

Wybrane

Wzory i stałe fizykochemiczne

na egzamin maturalny z biologii,
chemii i fizyki

Zespół redakcyjny:

dr Łukasz Banasiak (CKE)

Jadwiga Filipowska (CKE)

Aleksandra Grabowska (CKE)

dr Takao Ishikawa (CKE)

Mariusz Mroczek (CKE)

Recenzenci:

dr Waldemar Berej (UMCS)

dr hab. inż. Maciej Dranka, prof. PW

Spis treści

Potencjał wody w komórce roślinnej / Równanie Hardy'ego–Weinberga	4
Zasady azotowe / Wybrane kwasy organiczne / Hydroliza ATP	4
Podstawowe wzory ze statystyki	5
Kod genetyczny	5
Wybrane aminokwasy białkowe	6
Wybrane aminokwasy białkowe – cd.	7
Wpływ kierujący podstawników w pierścieniu aromatycznym	7
Stałe dysocjacji dla grup funkcyjnych aminokwasów w temperaturze 25 °C	8
Wartości stałej dysocjacji wybranych kwasów i zasad w temperaturze 25 °C	9
Średnie długości wiązań w cząsteczkach w fazie gazowej	9
Wartości iloczynu rozpuszczalności wybranych substancji w temperaturze 25 °C	10
Tabela wartości logarytmów dziesiętnych	10
Wybrane wskaźniki kwasowo-zasadowe	11
Potencjał standardowy redukcji	12
Wartości standardowej molowej entalpii tworzenia	13
Wartości standardowej molowej entalpii spalania	13
Rozpuszczalność soli i wodorotlenków w wodzie w temperaturze 25 °C	14
Układ okresowy pierwiastków	15
Kinematyka / Dynamika / Siły tarcia i sprężystości	16
Grawitacja i elementy astronomii	16
Drgania, fale mechaniczne i świetlne / Optyka geometryczna	17
Hydrostatyka, aerostatyka / Termodynamika	17
Elektrostatyka / Prąd elektryczny / Magnetyzm	18
Elementy mechaniki relatywistycznej / Elementy fizyki atomowej i jądrowej	19
Wybrane zależności / Podstawowe jednostki układu SI / Przedrostki jednostek miar	19
Wartości wybranych stałych fizycznych / Wybrane stałe i parametry astrofizyczne	20
Wybrane wartości jednostek spoza układu SI	20

POTENCJAŁ WODY

$$\Psi_W = \Psi_S + \Psi_P$$

Ψ_W – potencjał wody

Ψ_S – potencjał osmotyczny

Ψ_P – potencjał ciśnienia

RÓWNANIE HAF

$$p + q = 1$$

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

gdzie:

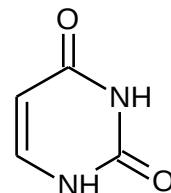
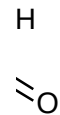
p – częstość allelu dominującego w pop

q – częstość allelu recesywnego w pop

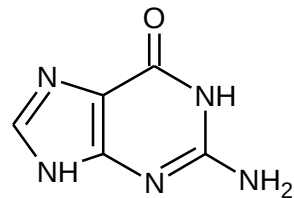
ORCE ROŚLINNEJ

WEINBERGA

DWE

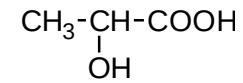


Uracyl (U)

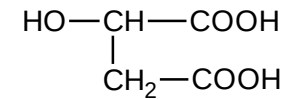


Guanina (G)

