

Tadeusz Piech

Rola zadań rachunkowych w nauczaniu fizyki

Z praktyki pedagogicznej wiadomo, że u uczniów kończących szkołę średnią w przygotowaniu z fizyki najbardziej razi werbalizm. Wiadomości ich mają charakter abstrakcyjny, daleki od głębszego zrozumienia zjawisk, pojęć i praw fizycznych. Uczniowie umieją formułować, nawet bezbłędnie, prawa oraz pamiętają definicje pojęć, ale niemal z reguły nie potrafią zastosować znanych im praw do rozwiązywania konkretnych zagadnień ani wyjaśnić działania urządzeń opartych na zasadach fizyki. A przecież nauczanie fizyki powinno polegać nie tylko na formalnym wyuczeniu określonej ilości faktów, ale na przyzwyczajeniu do pewnego typu myślenia naukowego, i to bez względu na to, czy uczeń będzie w przyszłości pracował jako technik, przyrodnik, czy nawet humanista. Znaczenie fizyki jako przedmiotu ogólnokształcącego wzrasta coraz bardziej. Charakterystyczną cechą współczesnej cywilizacji jest opanowanie przez człowieka w coraz większym zakresie sił przyrody. W tej sytuacji człowiek nie może tylko biernie korzystać z urządzeń cywilizacyjnych, ale powinien starać się zrozumieć prawa przyrody, których znajomość doprowadziła do obecnego stanu techniki. Zrozumiano to w krajach przodujących pod względem kultury materialnej. Na przykład w Stanach Zjednoczonych Ameryki wiele uniwersytetów wprowadziło u siebie na wydziałach humanistycznych obowiązkowy wykład elementów fizyki celem pogłębienia ogólnej wiedzy swoich studentów. Również wobec dużego obecnie nasilenia sporów światopoglądowych, w których się chętnie szermuje argumentami z różnych dziedzin nauk przyrodniczych, znajomość podstawowych praw fizyki jest człowiekowi wykształconemu koniecznie potrzebna.

Przyczyn złego stanu wykształcenia z zakresu fizyki w szkole średniej jest z pewnością bardzo wiele. Nie ulega jednak wątpliwości, że między innymi odgrywają tu też rolę niedociągnięcia natury dydaktycznej. By osiągnąć zamierzone cele dydaktyczne, stosujemy przy nauczaniu fizyki takie zabiegi jak wykład, demonstracje, ćwiczenia laboratoryjne,

wreszcie zadania zwane też nieraz ćwiczeniami rachunkowymi. Te ostatnie odgrywają w nauczaniu fizyki bardzo ważną rolę, niestety nie docenianą dostatecznie w szkole, mimo że program szkoły ogólnokształcącej wyraźnie je zaleca. We wskazówkach do wykonania programu czytamy: „Celem utrwalenia i pogłębienia wiadomości należy stosować w szerokim zakresie zarówno w pracy szkolnej, jak i domowej ucznia zadania fizyczne”. Wiemy jednak, że to zalecenie programu jest w praktyce na ogół słabo realizowane. Również metodyka prowadzenia ćwiczeń rachunkowych pozostawia bardzo dużo do życzenia. Stąd i osiągnięcia tej metody nie są zadowalające. Charakterystycznym przykładem na brak zainteresowania tym zagadnieniem ze strony dydaktyków fizyki jest fakt, że polska literatura dydaktyczna posiada na ten temat znikomą ilość prac. Również dotychczas nie dysponujemy dobrymi zbiorami zadań. W ostatnich latach stan ten poprawił się o tyle, że pojawiło się szereg tłumaczeń zagranicznych, głównie radzieckich. Sam jednak zbiór, choćby najlepszy, nie wystarcza, jeżeli się nie umie nim umiejętnie posługiwać.

