



## Jednostki zawarte w układzie SI

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Gra edukacyjna (gamifikacja, grywalizacja)
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Jednostki zawarte w układzie SI

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

### Czy to nie ciekawe?

Od zarania dziejów ludzie potrzebowali określić pozwalających im na porównywanie pewnych wielkości. Jaskiniowcy intuicyjnie wiedzieli, który z nich upolował więcej zwierzyny, starożytni Egipcjanie potrafili przewidzieć, kiedy nastąpią wylewy Nilu, a Ateńczycy bez problemu stwierdzali, kto z nich mieszka bliżej, a kto dalej od agory. Możemy więc powiedzieć, że nasi przodkowie odmierzali masę, czas i odległość używając stworzonych przez siebie miar. Z upływem lat ewoluowały one i przechodziły do powszechnego użytku. O tym, jak to się stało i do czego doprowadziło, dowiesz się z niniejszego materiału.

#### Twoje cele

Zapoznanie się z treścią niniejszego materiału sprawi, że:

- poznasz historyczne sposoby pomiaru wielkości fizycznych,

- opiszesz, czym jest układ SI,
- wymienisz i zdefiniujesz podstawowe wielkości układu SI i ich jednostki,
- rozwiążesz przykładowe problemy dotyczące układu SI i jego jednostek.

# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

### Po co ujednolicać miary?

Już od czasów najdawniejszych ludzie odczuwali potrzebę zmierzenia długości, masy czy upływającego czasu. Korzystali więc z dostępnych im przedmiotów lub obserwacji natury. Jednak miary te nie były precyzyjne. Przyjrzyjmy się na przykład sposobom pomiaru odległości. Początkowo wykorzystywano ku temu przede wszystkim... części ciała. Starożytni Egipcjanie używali między innymi łokci, dłoni i palców. I tak na przykład jeden łokieć (mierzony od łokcia do końca środkowego palca) odpowiadał siedmiu dłoniom (czyli szerokości wszystkich palców), a ta była równa czterem palcom. Rzymianie preferowali stopy, kciuki czy jardy. Te ostatnie służyły kupcom do pomiaru sprzedawanej tkaniny – jeden jard odpowiadał długości wyciągniętej ręki (mierząc od brody do końca palców). Jak się zapewne domyślasz, taki sposób pomiarów był nieprecyzyjny, gdyż wielkość stóp, dłoni czy łokci u różnych osób nie jest identyczna. Mogło to być zatem przyczyną wielu sporów – przecież jard sprzedającego nie był tym samym co jard kupującego itd. Kolejne epoki przyniosły inne jednostki wynikające z percepcji przestrzeni czy po prostu sposobów przechowywania żywności (można było tym samym kupić stągiew wina, beczkę piwa czy kanekę mleka). Każdy posługiwał się taką miarą, jaka była mu wygodniejsza. Problemem była jednak sytuacja, gdy porozumiewali się ze sobą ludzie używający różnych jednostek.



Rys. 1. Skoro beczka może być większa albo mniejsza, to ile jest cennego płynu w *beczce*, gdy ta służy jako miara objętości?

Źródło: Stefan Kühn, dostępny w internecie: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radebeul\\_Fass.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radebeul_Fass.jpg) [dostęp 6.11.2022], licencja: CC BY-SA 3.0.

## **Generalna Konwencja Miar - uznane międzynarodowe gremium**

W 1960 roku w Paryżu Generalna Konwencja Miar ustaliła zestaw wielkości fizycznych, które uznano za podstawowe oraz zdefiniowała jednostki tych wielkości. Mogły się posługiwać nimi w sposób zunifikowany wszystkie kraje na świecie. Oczywiście znaczna część państw przyjęła i wprowadziła uzgodniony wówczas układ nazwany – z języka francuskiego *Système international d'unités* – *Układem SI*. Wyjątek stanowiły między innymi Stany Zjednoczone, Liberia i Birma.

Wśród podstawowych wielkości układu SI wymieniamy:

- długość,
- masę,
- czas,
- temperaturę,

- natężenie prądu elektrycznego,
- ilość substancji,
- światłość.

