

## O stosunkach w fizyce

Wojciech Dindorf, Elżbieta Krawczyk

Prosimy zwrócić uwagę na tabelę 1 umieszczoną poniżej.

Wielkość fizyczna	Wzór	Określenie
Szybkość $v$	$v = s/\Delta t$	to stosunek długości $s$ drogi przebytej do czasu $t$
Prędkość $v$	$v = \Delta r/\Delta t$	to stosunek przemieszczenia $\Delta r$ do czasu $\Delta t$
Przyspieszenie $a$	$a = \Delta v/\Delta t$	to stosunek przyrostu prędkości $\Delta v$ do czasu $\Delta t$
Ciśnienie $p$	$p = F/S$	to stosunek siły $F$ do powierzchni $S$
Gęstość $\rho$	$\rho = m/V$	to stosunek masy $m$ do objętości $V$
Opór elektryczny $R$	$R = U/I$	to stosunek napięcia $U$ do natężenia $I$
Napięcie elektryczne $U$	$U = W/q$	to stosunek pracy $W$ do ładunku $q$
Pojemność elektryczna $C$	$C = q/U$	to stosunek ładunku $q$ do napięcia $U$
Pojemność cieplna $c$	$c = \Delta Q/\Delta T$	to stosunek energii $\Delta Q$ do przyrostu temperatury $\Delta T$
Moc $P$	$P = \Delta W/\Delta t$	to stosunek pracy $\Delta W$ do czasu jej wykonania $\Delta t$
Cena	$C = \text{zł} / m$	to np. stosunek ilości pieniędzy w złotych do masy towaru $m$

Do tych jedenastu stosunków (ilorazów) pewnie każdy potrafi dopisać jeszcze jeden i jeszcze jeden. Wszystkie czyta się tak samo, wszystkie można podobnie rozumieć. Klucz jest ważny. **Ilość** metrów kwadratowych **na** głowę mieszkańca. Ilość euro **na** rolnika czy na gospodarstwo czy **na** hektar. Ilość dżuli na kulomb.

Ilość metrów na sekundę, ilość metrów na sekundę, na sekundę. Spadek drogi to proste: ile metrów w dół, na ile metrów do przodu (drogowcy ten ułamek podają w procentach). Ale gradient potencjału to już straszliwie trudne, choć może być tak samo określone (ile woltów, na ile metrów, na przykład w polu jednorodnym). W takim świecie żyjemy - mierzymy, by się komunikować. Różnie te mierzone wielkości nazywamy. Sprzedajemy (wyceniamy) na kilogramy, na metry, na sztuki - wszędzie, w każdej dyscyplinie.

\*\*\*

Dlaczego fizyka kojarzy się wszystkim ze „wzorami”? W podręcznikach fizyki słowo „wzór” przegrywa chyba tylko z podręcznikiem chemii, jeśli idzie o częstotliwość występowania. Dlaczego **wzór** to potwór, co straszy? W *Mojej fizyce* słowo to pojawia się tylko 15 razy! Żeby nie straszyć.

Wydaje się, że gdyby uczniom zabroniono zapamiętywać „wzory”, to zapamiętałiby je bez trudności.

*Przygotuj krótki referat, którego tematem będzie „żonglerka "jedną wielkością z „ wylizanki" umieszczonej poniżej(tabela 2).*

Obiekt	Wartość gęstości [kg/ m <sup>3</sup> ]
Próżnia międzygwiazdowa	10 <sup>-25</sup>
Ogon komety	10 <sup>-16</sup>
Gorące powietrze	0,5
Powietrze atmosferyczne	1
Woda	10 <sup>3</sup>
Ziemia (średnio)	5 · 10 <sup>3</sup>
Jądro Ziemi	10 <sup>4</sup>
Jądro Słońca	10 <sup>5</sup>
Jądro atomu	10 <sup>17</sup>
Gwiazda neutronowa	10 <sup>18</sup>

Odpowiedź: Weźmy ogon komety. Jego gęstość, to 10<sup>-16</sup> kilograma na metr sześcienny, to jeszcze daleko do próżni - choć tak blisko. Jeśli masa cząsteczki wody wynosi około 10<sup>-26</sup> kilograma, to znaczy, że w metrze sześciennym (dwie niezbyt wielkie wanny) ogona komety „żyje” 10<sup>10</sup> takich cząsteczek. 10 000 000 000 to dziesięć miliardów - ogromna ilość, choć w porównaniu np. z wodą z kranu, to tyle cząstek, ile mieści się w kropelce wielkości 1/10 000 000 000 milimetra sześciennego wody! Takiej ilości wody na pewno pod żadnym mikroskopem optycznym nie zauważysz.