W rozważaniach na temat metodyki zadań rachunkowych napotykamy dwa główne problemy: samej techniki prowadzenia ćwiczeń oraz doboru tekstów. Oba są jednakowej wagi i prowadzący ćwiczenia powinni się z nimi koniecznie zapoznać. Celem tego artykułu jest danie ogólnych wskazówek pomocnych przy wyborze odpowiednich tekstów do przerabiania zadań rachunkowych. Właśnie bowiem pod tym względem obserwuje się w praktyce szkolnej poważne niedociągnięcia. Najczęściej idzie się po linii najmniejszego oporu i przerabia trochę zadań wziętych na chybił trafił z pierwszego lepszego zbioru, nie dobierając przy tym typów według trudności, aktualnych potrzeb dydaktycznych i zainteresowań uczniów. W rezultacie powstaje u uczniów zniechęcenie, a prowadzący ćwiczenia nie widząc wyników swej pracy przeważnie w ogóle zaprzestaje przerabiania zadań, zmniejszając w ten sposób wybitnie szanse poprawienia wyników nauczania.

Celem nauczania fizyki jest zawsze, bez względu na typ szkoły, danie uczniom pewnej sumy wiadomości o zjawiskach, pojęciach, prawach i zastosowaniach praktycznych zjawisk i praw. Zadania więc stosowane podczas nauczania fizyki równoległe z innymi środkami dydaktycznymi będą miały na celu pogłębienie i ugruntowanie znajomości zjawisk, pojęć i praw oraz urządzeń technicznych ważnych zwłaszcza z punktu widzenia gospodarczego lub przydatności zawodowej. Prócz tego zadania mogą też służyć jako testy przy sprawdzaniu wiadomości, i to nieraz daleko skuteczniej niż przy stosowaniu jakiegokolwiek innej formy kontroli. Zależnie zatem od celu, jakiemu mają służyć, należy dobierać typy zadań. Uświadomienie sobie tego pozwoli na celowy dobór tekstów, tak

by spełniły one w odpowiedniej chwili swoją rolę, a przerabianie ćwiczeń nie było tylko niepotrzebną stratą czasu.

Jaką rolę mogą odegrać zadania przy wprowadzaniu nowych pojęć fizycznych? Wprowadzanie nowych pojęć z fizyki jest dydaktycznie bardzo trudną sprawą. Do normalnych bowiem trudności, z jakimi mamy zawsze do czynienia przy przyswajaniu sobie nowych pojęć, dołączają się jeszcze terminologiczne, gdyż pojęcia fizyczne posiadają często wspólną nazwę z pojęciami znanymi z życia potocznego, różniąc się jednak od nich zasadniczo treścią (np. pęd, praca, energia, pole itp.). Psychologiczną treść pojęć potocznych mamy sposobność kształcić i bogacić ustawicznie przez osobiste przeżycia. Nic też dziwnego, że treść pojęcia potocznego będzie przesłaniała treść pojęcia naukowego o podobnej nazwie, jeżeli się zadowolimy podaniem tylko jego abstrakcyjnej definicji. By do tego nie dopuścić, należy ucznia bardziej przyzwyczać do posługiwania się tym pojęciem, a jedynie racjonalną drogą prowadzącą do tego celu będzie przerobienie odpowiedniej ilości przykładów ilustrujących treść nowych pojęć.

W pojęciach fizyki występują pewne wielkości, a staramy się zawsze tak je definiować, by w definicji był zawarty sposób pomiaru. Na przykład pracę definiujemy jako iloczyn siły i drogi, gęstość określamy jako stosunek masy ciała do jego objętości itd. Zadania mające na celu objaśnienie i utrwalenie pojęć będą to zatem zadania na wyliczenie z wzoru funkcyjnego pewnych wielkości przy innych wielkościach danych. Na przykład:

Jakiej siły trzeba użyć, by ciału o masie 250 g nadać przyspieszenie 0,2 m/sec¹)?

Jaką pracę wykonał człowiek wyciągając ze studni o głębokości 6 m wiadro o masie 25 kg²)?

