

A. WIŚNIEWSKI, M. PIŁAT

Badania rozumienia wybranych praw fizycznych

WSTĘP

W 1990 roku rozpoczęliśmy systematyczne badania nad optymalizacją studiowania podstaw fizyki na uniwersyteckich kierunkach przyrodniczych. Jednym z celów tych badań było poznanie, czy studenci pierwszego roku, rozpoczynający zajęcia na uczelni, znają podstawowe prawa fizyki, takie jak: zasady dynamiki i prawo powszechnego ciężenia Newtona, prawo Coulomba (elektrostatyka), prawo Ohma, prawo Faradaya (elektrodynamika) czy też statystyczne prawo rozpadu, a także czy rozumieją te prawa i potrafią je w sposób właściwy zastosować przy rozwiązywaniu bardzo prostych problemów fizycznych.

Układając pytania i zadania pisemnego testu staraliśmy się, aby były one sformułowane językiem prostym i zrozumiałym, a także aby wyeliminować z nich jakiegokolwiek trudności matematyczne, tak aby odpowiedzi odzwierciedlały stan wiedzy fizycznej danego studenta.

Dotychczasowe badania jakie przeprowadziliśmy w ciągu dwóch kolejnych lat wykazały, że znajomość podstawowych praw fizyki, polegająca na przytoczeniu odpowiadających im podręcznikowych regułek lub wzorów jest stosunkowo dobra. Zaskakujący natomiast okazał się fakt, że studenci (w przeważającej większości) nie tylko nie rozumieją tych praw i nie potrafią ich stosować, ale w wielu przypadkach nawet po nie nie sięgają, gdyż sądzą, że do uporania się z danym problemem wystarczy im potoczna wiedza intuicyjna.

W niniejszym artykule uzasadnimy to stwierdzenie na przykładzie zadań związanych z zastosowaniem zasad dynamiki, gdzie problem wiedzy intuicyjnej występuje szczególnie jaskrawo, a właściwe zrozumienie mechaniki newtonowskiej wpływa na cały dalszy proces poznawania nie tylko fizyki klasycznej, ale także i współczesnej.

BADANIA TESTOWE

Test składał się z dwóch części i zawierał w sumie 24 zadania. Zaprezentowane poniżej cztery zadania dotyczyły bezpośrednio umiejętności zastosowania zasad dynamiki.

Na wstępie należy zaznaczyć, że ponad 90% studentów zna treść zasady dynamiki, to znaczy przy formułowaniu ich nie popełnia istotnych błędów merytorycznych.

A oto treść wybranych zadań, tabele przedstawiające wyniki badań oraz krótka analiza odpowiedzi i najczęściej popełnianych błędów.

Zadanie 1. Klocek o masie $m = 0,5$ kg przesuwamy się wzdłuż stołu z szybkością $v = 0,8$ m/s i podlega działaniu siły tarcia $T = 0,6$ N. Jaką siłą musimy działać na ten klocek w kierunku ruchu, żeby poruszał się on nadal z tą samą prędkością?

Tab. 1. Dane dotyczące odpowiedzi (zadanie 1)

Liczba odpowiadających studentów	Kierunek studiów	Odpowiedzi		
		dobra	zła	brak
159	fizyka	51%	18%	31%
309	chemia	21%	20%	59%

Zadanie to bada umiejętność zastosowania pierwszej zasady dynamiki w sytuacji ruchu jednostajnego. Poprawna odpowiedź wydaje się bardzo prosta, ale znaczna część studentów unika jej. Niewątpliwie jedną z przyczyn stosunkowo niskiej liczby dobrych odpowiedzi jest podanie w tym zadaniu dodatkowej (zbędnej) informacji dotyczącej wartości prędkości ciała. Odpowiedzi dobre są udzielane najczęściej bez żadnego uzasadnienia. Zdecydowana większość błędnych odpowiedzi to te, które stwierdzają, że siła jaką musimy działać powinna być większa od siły tarcia. Część studentów ogranicza się do zapisu $F > T$, inni próbują to uzasadnić rachunkiem wykorzystując dane zadania.

Zadanie 2. Chłopiec wyrzuca do góry kamień, który opuszcza jego rękę w punkcie A, następnie przechodzi przez punkt B, dolatuje do punktu C i spada w dół. Narysuj siły działające na kamień:

a) w punkcie B, gdy kamień wznosi się



b) w punkcie C



c) w punkcie B, gdy kamień spada



Ogromnie zaskakuje to, że niewielu studentów poprawnie rozwiązało zadanie 2. Niemal wszyscy studenci czują potrzebę istnienia siły, będącej przyczyną ruchu

Tab. 2. Dane dotyczące odpowiedzi (zadanie 2)

Liczba odpowiadających studentów	Kierunek studiów	Odpowiedzi		
		dobra	zła	brak
159	fizyka	12%	82%	6%
309	chemia	2%	89%	9%

kamienia do góry. Siłę tę nazywają siłą wyrzutu, pędu, rozpędu lub bezwładności i w opinii studentów jest ona skumulowana w kamieniu. Najczęściej spotykaną odpowiedzią jest stwierdzenie, że siła ta w czasie wznoszenia się kamienia do góry jest większa od siły ciężkości, w najwyższym punkcie równoważy siłę ciężkości (lub gwałtownie znika), a w czasie opadania, stale się wyczerpując, jest już mniejsza od siły ciężkości lub w ogóle nie występuje. Niezależnie od powyższego, znaczna część studentów poprawnie uwzględniła w przypadkach a) i c) siłę oporu, co jednak nie wpływa na tok ich rozumowania. Nikt z odpowiadających na to zadanie nie powołuje się na drugą zasadę dynamiki.

