

*Marian Głowacki*

Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Częstochowie

## JAK INTERPRETOWAĆ WZORY FIZYCZNE

*Fizyka w Szkole*, str. 358–361, nr 6, 1986

Jedną ze szczególnych cech języka fizyki jest jego kodowy charakter, związany z użyciem matematyki. Kodowanie łączy się ze zwijaniem, przechowywaniem i odtwarzaniem informacji. Fizyka wykorzystuje język matematyki i jej systemów symbolicznych, co pozwala na zwijanie informacji w skondensowane, lapidarne wyrażenia w formie wzorów o niewielkiej ilości znaków – symboli. Takie wyrażenia są łatwiejsze do przechowywania niż zależności podane w formie opisowej. Cechuje je duża informacyjna pojemność pojęć (głębina kodowania), która wzrasta w miarę rozwoju teorii fizycznych opisujących wzorem [1,2].

Odtwarzanie informacji zakodowanych w postaci wzorów fizycznych jest ściśle połączone z ich fizyczną interpretacją i odgrywa niezwykle ważną rolę w procesie nauczania i uczenia się fizyki. Jest to sprawa podstawowa w zrozumieniu treści fizycznych przez ucznia. Wcisło [3] pisze: „Wyprowadzenie wzoru i zapamiętanie go to sprawa ważna, ale drugorzędna. Najważniejsze, aby uczniowie odczuwali i rozumieli sens fizyczny wzoru”. Należy więc zastanowić się, jak nauczyć uczniów tej cennej umiejętności jaką jest interpretacja wzorów fizycznych.

Równania fizyczne zapisujemy jako matematyczne zależności między wielkościami przedstawionymi przy pomocy symboli literowych. Symbole te obrazują wielkości mierzalne, rozumiane z punktu widzenia matematyki jako liczby oderwane, wyrażające stosunek tych wielkości do ich jednostek.

Bardzo długo fizycy podobnie patrzyli na symbole we wzorach fizycznych traktując je jako miary wielkości fizycznych, czyli również liczby oderwane. Fizycy byli więc zgodni z matematykami patrząc na wzory fizyczne tak jak na wzory algebraiczne [4].

L. D. Kudriawcew [5] pisze, że obiektami nauczania w matematyce nie są realne wielkości abstrakcyjne, logiczne, obiekty i struktury, w których opisano nie wielkości mianowane lecz niemianowane. Dla matematyka nie jest ważna natura rozpatrywanych obiektów, a tylko istniejące między nimi związki. Jedno i to samo wyrażenie matematyczne może opisywać własności bardzo odległych znaczeniowo zjawisk np. matematyczna formuła:

$$F = k \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot r^{-2}$$

może zapisywać prawo Newtona i Coulomba. W matematycznym wyrażeniu odpowiadające tym prawom matematyczne operacje odbywają się wg praw i zasad dotyczących liczb, niezależnie od tego, jakie wielkości fizyczne te liczby opisują.

Tak było do czasu, gdy J. Wallot [6, 7] wystąpił z poglądem, że pod symbolami we wzorach należy rozumieć mianowane wielkości fizyczne a nie ich wartości liczbowe. Takie jest też współczesne spojrzenie fizyków na wzory. Fizyk myśląc o jakiejś wielkości fizycznej nie musi myśleć o jej wartości liczbowej.

Przed dydaktyką fizyki stoi więc bardzo ważne zadanie nauczyć ucznia właściwej interpretacji równania fizycznego przedstawionego w formie wzoru. W interpretacji tej z jednej strony powinno znaleźć się odzwierciedlenie fizycznych zależności między wielkościami, z drugiej zaś przepis na mierzenie czy wyliczenie wartości liczbowej danej wielkości fizycznej występującej we wzorze wraz z ustaleniem jej jednostki.

Przy takim spojrzeniu na wzór interpretacja każdego wzoru czy równania fizycznego składałaby się z dwóch części: interpretacji fizycznej mówiącej o wzajemnych związkach między wielkościami, przyczynach i skutkach oddziaływań, wzajemnym wynikaniu, fizycz-

nych zmiennych zależnych i niezależnych oraz stałych itp. i interpretacji matematycznej pozwalającej określić wartość liczbową danej wielkości traktowaną jako liczbę oderwaną. Oprócz tego każdy wzór byłby podstawą do ustalenia jednostki danej wielkości wg obowiązujących zasad (Układ SI).

