

Uwagi o zapisie wielkości fizycznych i pewnych nieprawidłowościach w tym zakresie

Tadeusz M.Molenda

Instytut Fizyki, Wydział Matematyczno – Fizyczny, Uniwersytet Szczeciński
E-mail: molenda@univ.szczecin.pl; www: dydaktyka.fizyka.szc.pl, olimpiada.fizyka.szc.pl

Przeglądając prace uczniów, studentów a nawet w podręcznikach nadal spotykamy wiele dowolności w zapisie wielkości fizycznych (ściślej – wartości wielkości fizycznej). Przykładowo dla zapisu $s = 5 \text{ m}$ możemy spotkać bardzo wiele kombinacji, jak

- 1) brak odstępu (spacji) między znakami, np. $s = 5\text{m}$, $s= 5\text{m}$, $s=5 \text{ m}$ itp.
- 2) symbol wielkości fizycznej zapisany czcionką prostą a jednostka czy liczba zapisana czcionką pochyłą, np. $s = 5 \text{ m}$, $s = 5 m$, $s = 5 m$ itp.
- 3) symbol jednostki fizycznej zapisany w nawiasie, np. $s = 5 [\text{m}]$.

Spotyka też się zapis postaci $s = 5 = 5 \text{ m}$, w którym w części pominięto jednostkę. Taki sposób jest praktykowany przez niektórych nauczycieli, gdy dokonuje się przekształceń na wartościach liczbowych a na końcu dopisuje się jednostkę. Takie zapisy można spotkać w starszych książkach, niemniej pojawiają się również w nowo wydanych a często w pracach uczniów, co wynika z praktyki szkolnej.

Reguły dotyczące zapisu wielkości fizycznych wynikają wprost z definicji, jego zapisu oraz zastosowania w sytuacjach wątpliwych zasady brzytwy Ockhama a regulują wytyczne Międzynarodowego Biura Miar i Wąg (BIPM) [1] a w Polsce rozporządzenia w sprawie legalnych jednostek [2].

Niech A oznacza symbol wielkości fizycznej, którą piszemy *kursywą*. Wartość wielkości fizycznej A zapisujemy jako iloczyn liczby $\{A\}$ i jednostki $[A]$:

$$A = \{A\} [A], \quad (1)$$

przy czym

$\{A\}$ – wartość liczbową wielkości fizycznej A , w druku czcionka prosta;

$[A]$ – jednostka miary wielkości fizycznej A , w druku jako czcionka prosta, zazwyczaj szeryfowa typu roman;

między $\{A\}$ i $[A]$ nie stawiamy symbolu iloczynu – kropki, stosujemy odstęp – półpauzę (odstęp na jedną spację) za wyjątkiem oznaczeń miar kąta płaskiego: stopnia – $^\circ$, minuty – $'$ i sekundy – $''$ zgodnie z zaleceniem BIPM [1] i Rozporządzeniami [2].

Z (1) bezpośrednio wynika kształt zapisu i sposób postępowania.

Przykład. Niech wartość przebytej drogi s wynosi 5 metrów. W zapisie mamy $s = 5 \text{ m}$.

Oznacza to, że:

1. Wartość liczbową przebytej drogi s , w przyjętym układzie jednostek SI, wynosi 5, co zapisujemy: $\{s\} = 5$.
2. Jednostką przebytej drogi s , w przyjętym układzie jednostek SI, wynosi m, co zapisujemy: $[s] = \text{m}$.

Powyższe oznacza nie tylko sposób zapisu, ale i postępowania.

Oznaczenia $\{ \}$ i $[\]$ są operacjami. Stosowanie ich do innych celów daje kolizję oznaczeń i może być źródłem nieporozumień. Oznaczenie $[m]$ w zapisie powinno być jednoznacznie odczytane jako operacja brania jednostki z wielkości „ m ” znajdującej się w nawiasie kwadratowym co w wyniku daje kg. Jednak w praktyce taki zapis czasami stosuje się do oznaczenia jednostki pisząc $s = 5 [\text{m}]$, co nie powinno mieć miejsca.