Dla każdej z tych wielkości – jak już wspomniano – zdefiniowano jednostkę podstawową, której wzór dokładnie sprecyzowano. Z upływem lat okazało się jednak, że prototypy te są niestabilne (zmieniają się w czasie). Z tego względu w maju 2019 roku zdecydowano się na ich ponowne określenie w oparciu o uniwersalne wielkości stałe, jakimi są w fizyce: częstotliwość cezowa  $\Delta\nu_{Cs}$ , prędkość światła  $c$ , stała Plancka  $h$ , ładunek elementarny  $e$ , stała Boltzmann  $k_B$ , liczba Avogadro  $N_A$  i skuteczność świetlna monochromatycznego promieniowania o częstotliwości  $540 \times 10^{12}$  Hz  $K_{cd}$  (Tab. 1).

$\Delta\nu_{Cs}$	9 192 631 770 s <sup>-1</sup>
$c$	299 792 458 m s <sup>-1</sup>
$h$	6,626 070 15×10 <sup>-34</sup> J s (J s = kg m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )
$e$	1,602 176 634×10 <sup>-19</sup> C (C = A s)
$k_B$	1,380 649×10 <sup>-23</sup> J K <sup>-1</sup> (J K <sup>-1</sup> = kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )
$N_A$	6,022 140 76×10 <sup>23</sup> mol <sup>-1</sup>
$K_{cd}$	683 lm W <sup>-1</sup> (dla monochromatycznego promieniowania o częstotliwości 540×10 <sup>12</sup> Hz)

**Tab. 1.** Podstawowe stałe fizyczne służące do zdefiniowania jednostek układu SI.

Jakie są więc podstawowe jednostki układu SI?

### Jednostka długości

Jej miara miała być uniwersalna i służyć zarówno do opisu procesów zachodzących w komórkach, jak i odległości we Wszechświecie. Ostatecznie zdecydowano się na [metr](#) (oznaczany literą m).

## Definicja: metr

**obowiązująca do 19.05.2019:** długość drogi przebytej w próżni przez światło w czasie  $1/299\,792\,458$  sekundy.

**obowiązująca od 20.05.2019:** jednostka SI długości. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej prędkości światła w próżni,  $c$ , wynoszącej  $299\,792\,458$ , wyrażonej w jednostce  $\text{m s}^{-1}$ , przy czym sekunda zdefiniowana jest za pomocą częstotliwości cezowej  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

Czy oprócz sformułowania innej definicji coś się zmieniło w 2019 roku? Nie – metr pozostał metrem – ale inaczej zdefiniowanym. Jeszcze wcześniejsza definicja była bardziej wyobrażalna – była to długość wzorcowej sztaby umieszczonej w Sèvres pod Paryżem w Międzynarodowym Biurze Miar. Czym więc dla nas jest metr? Długością nieco krótszą od kija od szczotki (ta klasycznie ma około 1,2 m) czy jedną pięćdziesiątą długości basenu olimpijskiego. Jednostką nie mającą większego znaczenia w przypadku kilkunastokilometrowych wędrówek, ale z drugiej strony – niezwykle ważną przy projektowaniu wnętrza „na wymiar”.

Za jednostkę czasu przyjęto [sekundę](#) (oznaczaną literą s).

## Definicja: sekunda

**obowiązująca do 19.05.2019:** czas równy  $9\,192\,631\,770$  okresom promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133.

**obowiązująca od 20.05.2019:** jednostka SI czasu. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej częstotliwości cezowej  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ , to jest częstotliwości nadsubtelnego przejścia w atomach cezu 133 w niezaburzonym stanie podstawowym, wynoszącej  $9\,192\,631\,770$ , wyrażonej w jednostce Hz, która jest równa  $\text{s}^{-1}$ .

Znowu jednak otrzymujemy sformułowanie trochę magiczne dla „zwykłego śmiertelnika” – dla nas sekunda to sześćdziesiąta część minuty, w trakcie której nie możemy wykonać zbyt wielu czynności. Ale czy aby na pewno? Statystyki z 2019 roku

mówią, że w ciągu sekundy publikowanych jest około 8000 tweetów, przesyłanych 900 zdjęć na Instagrama czy wyświetlanych ponad 750 000 filmów na YouTube. Czy nadal uznajemy to za niezbyt wiele?

