

wydanie  
polecane  
przez  
nauczycieli



# TABLICE

## fizyczne z astronomią

- przejrzysty układ
- niezastąpione na lekcji i w domu
- zgodne z potrzebami uczniów  
i wymaganiami nauczycieli



**GREG**  
WYDAWNICTWO EDUKACYJNE

**Autor:**  
Alicja Nawrot

**Redakcja merytoryczna:**  
Grzegorz Dzioba

**Korekta:**  
Agnieszka Sabak  
Patrycja Jabłońska

ISBN 978-83-7517-017-7

© Copyright by Wydawnictwo „GREG”  
Kraków

31-979 Kraków, ul. Klasztorna 2B  
tel. (12) 680-15-50  
[www.greg.pl](http://www.greg.pl)

Księgarnia internetowa: [www.greg.pl](http://www.greg.pl)

Wszystkie prawa zastrzeżone.  
Żadna część niniejszej publikacji nie może być reprodukowana  
lub przedrukowana bez pisemnej zgody Wydawnictwa „GREG”.  
Dotyczy to także przenoszenia danych do systemów komputerowych,  
wykonywania fotokopii i mikrofilmów.

**Skład i łamanie:** BROS

**Opracowanie graficzne:** BROS

**Projekt okładki:** Aleksandra Zimoch

Shutterstock:Awstok, Bildagentur Zoonar GmbH, diversepixel, Zimiri

# SPIS TREŚCI

<b>MIĘDZYNARODOWY UKŁAD JEDNOSTEK SI</b> .....	7
Podstawowe i uzupełniające jednostki międzynarodowego układu jednostek SI .....	7
Definicje jednostek podstawowych i uzupełniających .....	7
<b>MECHANIKA</b> .....	8
Kinematyka .....	8
Ruch prostoliniowy .....	10
Dynamika .....	16
Składanie sił .....	18
Rozkładanie sił .....	18
Tarcie .....	18
Ruch okresowy .....	19
Twierdzenie Steinera .....	26
Zasady dynamiki dla ruchu obrotowego .....	26
Zasada niezależności działania momentów sił .....	26
Zasada zachowania momentu pędu dla bryły sztywnej .....	26
Pole grawitacyjne .....	26
Teoria względności .....	28
Prawo Pascala .....	30
Prawo Archimidesa .....	31
Gazy .....	31
Ciecze .....	33
<b>ZJAWISKA CIEPLNE</b> .....	34
Termodynamika .....	35
<b>ELEKTROSTATYKA</b> .....	36
Prąd zmienny .....	41
Pole magnetyczne .....	42
Elektromagnetyzm .....	42
Fale elektromagnetyczne .....	44
<b>OPTYKA</b> .....	46
Zwierciadła .....	46
Soczewki .....	48
Przyrządy optyczne .....	50
Dyfrakcja i interferencja .....	51
<b>AKUSTYKA</b> .....	52
Podział wrażeń słuchowych .....	52
<b>MECHANIKA KWANTOWA</b> .....	52
Cząstki elementarne (przykłady) .....	53

FIZYKA ATOMOWA .....	54
Budowa atomu (model Bohra) .....	54
Serie widmowe wodoru .....	55
Liczby kwantowe .....	56
FIZYKA JĄDROWA .....	56
Rozpady promieniotwórcze .....	56
ASTRONOMIA .....	57
Jednostki astronomiczne .....	57
Orientacja na niebie .....	57
Doba .....	59
Miesiąc .....	59
Pory roku .....	59
Fazy Księżyca .....	60
Budowa Słońca .....	60
Budowa Ziemi .....	61
Planety .....	61
Stadia rozwoju Wszechświata .....	61
Diagram Hertzsprunga-Russela .....	62
Podstawowe stałe fizyczne .....	63
Alfabet grecki .....	64

# MIĘDZYNARODOWY UKŁAD JEDNOSTEK SI

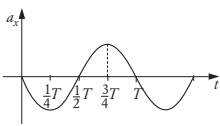
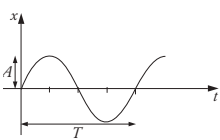
## PODSTAWOWE I UZUPEŁNIAJĄCE JEDNOSTKI MIĘDZYNARODOWEGO UKŁADU JEDNOSTEK SI

**Międzynarodowy układ jednostek SI** zbudowany jest na bazie siedmiu niezależnych podstawowych jednostek i dwóch jednostek uzupełniających.