Zgodnie z przyjętymi konwencjami międzynarodowymi i normami, można przytoczyć następujące obowiązujące reguły, które autor opracował dla potrzeb zapisu zadań w olimpiadzie fizycznej [8, 9]:

1. Symbole wielkości fizycznych skalarnych piszemy kursywą.
2. Symbole wielkości fizycznych wektorowych piszemy:
 - zwykłymi literami z jedną strzałką nad literą (w niektórych podręcznikach jest zapis kursywą);
 - lub literami pochyłymi pogrubionymi (bez strzałki).

Czcionka indeksów – prosta czy pochyłona, reguła taka sama jakbyśmy indeks traktowali jako samodzielny znak tj.

- czcionka pochyłona jeśli jest to symbol wielkości fizycznej albo wskaźnik bieżący np.: C_p (p – ciśnienie), R_{ij} (i, j – wskaźniki bieżące) a_x (x – współrzędna)
 - czcionka prosta dla cyfry, nazwy, skrótu nazwy, np.: E_k (k – kinetyczna), ε_r (r – względne).
3. Oznaczenia jednostek drukuje się taką czcionką, jak cały tekst, natomiast oznaczenia wielkości fizycznych i wszelkich ich wskaźników, powinny być drukowane czcionką szeryfową.
 4. Wartości liczbowe wielkości fizycznych piszemy czcionką prostą, np. 5 m, 1200 W itd.
 5. Symbole jednostek miar piszemy drukiem prostym i literami małymi za wyjątkiem gdy pochodzą od nazwisk, np. A (amper).
 - Samą nazwę jednostki zapisujemy zawsze małą literą, np. niuton (N), metr (m).
 - Symbol jednostki nie jest skrótem, lecz wielkością matematyczną. Operacjami matematycznymi nie można działać na nazwy jednostek. Można zapisać np. metr na sekundę, ale nie metr/sekunda.
 6. Wartość liczbową i symbol jednostki wielkości fizycznej muszą być oddzielone przerwą jednostkową, np. 23 cm a nie 23cm czy 23 cm (dwie spacje). Również dla symboli $^{\circ}\text{C}$, % (procent nie jest wielkością fizyczną tylko znakiem dzielenia przez sto) – piszemy 10 % a nie 10%, 23 $^{\circ}\text{C}$ a nie 23 $^{\circ}\text{C}$ (spacja po wartości liczbowej, do 2006 r. bez spacji [1]).
 7. Symbole pierwiastków chemicznych, związków chemicznych, nuklidów, cząstek piszemy czcionką prostą, np.: He, Cu, nukleon – N, proton – p, cząstka alfa – α ; foton, promieniowanie gamma – γ , itd.
 8. Symbol punktu – piszemy dużą literą, czcionką pochyłą, np. A, B.
 9. Liczby, wartości liczbowe wielkości fizycznych, symbole stałych matematycznych piszemy czcionką prostą, np. π , e.
 10. Oznaczenia symboli nazw funkcji matematycznych – piszemy czcionką prostą, np. $\sin x$, $\cos x$, $\text{tg } x$, $\log x$, $\ln x$ itd. , stosujemy przed „x” półspację, np. rozstrzelenie czcionki o 1,5 pt. Symbol pochodnej „d/dx” , d – czcionka prosta, np.: $\frac{dx}{dt}$.

Symbole funkcji $y(x)$, $f(x)$ – piszemy czcionką pochyłą, nawiasy – czcionką prostą.

Przy zapisie komputerowym należy zwrócić uwagę:

- aby stosować między wartością liczbową a jednostką spację nierozdzielającą w tych przypadkach gdy odstęp między nimi jest większy niż na jedną spację. Po-

jawia się to często w tekstach ze względu na justowanie (rozciągnięcie tekstu do marginesów).