## Kolej na jednostkę masy

Znamy już podstawowe jednostki długości i czasu, to teraz masa. Jak myślisz, o czym będziemy mówili? Oczywiście o [kilogramie](#). Fizycy zdefiniowali go poprzez stałą Plancka  $h$ , prędkość światła  $c$  i częstotliwość cezową. Można na podstawie nowej definicji zapisać, że:

$$1 \text{ kg} = \frac{(299792458)^2}{(6,62607015 \cdot 10^{-34})(9192631770)} \frac{h\Delta\nu_{\text{Cs}}}{c^2} \approx 1,4755214 \cdot 10^{40} \frac{h\Delta\nu_{\text{Cs}}}{c^2}.$$

Taki wzorec jest mocno złożony i wymaga zrozumienia wielu zjawisk fizycznych i zastosowania skomplikowanych wzorów. I chociaż może być odrobinę przerażający, to na dłuższą metę staje się bardziej praktyczny z naukowego punktu widzenia.

### Definicja: kilogram

**obowiązująca do 19.05.2019:** jednostka masy, która jest równa masie międzynarodowego prototypu kilograma przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar w Sèvres.

**obowiązująca od 20.05.2019:** jednostka SI masy. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Plancka  $h$ , wynoszącej  $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ , wyrażonej w jednostce  $\text{J s}$ , która jest równa  $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ , przy czym metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą  $c$  i  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

## Co z temperaturą?

Kolejną, ważną dla naszego prawidłowego funkcjonowania wielkością fizyczną jest temperatura. Pozwala ona nam między innymi na kontrolę przebiegu reakcji chemicznych, a także ocenę pogody czy sprawdzanie ciepłoty ciała w czasie choroby. Na co dzień, gdy zadajemy pytanie o temperaturę, wyniki podajemy w stopniach Celsjusza, czyli skali opartej na punkcie zamarzania wody ( $0^\circ\text{C}$ ) i punkcie jej wrzenia ( $100^\circ\text{C}$ ). Nie jest to jednak jednostka układu SI. Tutaj temperaturę wyraża się

w [kelwinach](#) (uwaga: nie istnieją stopnie Kelvina! – gdy ktoś tak mówi – fizyk się załamuje).

### Definicja: kelwin

**obowiązująca do 19.05.2019:** 1/273,16 część temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody.

**obowiązująca od 20.05.2019:** jednostka SI temperatury termodynamicznej. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Boltzmanna  $k_B$ , wynoszącej  $1,380\ 649 \times 10^{-23}$ , wyrażonej w jednostce  $J\ K^{-1}$ , która jest równa  $kg\ m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$ , gdzie kilogram, metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą  $h$ ,  $c$  i  $\Delta\nu_{Cs}$ .

### W jakich jednostkach zmierzyć prąd elektryczny?

Kolejna jednostka określa natężenie prądu elektrycznego. Jest to [amper](#). Jego definicja wykorzystuje dwie stałe fizyczne – ładunek elementarny i częstotliwość cezową  $\Delta\nu_{Cs}$ :

$$1\ A = \left( \frac{e}{1,602176634 \cdot 10^{-19}} \right) s^{-1} .$$

### Definicja: amper

**obowiązująca do 19.05.2019:** prąd elektryczny niezmienny, który, płynąc w dwóch równoległych, prostoliniowych, nieskończenie długich przewodach o przekroju kołowym znikomo małym, umieszczonych w próżni w odległości 1 metra od siebie, wywołałby między tymi przewodami siłę  $2 \times 10^{-7}$  niutona na każdy metr długości.

**obowiązująca od 20.05.2019:** jednostka SI prądu elektrycznego. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej ładunku elementarnego  $e$ , wynoszącej  $1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ , wyrażonej w jednostce  $C$ , która jest równa  $A\ s$ , gdzie sekunda zdefiniowana jest za pomocą  $\Delta\nu_{Cs}$ .

**Mol niejedno ma znaczenie.**

Idąc dalej – napotykamy pewien „chemiczny sucharek”:

- Co ma chemik w szafie?
- Mole.
- Jakie?
- Całe mole chlorku sodu, sacharozy i innych takich...



Rys. 3. Mole ubraniowe.

Źródło: Olaf Leillinger, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tineola.bisselliella.7218.jpg> [dostęp 6.11.2022], licencja: CC BY-SA 2.5.

Czy mole to tylko owady, które wylatują z szafy (Rys. 3.)? Nie, mol to jednostka ilości substancji (kiedyś mówiono „liczności materii”, lecz po redefinicji mola zostało to zmienione). **Mol** jest ilością materii zawierającą dokładnie  $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$  cząstek. Wartość ta określana jest w nauce liczbą Avogadro i oznaczana symbolem  $N_A$ .