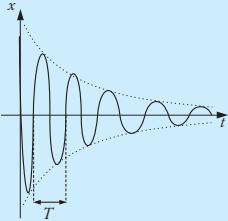
Wielkość	Nazwa jednostki	Oznaczenie
<b>Jednostki podstawowe</b>		
długość	metr	m
masa	kilogram	kg
czas	sekunda	s
natężenie prądu elektrycznego	amper	A
temperatura	kelwin	K
światłość	kandela	cd
ilość materii	mol	mol
<b>Jednostki uzupełniające</b>		
kąt płaski	radian	rad
kąt bryłowy	steradian	sr

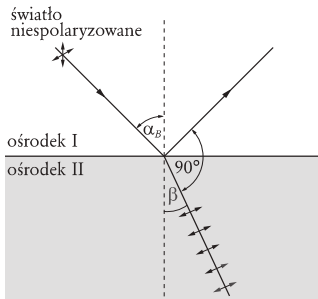
## DEFINICJE JEDNOSTEK PODSTAWOWYCH I UZUPEŁNIAJĄCYCH

Nazwa	Definicje
metr (m)	jednostka długości, definiowana jako odległość przebyta przez światło w próżni w czasie $1/299\,792\,458$ sekundy wyrażona w jednostce $\text{m s}^{-1}$
kilogram (kg)	jednostka masy, definiowana jako ustalona wartość liczbową stałej Plancka $h$ , wynosząca $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ wyrażona w jednostce $\text{J s}$ , która jest równa $\text{kg m}^2\text{s}^{-1}$
sekunda (s)	jednostka czasu, definiowana jako ustalona wartość liczbową częstotliwości cezowej $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ , czyli częstotliwości nadsubtelnego przejścia w atomach cezu 133 w niezaburzonym stanie podstawowym, wynosząca $9192631770$ , wyrażona w jednostce $\text{Hz}$ , która jest równa $\text{s}^{-1}$
amper (A)	jednostka prądu elektrycznego, definiowana jako ustalona wartość liczbową ładunku elementarnego $e$ , wynosząca $1,602176634 \times 10^{-19}$ , wyrażona w jednostce $\text{C}$ , która jest równa $\text{A s}$ , gdzie sekunda zdefiniowana jest przy użyciu $\Delta\nu_{\text{Cs}}$
kelwin (K)	jednostka temperatury termodynamicznej, definiowana jako ustalona wartość liczbową stałej Boltzmanna $k$ , wynosząca $1,380\,649 \times 10^{-23}$ , wyrażona w jednostce $\text{J K}^{-1}$ , która jest równa $\text{kgm}^2\text{s}^{-2}\text{K}^{-1}$ , gdzie kilogram, metr i sekunda zdefiniowane są przy użyciu $h$ , ci $\Delta\nu_{\text{Cs}}$

Definicja	Rysunek	Wielkość	Wzór	Jednostka
wykreś zależności przyspieszenia od czasu $a(t)$		przyspieszenie (współrzędna x-owa)	$V_x(t) = a_x(t) = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$ W przypadku, gdy w chwili rozpoczęcia obserwacji ciało znajdowało się w położeniu równowagi, $\varphi_0 = 0$	
		<b>okres drgań T</b> – czas, w którym ciało wykona jedno pełne drganie	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $m$ – masa ciała drgającego $k$ – współczynnik sprężystości	s
		<b>częstotliwość f</b> – liczba drgań w jednostce czasu	$f = \frac{1}{T}$	1 Hz = $\frac{1}{s}$
		<b>amplituda drgań A</b> – maksymalne wychylenie z położenia równowagi		1 m, 1 cm, 1 mm
		<b>Częstość kołowa <math>\omega</math></b> – określa prędkość zmiany fazy w funkcji czasu.	$\omega = \frac{2\pi}{T}$	1 $\frac{\text{rad}}{s}$
		<b>Wychylenie x</b> – współrzędna położenia drgającego ciała w danej chwili.		1 m, 1 cm, 1 mm
		<b>Siła sprężystości <math>F_s</math></b> – siła działająca na obiekt drgający, wprost proporcjonalna do wychylenia z położenia równowagi i zwrócona w stronę położenia równowagi.	$F_s = -kx$ $k$ – współczynnik sprężystości – sprężyny	1 N
		Dynamiczne równanie ruchu:	$-kx = ma$ $m$ – masa ciała drgającego $a$ – przyspieszenie ciała drgającego	