Nastęcza się tu od razu kwestia, jaką ilość zadań należy przerobić, by dostatecznie wyjaśnić treść nowo wprowadzonego pojęcia. Ostatecznym kryterium będzie tu oczywiście wynik bardziej skomplikowanego zadania sprawdzającego, przerobionego w klasie przez wszystkich uczniów równocześnie. Konieczne będzie przerobienie większej ilości przykładów, jak bowiem wiadomo z psychologii, pojęcia obejmują jak najbardziej ogólne, ale istotne cechy przedmiotów, zjawisk czy stosunków między nimi. Wskutek tego treść pojęcia nie może być dokładnie wyjaśniona przez jedno tylko konkretne wyobrażenie. Wyobrażenie może grać tylko rolę przykładu. Im więcej znamy przykładów, tym głębiej i poprawniej rozumiemy treść pojęcia.

1) P. Znamieński, *Zbiór zadań*, zad. 171.

2) B. Buras, J. Ehrenfeucht, *Podręcznik dla klasy VIII*, 1953.

Przykłady należy czerpać z różnych dziedzin zjawisk fizycznych, w przeciwnym wypadku grozi niebezpieczeństwo zwięzienia treści pojęcia. Typowym tego przykładem jest pojęcie energii potencjalnej, jakie uczniowie wynoszą ze szkoły. Ponieważ (zgodnie z programem) omawia się szczegółowo jedynie energię potencjalną w polu siły ciężkości, robiąc tylko krótką wzmiankę o innych jej formach, uczniowie identyfikują z reguły energię potencjalną z tą jedną jej formą. W większości używanych u nas zbiorów zadań nie ma przykładów na obliczenie energii potencjalnej innych układów, np. układu sprężystego, ponieważ siły są w tym wypadku funkcją przemieszczenia, i do obliczenia pracy należałoby użyć rachunku całkowego. Wydaje mi się jednak rzeczą bardzo pożyteczną przerobienie przynajmniej jednego zadania tego typu, w którym by można tę trudność ominąć i podać rozwiązanie przy użyciu rachunku elementarnego. Jako przykład może służyć następujące zadanie z cytowanego już zbioru zadań *Znamieńskiego*:

Jakiego zasobu energii (potencjalnej) dostarczono sprężynie dynamometru rozciągniętej o 10 cm, jeżeli jego wskazówka wskazuje 5 kg ³⁾?

Ponieważ siła rozciągająca sprężynę jest w tym wypadku proporcjonalna do wydłużenia, (prawo Hooke'a), efekt wykonanej przez nią pracy jest taki sam, jak gdyby działała siła stała równa jej średniej wartości pomiędzy 0 a 5 kG, powodująca wydłużenie sprężyny o 10 cm. Obliczenie pracy przy takim założeniu nie przedstawia już teraz żadnych trudności.

Również często powtarzającym się błędem w wypowiedziach uczniów jest sformułowanie, że siła tarcia jest proporcjonalna do ciężaru ciała. Błąd ten pochodzi stąd, że przerabia się przykłady na obliczenie siły tarcia jedynie w przypadku przesuwania ciała po płaszczyźnie poziomej. Z łatwością unikniemy tego błędu, jeżeli przerobimy ponadto szereg przykładów na obliczenie siły tarcia przy przesuwaniu ciała po równi pochyłej oraz, co jest niezmiernie ważne, po płaszczyźnie pionowej. Tego ostatniego typu ćwiczeń prawie nie można w zbiorach zadań spotkać. Jest ono jednak bardzo pouczające i konieczne do uniknięcia wyżej wspomnianego błędu. W zbiorze *Rybczyńskiego* znajdujemy np. takie proste zadanie dotyczące tego zagadnienia:

Do pionowej ściany przyciśnięto deskę o ciężarze 1,5 kG. Współczynnik tarcia deski o ścianę wynosi 0,3. Z jaką najmniejszą siłą należy deskę przycisnąć do ściany, by się nie zsunęła ⁴⁾?

Jednym ze sposobów utrwalania prawidłowej treści pojęć jest też

³⁾ P. *Znamieński*, op. cit., zad. 688.

