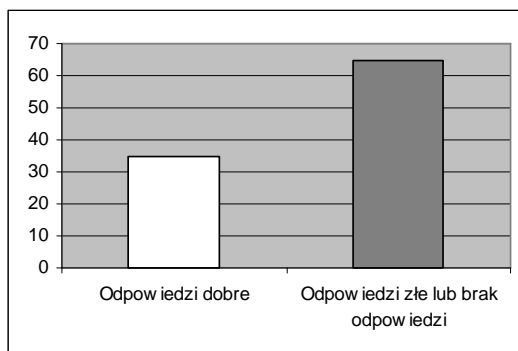
Dwie pozbawione tarcia zjeżdżalnie mają różny kształt, ale zaczynają się na tej samej wysokości h i kończą na tym samym poziomie. Ty i twój kolega, który ma taką samą masę, zjeżdżacie po różnych zjeżdżalniach zaczynając od stanu spoczynku. Który z Was osiągnie większą szybkość na końcu zjeżdżalni i dlaczego?



Tym razem 37 % studentów uznało, że szybkości chłopców będą takie same na końcu zjeżdżalni. 36 % odpowiedziało, że większą szybkość osiągnie kolega, gdyż jego zjeżdżalnia ma stałe nachylenie, co powoduje większe przyspieszenie, bądź że krótszy dystans sprawi, że będą mniejsze straty energii. 27 % studentów uznało z kolei, że to oni osiągną większą szybkość, przede wszystkim w związku z większym nachyleniem zjeżdżalni na początku, co spowoduje osiągnięcie większego przyspieszenia.

Zadanie 10

Obserwujesz jak z wysokiej zjeżdżalni, której tarcie możemy pominąć, zjeżdża osoba dorosła o masie 75 kg, a następnie dziecko o masie 25 kg. Oboje rozpoczęli zjazd z tej samej wysokości i od stanu spoczynku. Która z tych osób osiągnęła większą szybkość na dole zjeżdżalni i dlaczego?



To pytanie wypadło bardzo podobnie jak poprzednie. 35 % studentów stwierdziło powołując się na zasadę zachowania energii, że obie osoby osiągną taką samą szybkość. Pozostali odpowiadający podzielili się mniej więcej na równe części. 30 % studentów była zdania, że większą szybkość osiągnie osoba dorosła, bo ma większy ciężar (masę), a 29 % odpowiadających uważało, że większą szybkość osiągnie dziecko, gdyż słabiej naciska na zjeżdżalnię, albo że mniejsza masa spowoduje osiągnięcie większego przyspieszenia. Tylko nieliczni uważali, że nie można jednoznacznie odpowiedzieć na to pytanie.

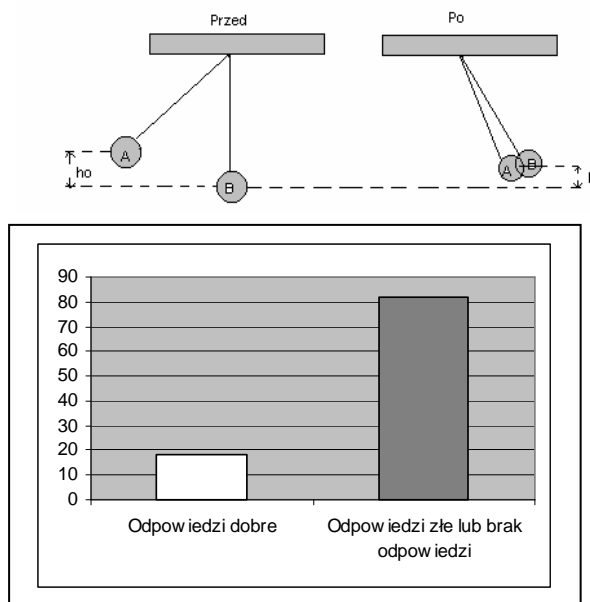
Odpowiedzi na tego typu pytania pozwalają wyciągnąć wniosek, że nawet przy interpretacji stosunkowo łatwych sytuacji, gdzie zastosowanie zasady zachowania energii wydaje się oczywiste, jeśli zadamy je w sposób nieco różniący się od podręcznikowego, jedynie 1/3 studentów przypomina sobie o istnieniu zasady zachowania energii, a tylko około 10 % ankietowanych nie ma kłopotu z udzieleniem poprawnej odpowiedzi w każdym przypadku.

- **Którą zasadę zachowania zastosować**

Zadanie 11

Dwie małe kulki z plasteliny A i B, o równych masach, zostały umocowane na sznurkach o jednakowej długości, których drugie końce przyczepiono do tego samego punktu na suficie. Kulka A została następnie odchylona w taki sposób, że pod-

niosła się o wysokość h_0 (patrz rysunek) i puszczona swobodnie. Kulka ta zderza się z kulką B będącą początkowo w spoczynku, a następnie obie kulki zlepiają się i wznoszą się na wysokość h . Wysokość h może być wyznaczona, jeśli znamy wysokość h_0 i odwołamy się do zasady zachowania, której wielkości?