## DRGANIA TŁUMIONE I WYMUSZONE. REZONANS MECHANICZNY

Definicja	Wielkość	Wzór
<p><b>Drgania tłumione</b> – drgania, w których amplituda maleje w czasie wskutek rozpraszania się energii układu drgającego.</p> 	<p>Dynamiczne równanie ruchu układu drgającego tłumionego</p>	$-kx = -f \frac{dx}{dt}$
	<p>Kinematyczne równanie ruchu drgań harmonijnych tłumionych</p>	$x = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi_0)$ <p><math>A_0</math> – amplituda początkowa, <math>\varphi_0</math> – faza początkowa <math>\beta</math> – współczynnik tłumienia</p>
	<p>Okres drgań tłumionych <math>T</math></p>	$T = \frac{2\pi}{\omega}$ $T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$ <p><math>\omega_0</math> – częstość kołowa drgań własnych</p>
	<p><b>Logarymiczny dekrement tłumienia <math>\delta</math></b> – logarytm naturalny ze stosunku dwóch kolejnych wartości amplitud, z których druga następuje po pierwszej w odstępie czasu równym okresowi drgań tłumionych. Jest to wielkość bezwymiarowa, charakterystyczna dla danego układu tłumionego, określająca szybkość zaniku jego drgań.</p>	$\delta = \ln \frac{A_0 e^{-\beta t}}{A_0 e^{-\beta(t+T)}}$ $\delta = \ln e^{-\beta T}$ $\delta = \beta T$
	<p>Czas relaksacji <math>\tau</math> – czas, po upływie którego amplituda drgań tłumionych zmniejsza się <math>e</math>-krotnie.</p>	$\tau = \frac{1}{\beta}$
<p><b>Drgania wymuszone</b> – drgania wywołane zewnętrznym źródłem energii, o zmieniającym się w czasie natężeniu.</p>	<p>Siła wymuszająca <math>F_w</math> – siła działająca na układ tłumiony, okresowo zmienna o częstości zbliżonej do częstości drgań własnych układu</p>	$F_w = F_0 \cos \omega t$ <p>gdzie <math>\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2</math></p>
	<p>Amplituda drgań <math>A_0</math></p>	$A_0 = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}$



Całkowita polaryzacja światła przez odbicie od powierzchni przezroczystych zachodzi wtedy, gdy promień odbity i promień załamany tworzą kąt  $90^\circ$ . Kąt całkowitej polaryzacji nosi nazwę kąta Brewstera.

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$$

$\alpha_B$  - kąt Brewstera

$n_{2,1}$  - współczynnik załamania ośrodka przezroczystego II względem ośrodka I

$n_1, n_2$  - bezwzględne współczynniki załamania światła w ośrodku I i II

## AKUSTYKA

### PODZIAŁ WRAŻEŃ SŁUCHOWYCH

ton	wrażenie słuchowe wywołane falą sinusoidalną
dźwięk	wrażenie słuchowe wywołane falą niesinusoidalną
szmer	wrażenie słuchowe nieokresowe wywołane falami o różnych częstotliwościach

#### Zjawisko Dopplera

$$v' = v \frac{v_f \pm v_{\text{odb}}}{v_f \pm v_z}$$

$v_z$  - szybkość źródła dźwięku

$v_f$  - szybkość fali dźwiękowej w powietrzu

$v$  - częstotliwość fali wysyłanej przez źródło

$v'$  - częstotliwość fali odbieranej

## MECHANIKA KWANTOWA

#### Zasada nieoznaczoności Heisenberga

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Jeżeli chcemy dokładnie wyznaczyć składową  $x$  położenia cząsteczki, to tracimy możliwość uzyskania informacji o składowej pędu w tym kierunku i na odwrót.