⁴⁾ E. *Rybczyński*, *Zbiór zadań z fizyki*, zad. 126.

stosowanie tego typu zadań, w których są podkreślone różnice pomiędzy pojęciami nowo wprowadzanymi o poznanymi dawniej. Na przykład:

Obliczyć ciśnienie, jakie wywiera na swoją podstawę prostopadłościan o wymiarach $10 \times 15 \times 20$ cm i ciężarze 2 kG, jeżeli go będziemy ustawiali w trzech różnych możliwych pozycjach.

Tego typu zadanie może skutecznie zapobiec często spotykanemu mieszanemu pojęć siły i ciśnienia. Nie spotkałem tego rodzaju zadań w innych działach fizyki, a przecież łatwo można by je skomponować i byłyby one cenną pomocą w nauczaniu.

Zastanowimy się teraz nad tym, jaki cel mają zadania opisujące ilościową stronę zjawisk fizycznych, zadania na temat praw fizycznych. Z punktu widzenia ekonomii myślenia korzystne jest formułowanie praw fizycznych za pomocą wzorów matematycznych. Tak też zwykle postępujemy w praktyce pedagogicznej. Wzór bowiem ujmuje zwięźle a równocześnie ściśle zależności między wielkościami opisującymi zjawiska fizyczne. Najskuteczniejszym sposobem na to, by uczeń nie poprzestał tylko na mechanicznym zapamiętaniu wzoru, nie rozumiejąc jego treści, jest przerobienie odpowiedniej ilości zadań. Przy ich rozwiązywaniu uczeń musi sobie przecież przypomnieć znaczenie symbolów występujących we wzorze oraz związków logicznych między opisanymi za ich pomocą pojęciami. Podczas tej czynności wytwarzają się wystarczająco jasne skojarzenia, które pomagają w zapamiętaniu samej postaci i w zrozumieniu logicznego sensu wzoru. Oprócz tego rozwiązywanie zadań tego typu może mieć duże walory, jeżeli chodzi o kształcenie formalne. Pewne zadania tego rodzaju podane są już w formie pytania, na które należy odpowiedzieć. Na przykład:

Ile g srebra wydzieli z roztworu azotanu srebra prąd o natężeniu 0,5 A płynący przez 1 godzinę?

Takie zadanie nic nie wnosi do wykształcenia formalnego, najwyżej pomaga w mechanicznym zapamiętaniu wzoru. Trzeba je oczywiście też stosować, zwłaszcza na początek. Bardziej jednak kształcące są zadania, w których uczeń musi sam zagadnienie wyszukać i sformułować je dokładnie. Na przykład:

Podczas elektrolizy roztworu $ZnSO_4$ została wykonana praca równa 1 kWh. Obliczyć ilość wydzielonego cynku, jeżeli napięcie na zaciskach woltametry wynosi 4 V⁵⁾.

W zadaniu tym chodzi też o obliczenie masy wydzielonego podczas elektrolizy elektrolitu, lecz natężenie prądu i czas trwania elektrolizy dane są pośrednio, za pomocą pracy. Wymaga ono już pewnego zastanowienia i powiązania z wiadomościami z innego działu.

⁵⁾ P. Znamieński, op. cit. zad. 973.

Zadania rachunkowe z fizyki mają służyć do zrozumienia zależności funkcjonalnych między wielkościami oraz do zrozumienia roli, jaką one odgrywają w zjawiskach. Wynika stąd, że nie mogą być one obciążone zbyt dużym balastem matematycznym. Dane szczegółowe zadania nie powinny wymagać zbyt skomplikowanego rachunku. Rachunek powinien być prosty, tak aby go można było wykonać nawet w pamięci, a przekształcenia nie powinny przesłaniać problemu z fizyki. Oczywiście można sobie też pozwolić na zadania o trudniejszym aparacie formalnym, ale dopiero wtedy, gdy treść pojęć lub sens praw zostały już z grubsza przyswojone.