Ten sposób interpretacji pozwoliłby na jednakowe podejście do wszystkich typów równań tzn. definicyjnych, funkcyjnych i odzwierciedlających zależności między wielkościami tego samego rodzaju [3,8]. A oto przykłady różnego rodzaju równań interpretowanych w myśl w/w zasady.

### Równania definicyjne:

$$v = \frac{ds}{dt}.$$

Szybkość chwilowa jest to wielkość fizyczna określająca jaki odcinek drogi  $ds$  przebędzie ciało w swym ruchu postępowym w nieskończenie krótkiej chwili czasu  $dt$ . Wartość szybkości chwilowej w danym momencie ruchu określamy jako pierwszą pochodną drogi względem czasu. Ponieważ drogę mierzymy w metrach a czas w sekundach, jednostką szybkości (prędkości) jest m/s.

$$R = \frac{U}{I}.$$

Opór metalicznego przewodnika w stałej temperaturze jest wielkością stałą. Wartość oporu określa stosunek napięcia przyłożonego do końców tego przewodnika do natężenia prądu przepływającego przez przewodnik. Jednostką oporu jest  $1 \Omega$  określany jako  $1 \text{ V/A}$ , tzn. przewodnik w stałej temperaturze ma opór  $1 \Omega$ , gdy po przyłożeniu do jego końców napięcia  $1 \text{ V}$  popłynie prąd o natężeniu  $1 \text{ A}$ .

$$P = \frac{W}{t}.$$

Moc jest to wielkość fizyczna określająca jaką pracę w jednostce czasu jest zdolne wykonać dane urządzenie. Wartość mocy określamy jako iloraz wykonanej przez urządzenie pracy, do czasu w którym praca została wykonana. Jednostką mocy jest  $1 \text{ W}$  (wat) definiowany jako  $1 \text{ J/s}$ , tzn. urządzenie ma moc  $1 \text{ W}$  jeśli w czasie  $1 \text{ s}$  jest zdolne do wykonania pracy  $1 \text{ J}$ .

### Równania funkcyjne:

$$a = \frac{F}{m}.$$

Przyspieszenie ciała w ruchu postępowym jest wprost proporcjonalne do działającej siły. Masa ciała jest wielkością stałą. Wartość przyspieszenia ciała poruszającego się pod wpływem działania  $F$  określamy z ilorazu tej siły i masy ciała. Jednostkę przyspieszenia można określić następująco:

$$[a] = \text{N/kg} = \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{m} \cdot \text{s}^{-2},$$

tzn. jeśli na ciało o masie  $1 \text{ kg}$  działa w danym momencie siła  $1 \text{ N}$ , to jego przyspieszenie chwilowe wynosi  $1 \text{ m/s}^2$ .

$$I = \frac{U}{R}.$$

Natężenie prądu płynącego w przewodniku w stałej temperaturze jest wprost proporcjonalne do napięcia przyłożonego do końców tego przewodnika. Opór jest tu wielkością stałą związaną z materiałem danego przewodnika. Wartość natężenia prądu przepływającego przez przewodnik o danym oporze  $R$  określamy jako stosunek przyłożonego napięcia do wartości tego oporu. Jednostkę natężenia prądu można określić następująco:

$$[I] = \frac{V}{\Omega} = \frac{V}{V A^{-1}} = A,$$

tzn. jeśli do końców przewodnika o oporze  $1 \Omega$  przyłożymy napięcie  $1 V$  to popłynie przez niego prąd o natężeniu  $1 A$ .

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}.$$

Siła oddziaływania między dwoma ładunkami punktowymi  $q_1$  i  $q_2$  jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między tymi ładunkami. Stała  $k$  jest tu współczynnikiem proporcjonalności i w przypadku oddziaływania w próżni wynosi

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0},$$

gdzie:  $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$  oznacza przenikalność elektryczną próżni. Wartość siły oddziaływania między dwoma ładunkami  $q_1$  i  $q_2$  można określić z powyższego wzoru. Jednostkę siły można więc określić następująco

$$[F] = \frac{m}{F} C^2 m^{-2} = m^{-1} V \cdot C = m^{-1} V \cdot A \cdot s = m^{-1} \cdot J = N,$$

tzn. jeśli w próżni dwa ładunki punktowe, każdy o wartości  $1 C$  oddziałują na siebie z odległości  $1 m$ , to na każdy z nich działa siła  $\{k\}^1$  niutonów.