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$$

Pomiar energii z dokładnością do  $\Delta E$  wymaga co najmniej czasu  $\Delta t \sim \frac{h}{2E}$

#### Hipoteza de Broglie'a

Każdemu obiektowi mikroskopowemu przypisuje się falę o długości:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \begin{array}{l} h - \text{stała Plancka} \\ p - \text{pęd} \end{array}$$

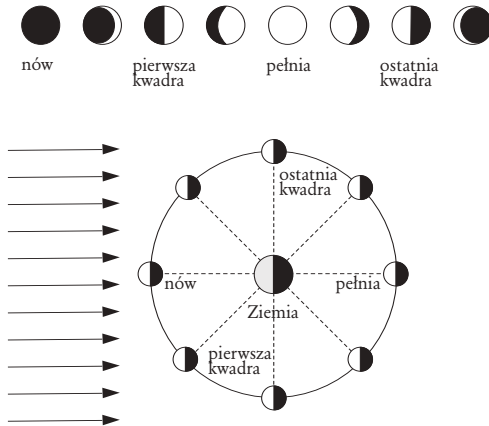
Wielkość	Ładunek	Masa
proton	+ 1 e + 1,620 176 · 10 <sup>-19</sup> C	1,672 621 · 10 <sup>-27</sup> kg 1,007 276 u 938,272 MeV

Wielkość	Ładunek	Masa
neutron	0 0	$1,674927 \cdot 10^{-27}$ kg 1,008664915 u 939,565 MeV
elektron	-1 $-1,602176 \cdot 10^{-19}$ C	$9,109382 \cdot 10^{-31}$ kg 0,000548579 u 0,510999 MeV

### CZĄSTKI ELEMENTARNE (PRZYKŁADY)

Nazwa cząstki	Oznaczenie	Ładunek	Masa spoczynkowa (MeV)	Spin	Czas życia (s)	
FOTON	$\gamma$	0	0	1	stabilne	
LEPTONY						
neutrino elektronowe	$\nu_e$	0	0	$\frac{1}{2}$	stabilne	
neutrino mionowe	$\nu_\mu$	0	0	$\frac{1}{2}$	stabilne	
antyneutrino elektronowe	$\bar{\nu}_e$	0	0	$\frac{1}{2}$	stabilne	
antyneutrino mionowe	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	$\frac{1}{2}$	stabilne	
elektron	$e^-$	-1	0,511	$\frac{1}{2}$	stabilne	
pozyton	$e^+$	+1	0,511	$\frac{1}{2}$	stabilne	
mion $\mu^-$	$\mu^-$	-1	105,57	$\frac{1}{2}$	$2,2 \cdot 10^{-6}$	
mion $\mu^+$	$\mu^+$	+1	105,57	$\frac{1}{2}$	$2,2 \cdot 10^6$	
HADRONY						
MEZONY	pion $\Pi^-$	$\Pi^-$	-1	139,6	0	$2,55 \cdot 10^{-8}$
	pion $\Pi^0$	$\Pi^0$	0	135,05	0	$1,8 \cdot 10^{-16}$
	pion $\Pi^+$	$\Pi^+$	+1	139,6	0	$2,55 \cdot 10^{-8}$

## FAZY KSIĘŻYCA

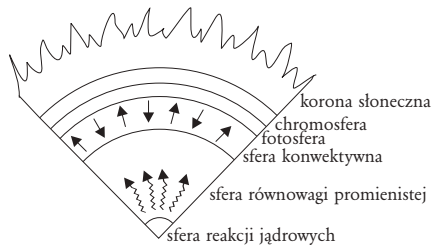


## BUDOWA SŁOŃCA

masa	$1,988 \cdot 10^{30}$ kg
gęstość	$1408 \text{ kg/m}^3$
temp. powierzchni	$5520^\circ\text{C}$
temp. wnętrza	ok. $16 \cdot 10^6$ K
średnica liniowa	1392000 km
objętość	$1,41 \cdot 10^{18} \text{ km}^3$
skład chemiczny	Wodór - H - 73,46 % Hel - He - 24,85 %