### Definicja: mol

**obowiązująca do 19.05.2019:** liczność materii układu zawierającego liczbę cząstek równą liczbie atomów w masie 0,012 kilograma węgla 12; przy stosowaniu mola należy określić rodzaj cząstek, którymi mogą być: atomy, cząsteczki, jony, elektrony, inne cząstki lub określone zespoły takich cząstek.

**obowiązująca od 20.05.2019:** jednostka SI ilości substancji. Jeden mol zawiera dokładnie  $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  obiektów elementarnych. Liczba ta jest ustaloną wartością liczbową stałej Avogadro  $N_A$  wyrażonej w jednostce  $\text{mol}^{-1}$  i jest nazywana liczbą Avogadro. Ilość substancji, symbol  $n$ , układu jest miarą liczby obiektów elementarnych danego rodzaju. Obiektem elementarnym może być atom, cząsteczka, jon, elektron, każda inna cząstka lub grupa cząstek danego rodzaju.

## Ile jest światłości?

Pozostaje nam do omówienia ostatnia z jednostek podstawowych, a mianowicie [kandela](#). Kojarzy nam się ona z angielskim słowem *candle*, czyli świeczka. I bardzo dobrze, że tak jest, gdyż kandela określa światłość emitowaną w określonym kierunku. Jest to jedyna jednostka SI związana z percepcją człowieka.

### Definicja: kandela

**obowiązująca do 19.05.2019:** światłość źródła emitującego w określonym kierunku promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości  $540 \times 10^{12}$  herców i o natężeniu promieniowania w tym kierunku równym  $1/683$  wata na steradian.

**obowiązująca od 20.05.2019:** jednostka SI światłości w określonym kierunku. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej skuteczności świetlnej monochromatycznego promieniowania o częstotliwości  $540 \times 10^{12}$  Hz,  $K_{\text{cd}}$ , wynoszącej 683, wyrażonej w jednostce  $\text{lm W}^{-1}$ , która jest równa  $\text{cd sr W}^{-1}$  lub  $\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$ , gdzie kilogram, metr i sekunda są zdefiniowane za pomocą  $h$ ,  $c$  i  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

## Podsumujmy siedem podstawowych jednostek.

W układzie SI mamy siedem podstawowych wielkości i jednostek. Prezentuje je Tabela 2.

Wielkość fizyczna	Jednostka	Symbol jednostki
długość	metr	m
masa	kilogram	kg

czas	sekunda	s
natężenie prądu elektrycznego	amper	A
temperatura	kelwin	K
światłość	kandela	cd
ilość substancji	mol	mol

**Tab. 2.** Zestawienie podstawowych wielkości układu SI i ich jednostek.

## Słowniczek

### amper

(*ang.: ampere*) – jednostka SI natężenia prądu elektrycznego. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej ładunku elementarnego  $e$ , wynoszącej  $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ , wyrażonej w jednostce C, która jest równa  $A\,s$ , gdzie sekunda zdefiniowana jest za pomocą  $\Delta\nu_{Cs}$ .

### kandela

(*ang.: candela*) – jednostka SI światłości w określonym kierunku. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej skuteczności świetlnej monochromatycznego promieniowania o częstotliwości  $540 \times 10^{12}$  Hz,  $K_{cd}$ , wynoszącej 683, wyrażonej w jednostce  $lm\,W^{-1}$ , która jest równa  $cd\,sr\,W^{-1}$  lub  $cd\,sr\,kg^{-1}\,m^{-2}\,s^3$ , gdzie kilogram, metr i sekunda są zdefiniowane za pomocą  $h$ ,  $c$  i  $\Delta\nu_{Cs}$ .

### kelwin

(*ang.: kelvin*) – jednostka SI temperatury termodynamicznej. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Boltzmanna  $k$ , wynoszącej  $1,380\,649 \times 10^{-23}$ , wyrażonej w jednostce  $J\,K^{-1}$ , która jest równa  $kg\,m^2\,s^{-2}\,K^{-1}$ , gdzie kilogram, metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą  $h$ ,  $c$  i  $\Delta\nu_{Cs}$ .