- aby symbol prędkości „ v ” nie wyglądał jak „ ν ”, czyli jak symbol częstotliwości. Mianowicie dobrą czcionką dla „ v ” jest Georgia (stosowana jest też czcionka Book Antiqua – v , jednak jest mniej „wyraźna” od „ v ” dla czcionki z zestawu Georgia).

11. Znaki matematyczne – stosujemy przed i po znaku odstęp, np.:

dla znaków „+”, „-”, „=” spację jednostkową

$$a - b, \quad a + b, \quad a = b;$$

12. Opis osi współrzędnych (zebrane propozycje):

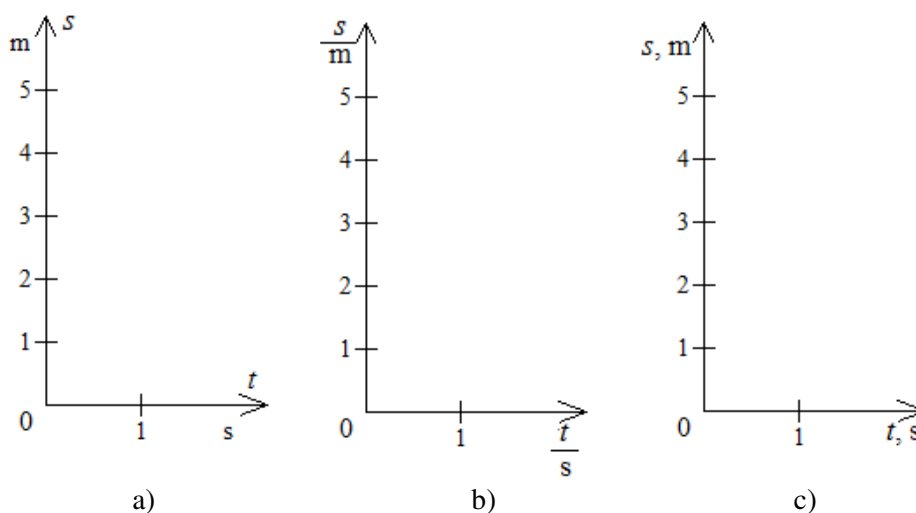
- a) z lewej strony osi rzędnych (obok strzałki) i pod osią odciętych piszemy: symbol wielkości (kursywa), przecinek, spacja, symbol jednostki, np. s, m – rys. 1c;

lub bardziej przejrzysta

- b) z lewej strony osi rzędnych (obok strzałki) i pod osią odciętych (pod strzałką) piszemy: symbol jednostki (czcionka prosta); natomiast symbol wielkości fizycznej (kursywa) z prawej strony osi rzędnych (obok strzałki) i nad osią odciętych (nad strzałką) – rys. 1a.

W tym oznaczeniu mamy nad i po wartościach liczbowych symbol jednostki a obok i nad, oddzielone końcem osi (gdzie strzałka), symbole wielkości fizycznych (rys. 1a).

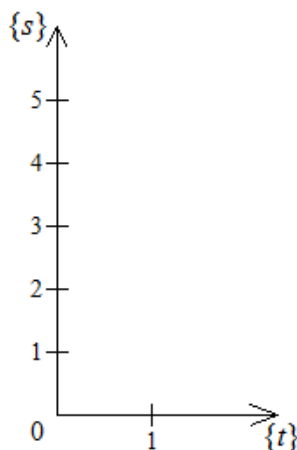
- c) w postaci ilorazowej: $A/[A]$ (rys. 1 b) wg zaleceń BIPM [1].



Rys. 1. Sposoby oznaczania jednostek i symboli wielkości fizycznych przy osiach układów współrzędnych.