Zadanie 3. Ciało A o masie m przyciąga grawitacyjnie ciało B o masie $2m$ siłą 1 N . Jaką siłą ciało B przyciąga ciało A?

Tab. 3. Dane dotyczące odpowiedzi (zadanie 3)

Liczba odpowiadających studentów	Kierunek studiów	Odpowiedzi			
		1 N	2 N	0,5 N	Brak
159	fizyka	64%	15%	8%	13%
309	chemia	49%	23%	20%	8%

Zadanie to dotyczy bardzo prostej sytuacji statycznej, opatrzonej typowym, podręcznikowym rysunkiem. Fakt, że jedynie co drugi student udzielił poprawnej odpowiedzi, świadczy o braku nawet najbardziej elementarnego zrozumienia trzeciej zasady dynamiki. Odpowiedzi błędne, że ciało B działa na ciało A siłą dwa razy mniejszą lub dwa razy większą były uzasadnione różnicą mas obu ciał, a nawet prawem powszechnego ciężenia.

Zadanie 4. Chłopiec ciągnie sanki działając na nie siłą w stronę kierunku ruchu. Odczuwa on jednocześnie na sobie działanie siły w stronę przeciwną. Porównaj te siły co do wielkości, jeśli sanki poruszają się:

- ruchem jednostajnym;
- ruchem przyspieszonym;
- ruchem opóźnionym.

Odpowiedź uzasadnij.

Tab. 4. Dane dotyczące odpowiedzi (zadanie 4)

Liczba odpowiadających studentów	Kierunek studiów	Odpowiedzi		
		dobra	zła	brak
159	fizyka	5%	82%	13%
309	chemia	2%	78%	20%

O ile sytuacja statyczna przynajmniej u części studentów wywołuje skojarzenia z III zasadą dynamiki (zadanie 3), to w sytuacji dynamicznej już tylko pojedyncze odpowiedzi są prawidłowe. U większości (61% studentów fizyki i 60% studentów chemii) zadanie to prowokuje do sięgnięcia po drugą zasadę dynamiki i wyjaśnianie, że w przypadku a) siły, o których mowa w zadaniu, są sobie równe; w przypadku b) siła z jaką chłopiec ciągnie sanki jest większa od siły z jaką sanki działają na niego; a w przypadku c) sanki z kolei działają siłą większą. Natomiast 12% studentów fizyki i 17% studentów chemii uważa, że siła chłopca w każdym z tych trzech przypadków będzie większa.

WNIOSKI KOŃCOWE

Jak wykazały badania opisane powyżej, mimo znajomości treści zasad dynamiki, tylko znikoma liczba studentów potrafi je zastosować przy rozwiązywaniu prostych zadań. W zależności od rodzaju zadania studenci albo stosują je źle (zadanie 4), albo w ogóle po nie nie sięgają (zadanie 2). Nieprzemysłane i źle rozumiane zasady dynamiki stanowią jedynie nieprzydatny balast, który czasami wprowadza chaos do dobrze ugruntowanej i uporządkowanej wiedzy intuicyjnej, którą kierują się najchętniej odpowiadający, a która pozostaje w sprzeczności z mechaniką newtonowską. Na podstawie omówionych badań, a także licznych badań znanych z literatury światowej [1,2], można wyodrębnić pewne charakterystyczne cechy wiedzy intuicyjnej z zakresu mechaniki:

1. Używanie absolutnego układu odniesienia.
2. Uogólnienie na ruch jednostajny stwierdzenia, iż przyczyną ruchu jest nierównoważona siła.
3. Zakładanie istnienia siły w kierunku ruchu (prędkości) w każdej rozważanej sytuacji.
4. Przekonanie, że brak siły w określonym kierunku uniemożliwia ruch ciała w tym kierunku.
5. Założenie, iż siła zmienia się proporcjonalnie do wartości prędkości ciała.
6. Przekonanie, iż ruch odbywa się zawsze w kierunku przyłożonej siły, niezależnie od stanu ruchu ciała przed momentem, w którym siła zaczęła działać.
7. Pogląd, że spadanie w przypadku braku „podpory” jest naturalne.

Obecnie obowiązujący kurs „podstaw fizyki” zakłada, że studenci znają i rozumieją podstawowe prawa i definicje fizyki. W związku z tym nie poświęca się w nim zbyt wiele miejsca na te zagadnienia. Na podstawie omówionych badań wydaje się, że konieczne jest przesunięcie systematycznego kursu podstaw fizyki przynajmniej o jeden semestr, a na to miejsce wprowadzenie wyrównawczego kursu fizyki, w którym zostałby położony nacisk na prawidłowe rozumienie i stosowanie podstawowych definicji i praw fizyki, bez których właściwego zrozumienia trudno przystępować do nauki zagadnień bardziej zaawansowanych.

LITERATURA

- [1] Clements J., *Am. J. Phys.*, 50, (1) (1982), 66-71.
- [2] Driver R., *Cognitive psychology and pupils frameworks in mechanics, Invited paper prepared for GIREP Conference on Physics, Utrecht, August 1984.*