### kilogram

(*ang.: kilogram*) – jednostka SI masy. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Plancka  $h$ , wynoszącej  $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ ,

wyrażonej w jednostce J s, która jest równa  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ , przy czym metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą  $c$  i  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$

### **metr**

(*ang.: metre*) – jednostka SI długości. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej prędkości światła w próżni  $c$ , wynoszącej 299 792 458, wyrażonej w jednostce  $\text{m s}^{-1}$ , przy czym sekunda zdefiniowana jest za pomocą częstotliwości cezowej  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

### **mol**

(*ang.: mole*) – jednostka SI ilości substancji. Jeden mol zawiera dokładnie  $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  obiektów elementarnych. Liczba ta jest ustaloną wartością liczbową stałej Avogadro  $N_{\text{A}}$  wyrażonej w jednostce  $\text{mol}^{-1}$  i jest nazywana liczbą Avogadro. Ilość substancji, symbol  $n$ , układu jest miarą liczby obiektów elementarnych danego rodzaju. Obiektem elementarnym może być atom, cząsteczka, jon, elektron, każda inna cząstka lub danego rodzaju grupa cząstek.

### **sekunda**

(*ang.: second*) – jednostka SI czasu. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej częstotliwości cezowej  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ , to jest częstotliwości nadsubtelnego przejścia w atomach cezu 133 w niezaburzonym stanie podstawowym, wynoszącej 9 192 631 770, wyrażonej w jednostce Hz, która jest równa  $\text{s}^{-1}$ .

### **steradian**

(*ang.: steradian*) – jednostka kąta bryłowego. W analogii do jednostki kąta płaskiego - radiana (taki kąt, że iloraz długości łuku kąta to promienia tego łuku wynosi jeden) - steradian określa się jako taki kąt rozwarcia stożka, że jego przecięcie ze sferą o promieniu  $r$  daje fragment tej sfery o polu  $1 \cdot r^2$ . Piszemy jawnie jedynekę, aby przypomnieć, że pole powierzchni całej sfery to  $4\pi r^2$ . Można więc powiedzieć, że cała przestrzeń ma  $4\pi$  steradianów, albo że taka jest miara pełnego kąta bryłowego. Na płaszczyźnie  $1 \text{ rad} \approx 57,3^\circ$ , w przestrzeni  $1 \text{ sr} \approx 65,5^\circ$ .



# Gra edukacyjna (gamifikacja, grywalizacja)

---

## Zawody metrologiczne

### Powtórzenie definicji jednostek SI

Metrologia jest nauką o pomiarach oraz interpretacji ich wyników. Siłą rzeczy zawiera więc działy, które traktują o miarach, jednostkach, wzorcach.

Każdy fizyk musi znać się, choć trochę, na tym wszystkim.

A jak z tym u Ciebie? Dasz sobie radę z siedmioma podstawowymi jednostkami układu SI i z wielkościami, które za ich pomocą wyrażamy? Spróbuj. Gra jest na czas, wymaga zarówno dobrej pamięci jak i niejakiego oblatania w tych jednostkach i wielkościach.

Poza tym, jak w każdej grze, przyda się odrobina szczęścia.

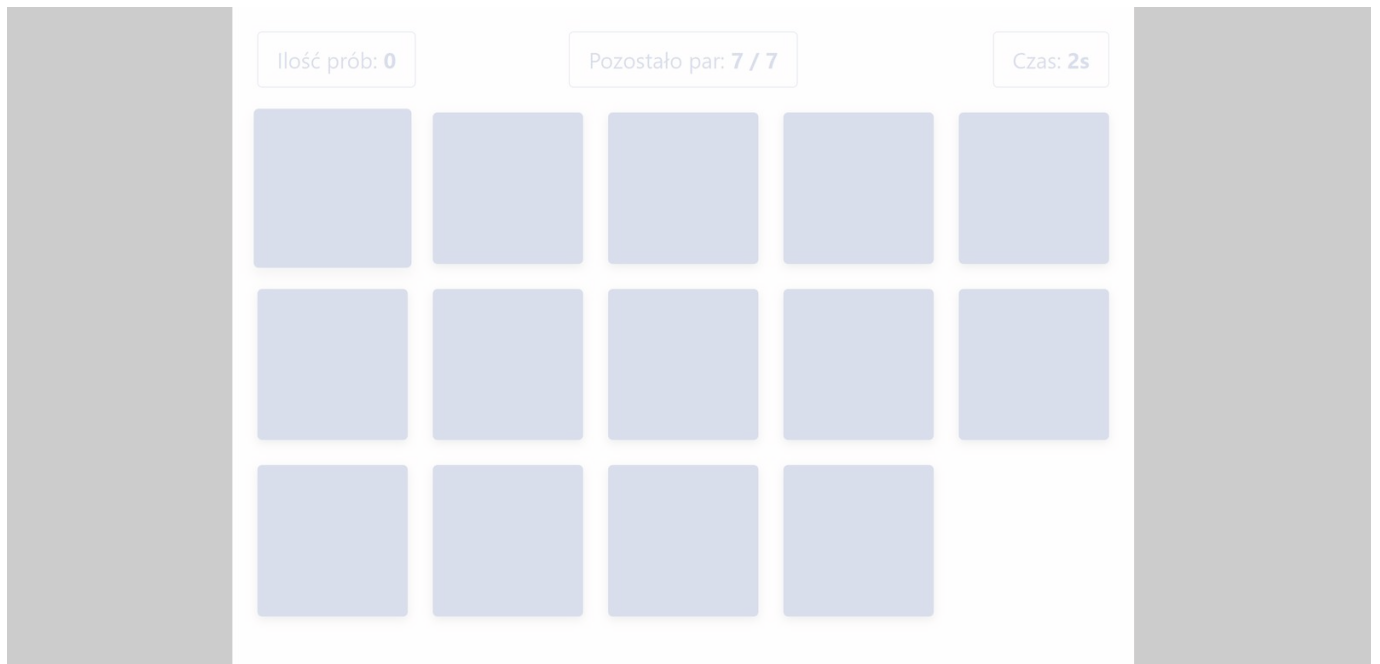
Po każdej grze notuj wyniki obu części - sprawdź, czy dasz radę awansować w hierarchii metrologów.