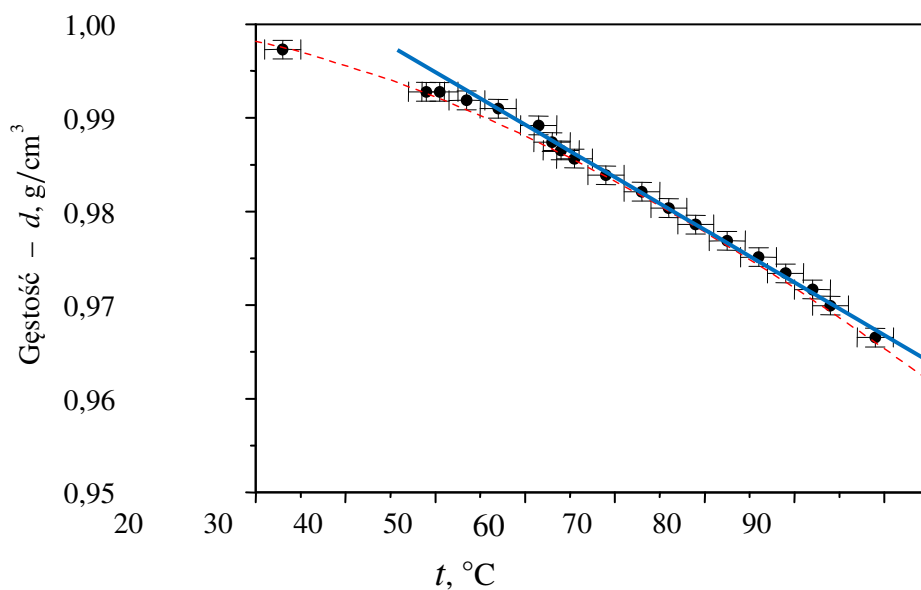
Przykład na rys. 1: a) oznaczenia symboli jednostek na przedłużeniu wartości liczbowych, symbole wielkości po wewnętrznej stronie układu współrzędnych – wydają się bardzo dogodnymi do stosowania tablicowego i dawno temu zastosowane w opracowaniu zadań z olimpiad fizycznych, np. [12]; b) sposób wg zalecenia BIPM [1], stosowany też od dawna np., w podręcznikach w Niemczech. Aby uniknąć komplikacji z zapisem dla ułamka – kreski ułamkowej, wygodniej jest użyć skośnika; c) zamiast zapisu jedno-

stek w nawiasach, zgodne z podaniem wielkości fizycznej: symbol – A , $[A]$ – jednostka, np. s , m .



Rys. 2. Sposób oznaczania osi za pomocą symbolu wartości liczbowej wielkości fizycznej. Jednostka wielkości fizycznej, której brak, na ogół jest znana, można ją podać pod opisem rys., przykład rys. 4.

Jakie również należałoby przyjąć rozwiązanie w szczególności, gdy na osiach nie ma strzałki a opis „osi” jest pośrodku. Wydaje się, że postępując zgodnie z definiowaniem wielkości fizycznej, dla której podajemy symbol oznaczenia i jednostkę w takiej właśnie kolejności, należałoby się skłaniać do oznaczania jak na rys. 1c. Jako ilustrację dla tego przypadku, niech posłuży rys. 3, który został zaczerpnięty z rozwiązania zadania z Olimpiady Fizycznej. W tym przypadku, przy „osi” odciętych – dodatkowo podano nazwę wielkości fizycznej oraz zastosowano zapis w pionie – do niej równoległy, co zwiększa przejrzystość. Dla zapisu jednostki – g/cm^3 , skorzystano ze skośnika.



Rys. 3. Zależność gęstości nieznanego roztworu od temperatury. Linią ciągłą zaznaczono dopasowaną prostą, natomiast linia przerywana przedstawia zależność gęsto-

ści wody od temperatury (dane z tablic). (Skorzystano z wykresu z rozwiązania zadania doświadczalnego zawodów II stopnia XLVI Olimpiady Fizycznej [13] http://www.of.szc.pl/pdf/46OF3D_roz469.pdf).