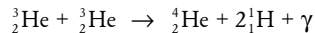
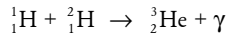
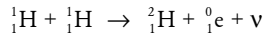
Natomiast pozostałych pierwiastków jest w sumie ok. 1%

## Budowa wewnętrzna

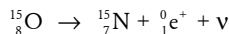
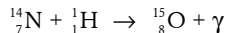
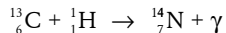
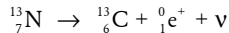
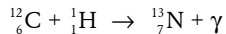


## Reakcje termojądrowe

### - cykl protonowo-protonowy



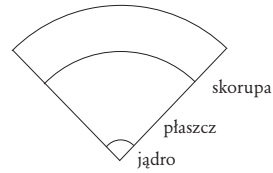
### - cykl węglowo-azotowy



## BUDOWA ZIEMI

masa	$5,97 \cdot 10^{24}$ kg
gęstość	$5513 \text{ kg/m}^3$
temp. powierzchni	ok. $15^\circ\text{C}$
temp. wnętrza	ok. $5000 \text{ K}$
średnica liniowa	$12742 \text{ km}$
objętość	$1,08 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$
skład chemiczny	Fe O Si Al

## Budowa wewnętrzna



## PLANETY

Planeta	Średnia odł. od Słońca [mln km]	Okres obiegu dookoła Słońca [lata zwrotnikowe*]	Średnica [km]	Średnia gęstość [ $\text{g/cm}^3$ ]	Okres obrotu dookoła osi [h]	Masa [kg]
Merkury	57,74	0,24085	4878	5,5	2111	$0,33 \cdot 10^{24}$
Wenus	108,141	0,61521	12104	5,27	**	$4,9 \cdot 10^{24}$
Ziemia	149,504	1,00004	12756	5,52	23,933	$5,97 \cdot 10^{24}$
Mars	227,798	1,88089	6860	3,85	24,617	$0,64 \cdot 10^{24}$
Jowisz	777,84	11,8622	143640	1,31	9,9	$1900 \cdot 10^{24}$
Saturn	1426,1	29,4577	120570	0,68	10,3	$590 \cdot 10^{24}$
Uran	2867,83	84,0153	57070	1,68	10,7	$87 \cdot 10^{24}$
Neptun	4493,65	164,788	49670	1,61	15,8	$100 \cdot 10^{24}$
* Rok zwrotnikowy = 365d 5h 48' 46"			** 243 d			

## Prawo Hubble'a

Galaktyki oddalają się od siebie z prędkością  $v$  proporcjonalną do ich wzajemnej odległości

$$v = rH$$

gdzie  $H$  - stała Hubble'a  $\approx 1,8 \cdot 10^{-18} \frac{1}{\text{s}}$

## STADIA ROZWOJU WSZECHŚWIATA

Epoka	Czas trwania	Główne zjawiska
era Plancka	trwała przed obniżeniem się gęstości i temperatury do wart. granicznych	
era plazmy kwarkowo-gluonowej	$10^{-44}\text{s} - 10^{-4}\text{s}$	występują kwarki, antykwarki, tworzą się hadrony
era leptonowa	$10^{-4}\text{s} - 10\text{s}$	występują elektrony, neutrina i ich antycząstki



## ENCYKLOPEDIA FIZYKA Z ASTRONOMIĄ

- pełen zakres wymaganych wiadomości
- wzory, wykresy, tabele, definicje
- zrozumiały język



## repetitorium maturzysty *na 100%*

- wszystkie wymagane na maturze wiadomości
- definicje, wykresy, zadania z rozwiązaniami
- zgodne z podstawą programową



## SCIAGA

- seria zgodna z najnowszą podstawą programową
- wszystkie obowiązkowe lektury
- najczęściej omawiane wiersze

**GREG**  
WYDAWNICTWO

Wydawnictwo GREG  
ul. Klasztorna 2B ■ 31-979 Kraków  
[www.greg.pl](http://www.greg.pl)

ISBN 978-83-7517-017-7



9 788375 170177 >