Łączny czas obu części gry	Należny tytuł
do 20"	nie ma nazwy, ale <i>chapeau bas</i>
21" – 40"	metrolog magik
41" – 60"	metrolog naczelny
61" – 90"	metrolog kluczowy
91" – 120"	metrolog specjalista
121" – 180"	metrolog kompetentny
181" – 240"	metrolog początkujący
241" i więcej	metrolog amator

Tabela pragmatyki awansu w hierarchii metrologów.

Zanim zaczniesz, przejdź do trybu pełnoekranowego!

---



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D8Q8SyKK0>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Można do tego podejść w sposób mniej lub bardziej zobowiązujący. Oto dwa polecenia na podsumowanie.

## Polecenie 1

(Nieco mniej zobowiązujące.)

Rozszyfruj zaproponowane opisy i przypisz każdemu właściwą jednostkę podstawową układu SI.

Niezobowiązujący opis	Jednostka
William Thomson, lord ..., brytyjski uczony	<input type="text"/>
skojarz z włoskim uczonym o nieodmienialnym nazwisku	<input type="text"/>
oznacza drugą małą część, nie tylko kąta	<input type="text"/>
pochodzi od greckiego „mierzę”	<input type="text"/>
André-Marie..., francuski uczony	<input type="text"/>
pochodzi od greckiego wyrazu, oznaczającego także pisanie i rysowanie	<input type="text"/>
skojarz z elegancką nazwą stojącego świecznika	<input type="text"/>

amper

kandela

mol

kilogram

metr

sekunda

kelwin

## Polecenie 2

(Nieco bardziej zobowiązujące.)

Przypisz siedem podstawowych jednostek układu SI najbardziej trafnym ich opisom.

Jednostka zdefiniowana za pomocą:	nazwa jednostki
specyficznej częstotliwości	<input type="text"/>
prędkości światła i wartości sekundy	<input type="text"/>
stałej Plancka, wartości metra i wartości sekundy	<input type="text"/>
ładunku elementarnego i wartości sekundy	<input type="text"/>
stałej Boltzmana, wartości kilograma, wartości metra i wartości sekundy	<input type="text"/>
stałej grawitacji, wartości kelwina, wartości kilograma, wartości metra i wartości sekundy	<input type="text"/>
stałej wyrażonej w sztukach	<input type="text"/>
mało zrozumiałych wielkości, wśród nich waty	<input type="text"/>

kandela

nie ma takiej

sekunda

kilogram

metr

amper




kelwin

weber

mol

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Spośród podanych jednostek wybierz te, które są podstawowymi jednostkami układu SI.