Skorzystanie z zalecenia BIPM, którego zapis ilorazowy jest związany z działaniem matematycznym dzielenia, w wielu przypadkach prowadzi do zapisu w postaci ułamka piętrowego, tak np. byłoby dla opisu osi rzędnych na rys. 3, co staje się kłopotliwe. Zwróćmy uwagę, że zamiana zapisu przy osi odciętych z postaci $t, ^\circ\text{C}$ na zapis przy użyciu ukośnika $t/^\circ\text{C}$, niewiele zmienia.

Oznaczenie osi za pomocą symbolu wartości liczbowej wielkości fizycznej jak na rys. 2 może z ilustrować wykres zaczerpnięty z rozwiązania zadania z Olimpiady Fizycznej zawodów finałowych – rys. 4 [13].

W tym przypadku gdybyśmy skorzystali z zalecenia BIPM należałoby

a) opis osi zapisać jako

$$\log(R/m) \text{ lub } \log\left(\frac{R}{m}\right)$$

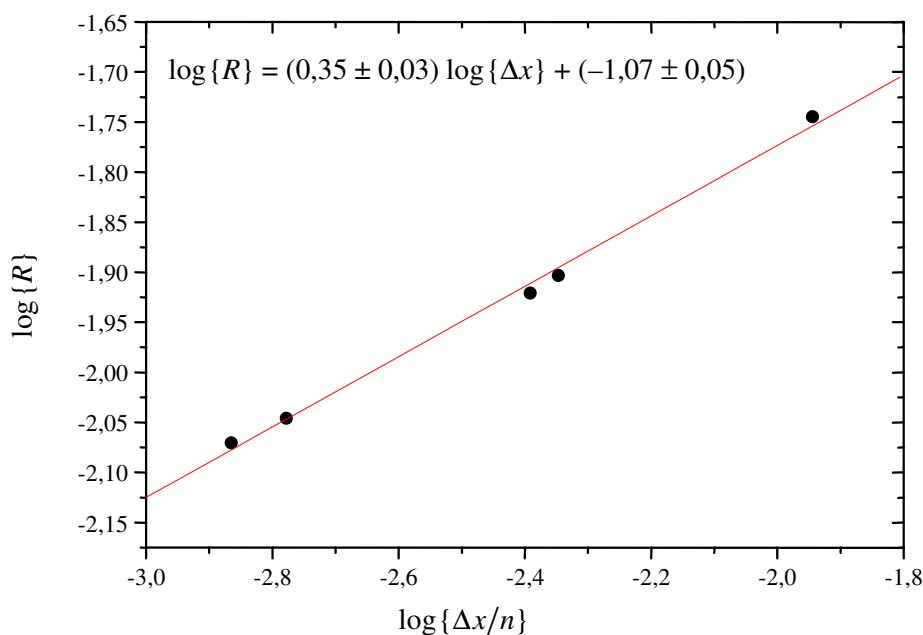
$$\log((\Delta x/n)/m) \text{ lub } \log\left(\frac{\Delta x/n}{m}\right) \text{ lub } \log\left(\frac{\Delta x}{n/m}\right).$$

Ostatni zapis dla osi odciętych jest uciążliwy. Wydaje się, że w przypadku zapisów piętrowych należałoby skorzystać z drugiej postaci – mieszanej. Symbole tego samego rodzaju byłyby oddzielane ukośnikiem a różnego rodzaju – kreską ułamkową tj. linią poziomą oddzielającą w ułamku licznik od mianownika. Jednak obrót do pozycji pionowej takiego ułamka (dla osi rzędnych jak na rys. 3) wymaga bardziej specjalistycznego narzędzia.

b) Natomiast równanie prostej znajdujące się w oknie wykresu jako

$$\log\frac{R}{m} = (0,35 \pm 0,03)\log\frac{\Delta x}{m} + (-1,07 \pm 0,05).$$

Zapis za pomocą symbolu wartości liczbowej jest bardziej wygodny, jednak narzuca potrzebę opisu pod rysunkiem – rys. 4.



