

BADANIA W DYDAKTYKACH PRZEDMIOTÓW
PRZYRODNICZYCH

monografia

RESEARCH IN DIDACTICS OF THE SCIENCES

monograph

PEDAGOGICAL UNIVERSITY OF KRAKÓW

KRAKÓW, 2010

Badania rozumienia i umiejętności stosowania zasady zachowania energii mechanicznej przez studentów i nauczycieli fizyki

Arkadiusz Wiśniewski

Maria Curie-Skłodowska University, Poland

arkadiusz.wisniewski@umcs.pl

1. Wprowadzenie

Pojęcia energii mechanicznej, a także zasady 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, by 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 nauczyciel innych przedmiotów, którzy uczą fizyki jako drugiego przedmiotu.

Przeprowadzone badania pokazały, że pojęcia będące przedmiotem badań są znane studentom (nauczycielom fizyki). Trudności, w przypadku wyżej wspomnianych grup studentów, pojawiały się najczęściej w opisie prostych sytuacji znanych z życia codziennego. W trakcie badań można było stwierdzić szereg ciekawych błędnych koncepcji oraz braku umiejętności stosowania zasady zachowania energii mechanicznej. Tylko około 10% badanych wykazało się dobrym rozumieniem zachowania energii mechanicznej w zakresie tych zagadnień. Podstawowymi błędami był brak i odpowiednimi umiejętnościami w zakresie tych zagadnień. Podstawowymi błędami był brak umiejętności wyboru odpowiedniego układu ciał spełniających zasadę zachowania energii. Również przy opisie niektórych sytuacji 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, którą z zasad zachowania energii czy pędu należy zastosować, aby udzielić prawidłowej odpowiedzi na postawione w zadaniu pytanie.

2. Badania rozumienia i umiejętności stosowania pojęcia energii mechanicznej oraz zasady jej zachowania

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

W badaniach wzięło ogółem udział 196 studentów i nauczycieli fizyki. Odpowiadali oni pisemnie na test składający się z 18 pytań wzorowanych na teście przygotowanym przez Chandralekha Singh i Dawida Rosengrant [1] z Uniwersytetu w Pittsburgu, 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 nasze badania były przeprowadzone w oparciu o pytania otwarte, pozwalające na większą swobodę odpowiadających.

Wszystkie zadania testu dotyczyły sytuacji dobrze znanych odpowiadającym 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. Odpowiadając na pytania należało pominąć wpływ oporu powietrza. 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 niektórych zadaniach występowały również inne siły niezachowawcze, które mogły sprawić, że końcowa energia mechaniczna była większa niż na początku rozważanej sytuacji.

A oto treść przykładowych zadań i przedstawienie ich celu oraz krótkie omówienie odpowiedzi.

a) Energia kinetyczna a praca siły wypadkowej – przykładowe zadanie

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 .

Pytanie to miało sprawdzić czy studenci znają pojęcie energii kinetycznej, pamiętają wzór pozwalający ją wyliczyć w przypadkach nierelatywistycznych i czy wiążą zmianę energii kinetycznej z pracą siły wypadkowej działającej na poruszające się ciało.

Poprawnych odpowiedzi, że oba klocki będą miały jednakową energię kinetyczną po przebyciu drogi d , gdyż praca siły wypadkowej działającej na nie jest taka sama, udzieliło tylko 11% odpowiadających. Pozostali uważali, że: większą energię będzie miał klocek mniejszy, gdyż osiągnie większą prędkość (30%), klocek o większej masie (29%) lub, że nie mamy wszystkich niezbędnych danych, aby odpowiedzieć na to pytanie (25%). W tym przypadku została potwierdzona teza, że sama znajomość pojęcia energii kinetycznej i wzoru pozwalającego ją wyliczyć nie przekłada się na umiejętne posługiwanie się tym pojęciem.

b) Energia potencjalna grawitacji a praca siły grawitacji – przykładowe zadanie

Chcesz przesunąć 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 pominąć. Porównaj naprężenia sznura, prace wykonaną przez ciebie oraz zmiany energii potencjalnej paczki w obu przypadkach.

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.