niuton

mol

wolt

dżul

Hertz

metr

parsek

sekunda

stopień Celsjusza

wat

amper

kilogram

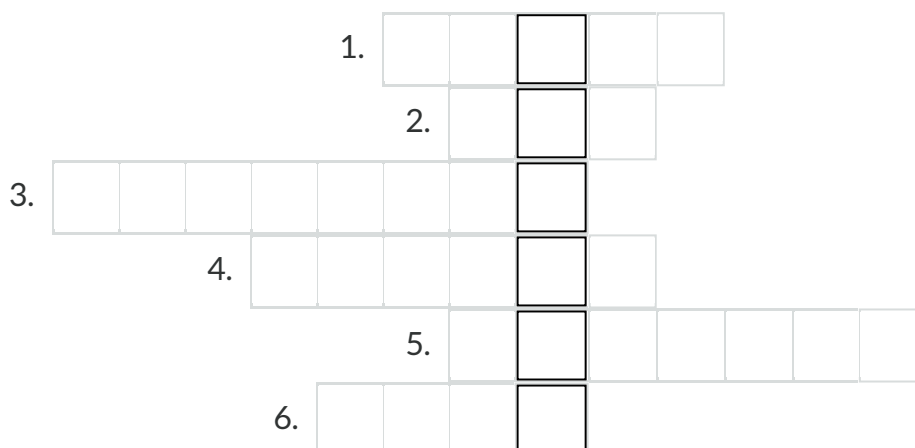
gram

kandela

## Ćwiczenie 2



Rozwiąż krzyżówkę, a następnie zastanów się nad zdefiniowaniem otrzymanego hasła.



1. Jednostka natężenia prądu w układzie SI
2. Jednostka ilości substancji w układzie SI
3. Jednostka masy w układzie SI
4. Jednostka temperatury w układzie SI
5. Jednostka światłości w układzie SI
6. Jednostka długości w układzie SI

## Ćwiczenie 3



Uzupełnij zdanie.

W 1960 roku w  członkowie  stworzyli zestaw jednostek i opisujących je wielkości, którymi posługiwali się także inne państwa. Nazwano go Układem SI.

## Ćwiczenie 4



Podstawowe jednostki układu SI są zdefiniowane za pomocą pewnych stałych fizycznych. Połącz jednostkę ze stałą, która ją definiuje.

amper	ładunek elementarny
sekunda	częstotliwość cezowa
kilogram	liczba Avogadro
mol	prędkość światła
metr	stała Plancka

## Ćwiczenie 5



Do podanej wielkości fizycznej dopisz skrót symbolizujący jej jednostkę.

długość:	kg
czas:	K
masa:	A
światłość:	s
natężenie prądu:	cd
temperatura:	mol
ilość substancji:	m

## Ćwiczenie 6



Połącz jednostkę z jej definicją.

sekunda

jednostka zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej ładunku elementarnego  $e$ , wynoszącej  $1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ , wyrażonej w jednostce C, która jest równa  $A\ s$ , gdzie sekunda zdefiniowana jest za pomocą  $\Delta\nu_{Cs}$ .

amper

jednostka zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej prędkości światła w próżni  $c$ , wynoszącej  $299\ 792\ 458$ , wyrażonej w jednostce  $m\ s^{-1}$ , przy czym sekunda zdefiniowana jest za pomocą częstotliwości cezowej  $\Delta\nu_{Cs}$ .

metr

jednostka zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej częstotliwości cezowej  $\Delta\nu_{Cs}$ , to jest częstotliwości nadsubtelnego przejścia w atomach cezu 133 w niezaburzonym stanie podstawowym, wynoszącej  $9\ 192\ 631\ 770$ , wyrażonej w jednostce Hz, która jest równa  $s^{-1}$ .

kelwin

jednostka zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Boltzmann  $k$ , wynoszącej  $1,380\ 649 \times 10^{-23}$ , wyrażonej w jednostce  $J\ K^{-1}$ , która jest równa  $kg\ m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$ , gdzie kilogram, metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą  $h$ ,  $c$  i  $\Delta\nu_{Cs}$ .

kilogram

jednostka zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Plancka  $h$ , wynoszącej  $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ , wyrażonej w jednostce  $J\ s$ , która jest równa  $kg\ m$ .

### Ćwiczenie 7



Wiedząc, że jeden mol wg przyjętej definicji zawiera dokładnie  $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  obiektów elementarnych, oblicz, ile moli ma w sobie ciało mające około  $39 \times 10^{23}$  cząsteczek.

Wynik podaj w zaokrągleniu do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź:  mola

### Ćwiczenie 8



Jak wiadomo, natężenie prądu to ilość ładunku płynącego przez przekrój poprzeczny przewodnika w czasie 1s. Wiedząc, że wynosi ono 5 A, oblicz, korzystając z definicji ampera, ile elektronów przepływa przez ten przekrój w jednostce czasu. Wynik podaj w postaci wykładniczej w zaokrągleniu do trzech cyfr znaczących.