Tylko 18 % studentów uznało, że aby znaleźć wysokość, na jaką wzniosą się kulki trzeba skorzystać zarówno z zasady zachowania energii jak i pędu. Pozostałe osoby udzielały błędnych odpowiedzi: 32% odpowiadających uznało, że wystarczy skorzystać z zasady zachowania energii, 21% że z zasady zachowania pędu, gdyż zderzenie jest idealnie niesprężyste, a pozostali w większości nie odpowiadali na to pytanie.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania dotyczące pojęcia energii mechanicznej i zasady jej zachowania, zgodnie z przewidywaniami pokazały, że pojęcia będące przedmiotem tych badań są znane studentom (nauczycielom fizyki). Ujawniły się jednak ogromne trudności, w przypadku wyżej wspomnianych grup studentów, w posługiwaniu się tym pojęciem i zasadą zachowania energii przy opisie prostych sytuacji znanych z życia codziennego. W trakcie badań można było stwierdzić szereg ciekawych, błędnych koncepcji oraz brak umiejętności stosowania zasady zachowania energii mechanicznej. Studenci wykazali się słabym rozumieniem pojęcia całkowitej energii mechanicznej i brakiem umiejętności właściwej interpretacji przechodzenia jednej formy energii w drugą. Część studentów przy opisie pewnych sytuacji traktowała energię jako wielkość wektorową, podobnie jak pęd, oraz miała trudność ze zdecydowaniem czy do udzielenia odpowiedzi powinni oprzeć się na zasadzie zachowania energii czy pędu. W pewnych sytuacjach trudność sprawiał wybór układu, dla któ-

rego jest spełniona zasada zachowania. Tylko około 10 % badanych wykazało się dobrym rozumieniem i odpowiednimi umiejętnościami w zakresie tych zagadnień.

Badania pokazały, że umiejętności studentów przygotowujących się do wykonywania zawodu nauczyciela fizyki, z zakresu objętego badaniami są daleko niezadowolające. Wydaje się, że powyższe badania obnażyły słabość obecnego systemu przygotowywania nauczycieli fizyki do pracy z uczniem i należy poważnie zastanowić się nad powrotem do kształcenia nauczycieli fizyki w ramach jednokierunkowych studiów fizyki o specjalności nauczycielskiej.

Z powyższego, szczegółowego przykładu badań dydaktycznych wynika, że systematyczne badania dotyczące rozumienia i umiejętności stosowania podstawowych pojęć i praw fizycznych pozwalają analizować bieżącą sytuację w nauczaniu fizyki oraz pozwalają wyciągać szereg wniosków, co do nauczania fizyki na każdym etapie. Dopiero właściwa diagnoza istniejącej sytuacji staje się punktem wyjściowym przy wyborze możliwie najskuteczniejszych metod i środków dydaktycznych.

Literatura

- [1] Peter S. Shaffer, Lillian C. McDermott, „A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts, *American Journal of Physics*, 73 (10), 921-931, (2005).
- [2] Ibrahim Abou Halloun, David Hestens, „Mechanical Diagnostic Test, *American Journal of Physics*, 53 (11), 1049-1055, (1985).
- [3] Chandralekha Singh, David Rosengrant, „Energy and Momentum Conceptual Survey”, *American Journal of Physics*, 71 (6), 612-617, (2003).
- [4] Paula Vetter Engelhardt, Robert J. Beichner, „Direct Current Resistive Electrical Circuits Diagnostic Test“, *American Journal of Physics*, 72 (1), 107-114, (2004).
- [5] David P. Maloney, Thomas L. O’Kuma, Curtis J. Hieggelke, Alan Van Heuvelen, Conceptual Survey in Electricity and Magnetism (CSEM), *American Journal of Physics Suppl.*, 69 (7), S19-S23, (2001).
- [6] Nauczanie Fizyki a wiedza potoczna uczniów, Skrypt pod redakcją Henryka Szydłowskiego, Poznań 1991.
- [7] Kwestionariusz testowy, Uzdolnienia fizykalne dzieci, WODN Legnica 1996.
- [8] Ricardo Trumper, Paul Gorsky, A cross-college age study about physics students’ conceptions of force in pre-service training for high school teachers, *Physics Education*, 31 (4), 227-236, (1996)
- [9] Chandralekha Singh and David Rosengrant, Multiple-choice test of energy and momentum concepts, *American Journal of Physics* 71(6), 607-615 (2003).