Studenci, którzy wcześniej wykazali się dobrą znajomością pojęcia energii potencjalnej również i na to pytanie odpowiadali, że w drugim przypadku naprężenie sznura będzie mniejsze, ale zarówno wykonana praca jak i zmiana energii potencjalnej w obu przypadkach będą takie same (58%). Pozostali studenci nie poradzili sobie z tym zadaniem. 17% uznało na przykład, że naprężenia sznura będą takie same w obydwu 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.

c) Pojęcie energii mechanicznej całkowitej – przykładowe zadanie

Trzech rowerzystów pokonuje niewielki wzgórek na drodze w sposób następujący: pierwszy rowerzysta przestaje pedałowac u podnóża wzgórka i jego rower bez pedałowania przejeżdża wzgórek, drugi rowerzysta pedałuje w taki sposób, że jego rower wjeżdża na wzgórek ze stałą szybkością, trzeci pedałuje 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.

Zaledwie 21% nauczycieli 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, 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 prędkość rowerzysty, natomiast inna grupa studentów pomyliła pojęcie energii mechanicznej z pojęciem energii całkowitej, której zachowanie jest podstawowym prawem przyrody.

d) Zasada zachowania energii mechanicznej – przykładowe zadanie

Trzy piłki zostały wyrzucone z tego samego poziomu z identyczną szybkością v_0 , 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.

Pytanie to, to jedno z tych, które miały sprawdzić, czy studenci wykorzystują zasadę zachowania energii mechanicznej w sytuacjach znanych z życia codziennego.

Okazało się ono bardzo trudne, a poprawnej odpowiedzi, że wszystkie piłki będą miały taką samą szybkość po osiągnięciu zaznaczonego poziomu, udzieliło zaledwie 11%. Odpowiedzi na pytania tej grupy pozwalają wyciągnąć wniosek, że nawet przy interpretacji stosunkowo typowych 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 za każdym razem

e) Którą z zasad zachowania zastosować – przykładowe zadanie

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 podniosła 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?

Pytanie to jest jednym z pytań, których celem było sprawdzenie, czy studenci potrafią ocenić, którą z zasad zachowania należy zastosować w danej sytuacji albo posługując się którą z zasad można udzielić odpowiedzi na postawione w zadaniu pytanie.

Zaledwie 17% 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: 48% że wystarczy skorzystać z zasady zachowania energii, 15% że z zasady

zachowania pędu, 8% że z jednej albo z drugiej, a 12% że te dwie zasady to jeszcze za mało, aby odpowiedzieć na pytanie postawione w zadaniu.

3. Podsumowanie

Badania wykazały, że umiejętności studentów przygotowujących się do wykonywania zawodu nauczyciela fizyki, z zakresu posługiwania się pojęciem energii mechanicznej oraz zasadą zachowania energii są daleko niezadowolające.

Całkowicie nieznaną jest studentom podstawowa własność energii kinetycznej jako funkcji, której zmiany są równe pracy wykonanej przez siłę wypadkową. Umiejętnością skorzystania z tej własności wykazało się jedynie 10% studentów. Większa część studentów, bo ponad 50% poprawnie odpowiadała na pytania dotyczące podstawowych własności związanych ze zmianami energii potencjalnej. Natomiast pojęcie energii mechanicznej jako sumy energii kinetycznej i potencjalnej było już poprawnie interpretowane jedynie przez około 20% studentów.

Umiejętnością skorzystania z zasady zachowania energii mechanicznej w przypadku zjeżdżalni lub rzutów wykazało się, w zależności od problemu, od 11% do 37% studentów, co pozwala stwierdzić, że jedynie około 10% studentów ma to zagadnienie opanowane i dysponuje podstawowymi umiejętnościami w tym zakresie.

Podsumowując należy stwierdzić, że studenci-nauczyciele biorący udział w badaniach wykazali się niskim poziomem umiejętności dotyczących powyższych zagadnień. Fizyka jest na tyle trudną dyscypliną naukową i przedmiotem nauczania, że wymaga bardzo dobrego przygotowania nauczycieli tego przedmiotu. Dopiero wtedy jest szansa, aby podstawowe prawa i pojęcia fizyczne były prawidłowo rozumiane i umiejętnie wykorzystywane przez uczniów także w życiu codziennym. Wydaje się, że powyższe badania obnażyły słabość obecnego systemu przygotowywania nauczycieli fizyki do pracy z uczniem.

Literatura

Chandralekha Singh and David Rosengrant, Multiple-choice test of energy and momentum concepts, *American Journal of Physics* 71(6), 607-615 (2003).