Blisko 10 tysięcy razy więcej cząsteczek mogłoby zmieścić się w przeciętnej żywej komórce! Jasne? Dziesięć tysięcy razy więcej cząsteczek wody zmieści się w przeciętnej żywej komórce, niż znajduje się w metrze sześciennym ogona komety.

**Zadanie.** Można też zaproponować inny rodzaj „zonglerki”: Przygotuj krótki referat na temat jednej wielkości wybranej z tabeli 1.

Odpowiedź: Weźmy trudniejszy przykład: napięcie elektryczne. Ile energii wymaga (lub daje) przemieszczenie jednostki ładunku? W naszym układzie jednostek to samo pytanie można sformułować tak: Ile dżuli uzyska się, gdy jeden kulomb „spadnie” z 220 volt? Dlaczego akurat z 220? Bo taki „pagórek” mamy w mieszkaniach w całej Europie. Jakie mamy inne popularne napięcia? 12 V w samochodzie, 9 V w wielu radiach przenośnych, 1,5 V w baterijkach „paluszkach”.

Kulomb to duża porcja ładunku. Mamy też do dyspozycji prawie najmniejszą porcję-jeden elektron. Jednostka mała, więc „niewygodna w użyciu”. Otóż każdy kulomb, który spadnie z różnicy potencjałów jednego wolta, odda nam jeden dżul energii. Każdy kulomb podniesiony (przez maszynę elektryczną) o jeden volt potrzebuje jeden dżul energii. Podobnie jak my, po to, by wejść na metrowy pagórek, potrzebujemy prawie 10 dżuli dla każdego kilograma masy ciała, a spadając z takiego pagórka, możemy tyle energii oddać. Można tu zauważyć wyraźną analogię. Wchodzenie na pagórek to zmiana stanu energetycznego z niższego na wyższy. Podwyższanie napięcia, to tworzenie wyższych „pagórków”, więcej dżuli dla każdego kulomba.

Można zapisać:

$$U = \frac{W}{Q}$$

**Różnica potencjałów to stosunek pracy do ładunku, a w jednostkach**

$$[V] = \frac{[J]}{[C]} \quad \text{czyli 1 volt} = 1 \text{ dżul/1 kulomb}$$

Teraz „pożonglujmy”: co to może znaczyć  $Q/W$ ? Ile ładunku nam potrzeba na każdą jednostkę pracy? Ktoś chce wykonać określoną pracę (ilość dżuli) i chce wiedzieć, jakim ładunkiem powinien dysponować. Rozruch silnika samochodowego, szczególnie w zimie, wymaga wielkiej energii. Akumulator samochodowy ma różnicę potencjałów równą 12 V. Ale sprzedawca akumulatorów zawsze zapyta: ile amperogodzin pani sobie życzy? A pani zapomniała, czego na fizyce uczono. A uczono tak: jeden amper [A] to podstawowa jednostka w układzie SI, to jednostka prądu. Jeden kulomb [C] to tyle ładunku (porcja), ile przepłynie przez poprzeczny przekrój przewodnika (jak rzeka!) w ciągu jednej sekundy. A więc 1 kulomb to jedna amperosekunda. A sprzedawca chce nam sprzedać akumulator „dziewięćdziesięcio-ampero-godzinowy” [Ah]. To on nam kulomby wciska? „Ano!” - powiedziała by Coulomb, gdyby był Czechem, a nie Francuzem.

Ile kulombów?  $90 \cdot 3600$ , czyli 324 000 kulombów.

Teoretycznie sprawę traktując, gdyby nam się udało kazać takiemu akumulatorowi „spuścić” z tego 12-woltowego „pagórka” cały ładunek w ciągu sekundy, to mielibyśmy prąd (lawinę, „ładunkospad”) o natężeniu 324 000 amperów (prawie potężna błyskawica), a oddana energia wynosiłaby  $12 \cdot 324000 \cdot 1$  czyli prawie 4 MJ (cztery megadżule). Na szczęście tak szybko nie pozbywamy się kupionego ładunku, a to, co tracimy podczas startowania silnika, to potem nasza napędzana silnikiem benzynowym elektrownia samochodowa doładowuje. Jeśli zapomnimy wyłączyć radio w samochodzie na noc, to bardzo wąskim strumieniem ten ładunek upuszczamy (powiedzmy 0,1 C/s), więc można spać spokojnie i nie obawiać się, że rano zabraknie nam ładunku do rozruchu silnika. Miało być krótko, więc na tym koniec.