Odpowiedź:  \*10

# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Ewelina Kędzierska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Podstawowe wielkości układu SI i ich jednostki</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne:</b></p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p><b>Zakres podstawowy:</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności.</p>

---

<p><b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b></p>	<p><b>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>
<p><b>Cele operacyjne:</b></p>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. omawia historyczne sposoby pomiaru wielkości fizycznych,</li> <li>2. wyjaśnia, czym jest układ SI,</li> <li>3. wymienia podstawowe wielkości układu SI i ich jednostki,</li> <li>4. tłumaczy, jak zdefiniowane są podstawowe jednostki układu SI.</li> </ol>
<p><b>Strategie nauczania:</b></p>	<p>IBSE</p>
<p><b>Metody nauczania:</b></p>	<p>merytoryczna dyskusja wprowadzająca, obserwacja, rozmowa kierowana, <i>burza mózgów</i></p>
<p><b>Formy zajęć:</b></p>	<p>praca indywidualna, dyskusja grupowa</p>
<p><b>Środki dydaktyczne:</b></p>	<p>tablica multimedialna / rzutnik</p>
<p><b>Materiały pomocnicze:</b></p>	<p>-</p>
<p><b>PRZEBIEG LEKCJI</b></p>	
<p><b>Faza wprowadzająca:</b></p>	

Nauczyciel rozpoczyna lekcję poprzez zaciekawienie uczniów tematem. Następnie, zadaniem nauczyciela jest rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy w merytorycznej dyskusji wprowadzającej (może to być także rozmowa kierowana na historyczne sposoby wykonywania pomiarów).

### **Faza realizacyjna:**

- Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu:
  - nauczyciel w ciągu lekcji zadaje uczniom pytania prowokując ich do udzielania odpowiedzi;
  - nauczyciel tłumaczy uczniom, czym są w fizyce wielkości pomiarowe i prosi ich o wytypowane siedmiu podstawowych,
  - uczniowie wymieniają wielkości fizyczne,
  - nauczyciel zapisuje na tablicy odpowiedzi uczniów,
  - nauczyciel naprowadza uczniów, jeśli nie wymieniają wszystkich wielkości układu SI,
  - nauczyciel wraz z uczniami wybierają z zapisanych na tablicy wielkości podstawowe, pozostałe ścierają,
  - nauczyciel prosi uczniów o dopisanie jednostek do wielkości, które uważają za podstawowe,
  - uczniowie dopisują jednostki do wielkości,
  - nauczyciel koryguje ewentualne błędy,
  - nauczyciel przedstawia uczniom definicje poszczególnych jednostek układu SI,
  - nauczyciel pyta uczniów o to, dlaczego np. zmieniono wzorzec kilograma i zastąpiono go bardziej skomplikowaną definicją zawierającą stałe fizyczne, – uczniowie odpowiadają na pytanie nauczyciela na zasadzie tzw. burzy mózgów,
  - nauczyciel koryguje odpowiedzi uczniów i ewentualnie ich naprowadza – nauczyciel zapisuje stałe fizyczne służące do zdefiniowania podstawowych jednostek układu SI.
- Kolejny etap lekcji obejmuje rekonstruowanie wiedzy uczniów:
  - uczniowie wykonują zadania wskazane przez nauczyciela (mogą to być zadania dołączone do niniejszego materiału),
  - nauczyciel sprawdza poprawność uczniowskich rozwiązań.

**Faza podsumowująca:**

Nauczyciel przeprowadza z uczniami rozmowę, podczas której omawiają rozwiązywane w trakcie lekcji zadania. Dodatkowo powinien sprowokować uczniów do wskazania problemów napotkanych w czasie samodzielnej pracy.

**Praca domowa:**

Zadaniem uczniów jest zapoznanie się z grą edukacyjną dołączoną do niniejszego materiału oraz wyselekcjonowanie kluczowych informacji i sporządzenie notatki z zajęć.

Nauczyciel zachęca uczniów do zorganizowania się w kilkusobowe grupy i do rywalizowania o jak najwyższy tytuł w zaproponowanej hierarchii metrologicznej.

**Wskazówki**

**metodyczne opisujące  
różne zastosowania  
danego multimedium:**

Gra edukacyjna może być wykorzystana do samodzielnej pracy ucznia przed lub po lekcji.