Tematy zadań powinny obejmować przypadki technicznie możliwe i wzięte z praktyki życia codziennego. Zadania o tematyce abstrakcyjnej należy stosować raczej rzadko. Wprawdzie mają one swoją wartość dydaktyczną, lecz nie wzbudzają u uczniów zainteresowania, a nawet pogłębiają nieufność, jaką przeciętny uczeń żywi do tematów nie związanych z życiem. W tematach czerpanych z życia gospodarczego dane szczegółowe powinny być wzięte z najbliższego otoczenia. Jeżeli w zbiorach zadań tego nie uwzględniono, należy teksty zaktualizować dostosowując je do warunków lokalnych.

Każde zadanie, zanim zostanie podyktowane uczniom, należy koniecznie przemyśleć i rozwiązać. Niekiedy bowiem sformułowanie tekstu jest tego rodzaju, że przy rozwiązywaniu można się natknąć na pewne trudności. Na przykład:

Dźwignia o ramionach 45 i 60 cm pozostaje w równowadze, jeżeli na krótsze ramię działa siła 8 kG. Obliczyć nacisk wywierany w punkcie podparcia dźwigni.

Zadanie to, jeżeli jest w ten sposób sformułowane, można interpretować na dwa sposoby:

a) ciężar dźwigni zaniedbujemy. Wtedy na drugie ramię musi działać siła równa, jak łatwo obliczyć z warunku równowagi na dźwigni, 6 kG, a nacisk wywierany w punkcie podparcia, równy sumie obu działających na dźwignię sił, będzie wynosił 14 kG.

b) bierzemy pod uwagę ciężar dźwigni. Wtedy dźwignia jest w równowadze pod wpływem jednej tylko siły przyłożonej z zewnątrz i ciężaru belki. Zakładając równomierny na całej długości rozkład ciężaru belki otrzymujemy wynik całkowicie inny, mianowicie nacisk wynosi wtedy 56 kG.

Albo inny przykład:

Przy rozbieraniu domu spuszcza się cegły po drewnianej rynnie, nachylonej pod kątem $\alpha = 37^\circ$ z wysokości $w = 9$ m. Z jaką prędkością spadają na dół, jeżeli współczynnik tarcia wynosi 0,6⁶⁾?

⁶⁾ E. Rybczyński, op. cit., zad. 148.

Oczywiście poprawna odpowiedź na tak sformułowane pytanie będzie brzmiała: cegły spadają z prędkością zmienną w czasie, według wzoru na prędkość w ruchu jednostajnie przyspieszonym. Tymczasem, jak wynika z zamieszczonego na końcu zbioru rozwiązania, autorowi chodziło o prędkość, jaką cegły uzyskują na końcu rynny. Błędne lub niejednoznaczne sformułowanie zadania utrudnia, jak widzieliśmy, jego rozwiązanie, niekiedy może je nawet uniemożliwić. W takich wypadkach konieczna jest korekta tekstu.

Oprócz wymienionych poprzednio zadań typu rachunkowego, gdzie stosujemy wzory, dokonujemy przekształceń matematycznych i rachunków, istnieje typ zadań, które nazwałbym zadaniami jakościowymi, a które w podręcznikach nazywa się najczęściej pytaniami. Są to pytania tego typu, że odpowiedź na nie uzyskujemy bez konieczności uciekania się do rachunku. Na przykład:

Dlaczego z rozbiegiem skoczyć można dalej niż bez rozbiegu ⁷⁾?

Czy zegar wahadłowy chodzący prawidłowo latem będzie wskazywał prawidłowo też zimą ⁸⁾?

Przykładów tego typu można obecnie znaleźć w zbiorach zadań dość dużo. Ich znaczenie w nauczaniu fizyki jest niezmiernie ważne i należałoby je stosować w jak najszerszym zakresie. Ponieważ wymagają one zrozumienia i dokładnego przyswojenia sobie materiału nauczania, można je stosować z dużym powodzeniem jako testy przy sprawdzaniu wiadomości. Posiadają też dużą wartość, jeżeli chodzi o kształcenie formalne. Przy ich rozwiązywaniu wyrabia się samodzielność myślenia, zdolność kombinowania i równoczesnego obejmowania myślą różnych dziedzin fizyki.