#### **Równania przedstawiające zależności między wielkościami tego samego rodzaju:**

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

W połączeniu szeregowym oporów ich opór wypadkowy jest równy arytmetycznej sumie tych oporów. Wartość oporu wypadkowego liczymy bezpośrednio z powyższego wzoru. Wszystkie opory mają tę samą jednostkę  $1 \Omega$  więc i opór wypadkowy ma jednostkę  $1 \Omega$ .

$$\sum I_n = 0$$

Równanie określa I prawo Kirchhoffa i mówi, że suma wszystkich prądów wpływających i wypływających z węzła obwodu elektrycznego jest równa 0. Wzór ten pozwala obliczyć jeden z prądów, jeśli znamy prądy pozostałe.

$$r = x + y + z.$$

Równanie określa zależność między wektorem promienia wodzącego a jego składowymi w układzie współrzędnych prostokątnych. Wartość tego wektora (bezwzględna) nie jest równa sumie arytmetycznej, lecz wynosi

$$|r| = r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$

Jednostka wszystkich tych wartości jest taka sama i wynosi  $1 m$ .

Przy takim ujęciu interpretacyjnym wzorów fizycznych przed dydaktyką fizyki stoi zasadniczy problem: jakiego języka wymagać od uczniów przy interpretacji wzorów? Czy od początku nauczania fizyki ma to być język ścisły fizyczny czy raczej należy stopniowo prze-

<sup>1</sup> Symbol  $\{W\}$  dla wielkości fizycznej  $W$  oznacza jej wartość liczbową (przyp. red.)

chodzić od języka potocznego używanego przez ucznia w chwili rozpoczynania nauki fizyki w VI klasie od języka coraz bardziej ścisłego.

Uczeń rozpoczynający naukę fizyki ma już stosunkowo dobrze opanowany język matematyki, zarówno jeśli chodzi o zapis wzorów jak i ich odczytywanie. Dlatego przy matematycznej interpretacji wzorów fizycznych można by wymagać od niego używania dość ścisłego języka matematycznego. Natomiast przy interpretacji fizycznej uczeń mógłby początkowo używać języka potocznego, próbując wyjaśnić „własnymi słowami” fizyczny sens przedstawionego wzoru. Wymaganie od razu ścisłej nomenklatury fizycznej może ucznia zdeprymować, pozbawić wiary we własne siły i odebrać chęć do zabierania głosu w przyszłości. Musimy zdawać sobie sprawę, że niekiedy trudności językowe na jakie napotyka uczeń w chwili rozpoczynania nauki fizyki mogą być większe niż trudności wynikające z poznawanych treści fizycznych [9].

Wymagania stawiane przed językiem jakiego używa uczeń wzrastałyby w miarę poznawania przez niego fizyki i charakterystycznego dla niej języka fizyki. Następowaloby stopniowe przejście od języka potocznego poprzez język będący mieszaniną języka potocznego i ścisłego z przewagą języka potocznego do języka, który też byłby mieszaniną języka potocznego i ścisłego ale z przewagą tego drugiego. Ścisłość wg Kotarbińskiego [10] jest cechą stopniowalną i uściślanie języka fizycznego używanego przez uczniów winno być jednym z celów nauczania i uczenia się fizyki.

## LITERATURA

- [1] W. Nahmow: *Probabilistyczny model języka*. PWN, Warszawa 1976.
- [2] H. Szonert: *Język i nauka*. WP, Warszawa 1964.
- [3] Praca zbiorowa pod red. K. Badziąga: *Metodyka nauczania fizyki w szkole średniej*. WSiP, Warszawa 1973.
- [4] M. Jeżewski: „Postępy fizyki” nr 6, 667 (1966).
- [5] L. D. Kudriawcew: *Mysl o soweremiennoj matematikie i jej izuczenji*. Izdatelstwo „Nauka”, Moskwa 1977.
- [6] J. Wallot: „Eletrotech.” Z., 43, 1329 (1922).
- [7] J. Wallot: “Phyz. Z.”, 44, 17 (1943).
- [8] F. Bauer: *Zur Rolle der Mathematik in dem Physikunterricht*. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 1964.
- [9] I. Stępniewski: Materiały z jesiennej Szkoły PDF w Karpaczu. 2, 143 (1977).
- [10] T. Kotarbiński: *Elementy*. Wrocław 1961.
- [11] M. Sawicki: *Masa a ciężar*. „Klasy Łączone” 3/1971.