*Średnia gęstość lodzi podwodnej jest równa gęstości wody morskiej i dlatego łódź podwodna może „zawisnąć” w wodzie. Skorzystaj z podanej tabeli gęstości i oblicz z grubsza, jaką objętość musi posiadać balon na ogrzane powietrze, aby mógł „zawisnąć” nad ziemią, jeśli masa balonu razem z gondolą, ludźmi i sprzętem wynosi 300 kg.*

Z tabeli 2 wynika, że gęstość ogrzanego powietrza w balonie jest równa połowie gęstości powietrza atmosferycznego ( $\rho$ ). Średnia gęstość balonu z obciążeniem i powietrzem w balonie ma być równa gęstości powietrza atmosferycznego.

$$\rho = \frac{\frac{1}{2}\rho V + m}{V}, \text{ gdzie } m - \text{masa balonu z gondolą, ludźmi i sprzętem}$$

(zaniedbujemy objętość gondoli)

$$\frac{1}{2}\rho V + m = V\rho$$

$$m = \frac{1}{2}V\rho, \text{ przyjmując } \rho = 1 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \frac{2 \cdot 300 \text{ kg}}{1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 600 \text{ m}^3$$

Objętość średniej sali szkolnej wynosi  $200 \text{ m}^3$  – 3 takie sale zmieściłyby się w jednym balonie!

*Wiedząc, że jeden litr to objętość tysiąc razy mniejsza od jednego metra sześciennego, a jeden centymetr sześcienny to tysięczna część litra, oblicz sobie w przybliżeniu, ile ważyłaby przeciętna*

kostka do gry (ok. 3,5 cm<sup>3</sup>) sporządzona z materiału gwiazdy neutronowej?

Odpowiedź: 3 miliardy pięćset milionów ton!

Zaprojektuj proste doświadczenie pozwalające na określenie mocy własnej. Zadbaj, by doświadczenie było bezpieczne dla siebie i otoczenia. Sprawdź, czy wynik twojego pomiaru mieści się w zakresie wielkości podanych w tabeli.

Można, po zmierzeniu wysokości  $h$  jednego stopnia na klatce schodowej, przebiec się w górę - wystarczy jako  $\Delta t$  przyjąć 2-3 sekundy i policzyć, ile schodów  $n$  udało się przebiec. Znając swoją masę  $m$  i wartość  $g$  (10 m/s<sup>2</sup>), moc własną  $P$  obliczymy z samodzielnie (najlepiej) „wyprowadzonego” wzoru:

$$P = \frac{mghn}{\Delta t}$$

Warto na tablicy przedstawić wyniki wszystkich uczniów, znaleźć średnią, porównać z innymi klasami, nagrodzić najciekawszą metodę pomiaru...

Proponuję zrobienie sobie własnej, większej tabeli mocy, w której oprócz wielkości podanych w tabeli 3 znalazłoby się miejsce na moc twojej lampy, pralki lub innych urządzeń, których używasz na co dzień. Może to również być traktor czy własny generator prądu, kolejka elektryczna lub nakręcane na sprężynkę autko-zabawka.

Obiekt	Wartość mocy [W]
Mucha	10 <sup>-4</sup>
Człowiek	400 – 1500
Koń	1000 – 10 000
Samochód VW Golf	5,5 · 10 <sup>4</sup>
Duża elektrownia wodna	10 <sup>9</sup>
Rakieta nośna Saturn V	10 <sup>11</sup>
Błyskawica	10 <sup>14</sup>
Słońce	3,81 · 10 <sup>26</sup>
Wybuch supernowej	10 <sup>37</sup>
Kwazar	10 <sup>40</sup>

Można na jakiś czas przynajmniej wywiesić w pracowni plakat-tabelę, na który każdy, kto zechce, mógłby wpisać najciekawsze odczyty czy wyliczenia. Mogą tam się znaleźć zaskakujące (przy porównaniu) wielkości, na przykład: moc lampki nocnej może być znacznie większa niż moc oślepiającego reflektora samochodowego.

Warto zadbać o to, by każdy wpis zawierał też inicjały wpisującego. Można poświęcić przy jakiejś późniejszej okazji kilka chwil na dyskusję nad najciekawszymi wpisami.