Do tych uwag chciałbym wreszcie dołączyć przegląd i krótką charakterystykę używanych obecnie w szkole średniej zbiorów zadań. Obowiązujący obecnie w szkołach ogólnokształcących podręcznik *Buras a i E h r e n f e u c h t a* ⁹⁾ zawiera w tekście pewną ilość zadań. Jako dobrą stronę tego zbioru podkreślić należy umieszczenie w nim znacznej ilości zadań jakościowych (pytań). Zadań jest jednak, zwłaszcza w niektórych działach, za mało, należy więc posługiwać się jeszcze innymi zbiorami.

W. B i e r n a c k i, *Zbiór zadań z wynikami*, 1948. Jest dostosowany do programu dawnej II i III klasy gimnazjalnej, nie wystarczający zatem dla szkół typu licealnego. Zawiera 366 zadań z różnych działów fizyki, przeważnie bardzo prostych. Niektóre po odpowiedniej przeróbce można

⁷⁾ P. Znamieński, op. cit. zad. 52.

⁸⁾ P. Znamieński, op. cit. zad. 507.

⁹⁾ B. Buras i J. Ehrenfeucht, *Fizyka dla kl. VIII, IX, X, XI*, 1953.

stosować w szkołach ogólnokształcących. Należy jednak bardzo uważać, gdyż w zbiorze jest dużo zadań nieściśle sformułowanych.

E. R y b c z y ń s k i, *Zbiór zadań z fizyki wraz z wynikami*, 1949. Jest to podręcznik dla szkół stopnia licealnego, zawierający w przeważnej części zadania o tematyce nie związanej z życiem codziennym i techniką, trafiają się w nim również sformułowania błędne.

W. Z i l l i n g e r, *Zbiór zadań z fizyki*, 1950. Zbiór o charakterze podobnym do przedniego, nie zawiera również zagadnień, tylko zadania rachunkowe.

J. M a c i e j e w s k i, *Zbiór zadań z elektryczności i fizyki współczesnej dla kl. IX, X i XI liceów ogólnokształcących*, 1950. Zawiera duży wybór zadań na ogół poprawnie sformułowanych z wymienionych w tytule działów.

K. W o ł k o w a, *Zbiór zadań z fizyki*, wyd. 3, 1955. Tłumaczone z rosyjskiego zbiorowe opracowanie wyboru zadań przeznaczonych w zasadzie dla szkolnictwa zawodowego, nadaje się też do użytku w szkołach ogólnokształcących. Posiada specjalny, bardzo dogodny układ. Na początku każdego rozdziału podane są przykładowe rozwiązania. Zadań jest dużo, ułożone są według stopnia trudności. Tematyka zaczerpnięta przeważnie z zastosowań technicznych i gospodarczych, zaktualizowanych przez tłumaczy i dostosowanych do naszych warunków. Są też w zbiorze zadania jakościowe. Sformułowania bezbłędne, nie budzą też pod względem dydaktycznym zastrzeżeń.

P. Z n a m i e ń s k i, *Zbiór zadań i pytań z fizyki*, 1951. Tłumaczenie z rosyjskiego opracowania wyboru zadań przeznaczonych dla szkół stopnia licealnego. Wybór zawiera dużo bardzo dobrze pod względem dydaktycznym sformułowanych zadań jakościowych (pytań). Tematyka dostosowana w dużej mierze do zagadnień techniki i życia gospodarczego w Związku Radzieckim, niestety, nie zaktualizowana przez tłumaczy. W zbiorze znajduje się też dużo zadań trudnych, nadających się dla uczniów zdolniejszych lub do przerobienia wśród uczestników tzw. kółek fizycznych.