Rys. 4. Zależność logarytmu wydłużenia Δx sprężyny przypadającej na liczbę n zwojów sprężyny od logarytmu jej promienia R . Jednostka $[R] = [\Delta x] = \text{m}$, nawias klamrowy $\{ \}$ oznacza wartość liczbową. (Skorzystano z wykresu z rozwiązania zadania doświadczalnego zawodów finałowych XLVIII Olimpiady Fizycznej [13] http://www.of.szc.pl/pdf/48OF4D._roz561.pdf).

13. Opis w tabelce:

- symbol wielkości (kursywa), przecinek, spacja, symbol jednostki (czcionka prosta), np. F , N;

Lp.	x , cm	x' , cm	$n = x/x'$	$v = c/n$, m/s
-----	----------	-----------	------------	-----------------

lub

- podzielona część główki tabelki na górną gdzie są symbole wielkości fizycznych i dolną gdzie są symbole jednostek – po lewej i po prawej jako iloraz.

Lp.	x	x'
	cm	cm

Lp.	$\frac{x}{\text{cm}}$	$\frac{x'}{\text{cm}}$

Przykład główki tabeli przy wyznaczaniu ciepła właściwego żelaza.

Lp.	stal		woda		t_k	stal	
	m_s	t_s	m_w	t_w		c	$\Delta c/c$
	kg	$^{\circ}\text{C}$	kg	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	J/(kg · K)	%

Podsumowanie

W procesie kształcenia, przy wprowadzaniu pojęć fizycznych należy zadbać zarówno o prawidłową kolejność poszczególnych faz ich kształtowania jak i zgodność terminologiczną, poprawność znaczeniową, merytoryczną, zgodność oznaczeń z zaleceniami i przyjętymi normami. Dotyczy to w szczególności zapisu symboli wielkości fizycznych i ich jednostek.

Literatura

1. *The International System of Units (SI)*, 8th edition, BIPM, S`evres, 2006; http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf;
SI Brochure: *The International System of Units (SI)* [8th edition, 2006; updated in 2014]; www.bipm.org/en/publications/si-brochure/
2. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 listopada 2006 r. w sprawie legalnych jednostek miar. Dz. U. nr 225, poz. 1638;
Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 stycznia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie legalnych jednostek miar. Dz. U. nr 9, poz. 61.
3. Nelson R.A.: *Guide for Metric Practice, Physics Today*, August 1996, BG 15; August 1998, BG 13; http://www.public.iastate.edu/~bkh/teaching/518/metric_practice.pdf
4. Błażejowski S.: *Najważniejsze jednostki miar*. PWT, Warszawa 1960.
5. Massalski J. M., Studnicki J.: *Legalne jednostki miar i stałe fizyczne*. Wyd. IV, poprawione i poszerzone. PWN, Warszawa 1999.
6. Massalski J.: *Praktyka stosowania SI. Fizyka w szkole* nr 3, 150 (1998).
7. Massalski J. M.: *O układzie SI i symbolach*, *Postępy Fizyki* 48, 227 (1997).
8. Molenda T. M.: *Wytyczne do zapisu zadań z olimpiady fizycznej*. <http://of.szc.pl/index.php?strona=16>
9. Molenda T. M.: *O nieprawidłowościach w oznaczeniach wielkości fizycznych i pojęciu ciepła*; *Problemy dydaktyki fizyki*, Krośnice-Wrocław 2011. ISDN 978-83-7432-732-9, str. 169 – 174; http://dydaktyka.fizyka.szc.pl/pdf/pdf_161.pdf
10. Musiał E.: *Pisownia oraz wymowa nazw i oznaczeń jednostek miar*. http://redinpe.d2.pl/attachments/article/231/INPE_175-176-art_01.pdf
11. *Symbols, Units and Nomenclature in Physics*, Document IUPAP 25 (1987) – International Union of Pure and Applied Physics SUN Commission.
12. Czarnecki S.: *Olimpiady Fizyczne I – IV*. PZWS, Warszawa 1956.
13. Komitet Główny Olimpiady Fizycznej – A.Wysmołek (ówczesny kierownik ds. zadań doświadczalnych).