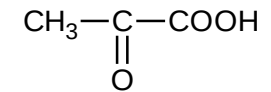
WYBRANE KWASY ORGANICZNE



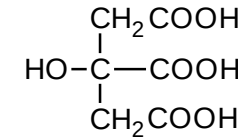
kwask mlekowy



kwask jabłkowy

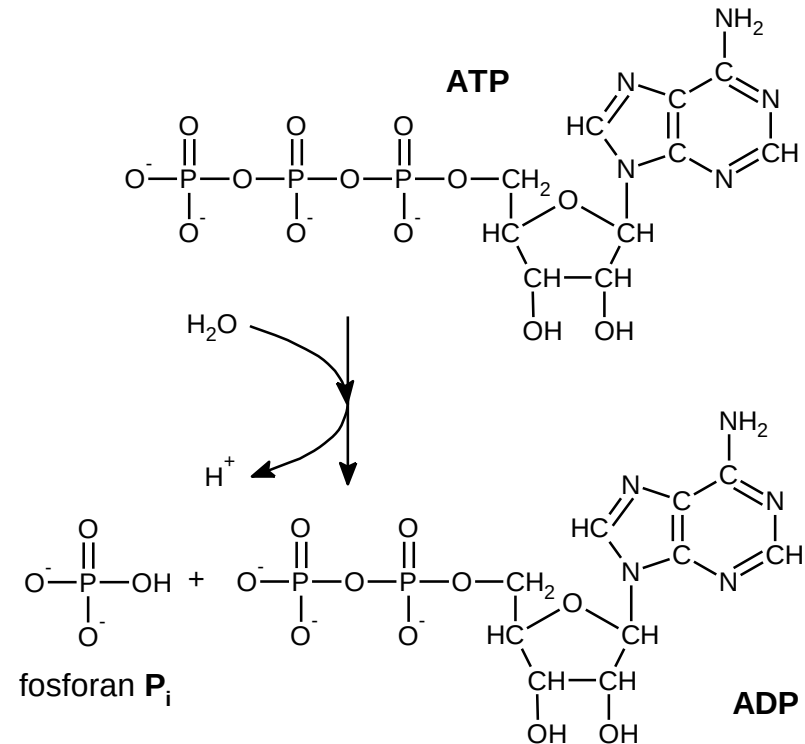


kwask pirogronowy

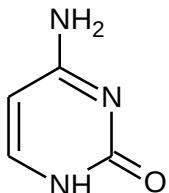


kwask cytrynowy

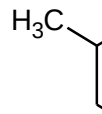
HYDROLIZA ATP



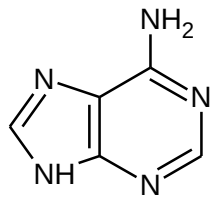
ZASAD



Cytozyna (C)



Ty

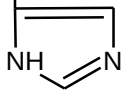


Adenina (A)

PODSTAWOWE WZORY Z GENETYKI		Błąd standardowy (odchylenie standardowe średniej)					
Średnia arytmetyczna		$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ n – liczebność próby σ – odchylenie standardowe					
$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$ n – liczebność próby $x_1, x_2, \dots, x_n$ – kolejne obserwacje		Przybliżony wzór na przedział ufności dla średniej (dla $n > 30$)					
Średnia ważona		$P\left(\bar{x} - 2 \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + 2 \frac{s}{\sqrt{n}}\right) \approx 95,45\%$ n – liczebność próby $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna wyliczona z próby μ – średnia w populacji, z której była pobierana próba s – asymptotycznie nieobciążony estymator odchylenia standardowego					
$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$ n – liczebność próby $x_1, x_2, \dots, x_n$ – kolejne obserwacje $w_1, w_2, \dots, w_n$ – wagi przyporządkowane obserwacjom		KOD GENETYCZNY					
Asymptotycznie nieobciążony estymator standardowego odchylenia		Pierwsza pozycja	Druga pozycja				Trzecia pozycja
$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$ x_i – i-ta obserwacja $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna n – liczebność próby			U	C	A	G	
Całka rozkładu normalnego – „reguła 68-95-99,7”		U	UUU fenyloalanina UUC fenyloalanina UUA leucyna UUG leucyna	UCU seryna UCC seryna UCA seryna UCG seryna	UAU tyrozyna UAC tyrozyna UAA STOP UAG STOP	UGU cysteina UGC cysteina UGA STOP UGG tryptofan	U C A G
$P(\mu - 1\sigma \leq X \leq \mu + 1\sigma) \approx 68,27\%$ $P(\mu - 2\sigma \leq X \leq \mu + 2\sigma) \approx 95,45\%$ $P(\mu - 3\sigma \leq X \leq \mu + 3\sigma) \approx 99,73\%$ X – zmienna losowa z rozkładu normalnego o średniej μ i odchyleniu standardowym σ, tzn. $X \sim N(\mu, \sigma)$		C	CUU leucyna CUC leucyna CUA leucyna CUG leucyna	CCU prolina CCC prolina CCA prolina CCG prolina	CAU histydyna CAC histydyna CAA glutamina CAG glutamina	CGU arginina CGC arginina CGA arginina CGG arginina	U C A G
		A	AUU izoleucyna AUC izoleucyna AUA izoleucyna AUG metionina, START	ACU treonina ACC treonina ACA treonina ACG treonina	AAU asparagina AAC asparagina AAA lizyna AAG lizyna	AGU seryna AGC seryna AGA arginina AGG arginina	U C A G
		G	GUU walina GUC walina GUA walina GUG walina	GCU alanina GCC alanina GCA alanina GCG alanina	GAU kw. asparaginowy GAC kw. asparaginowy GAA kw. glutaminowy GAG kw. glutaminowy	GGU glicyna GGC glicyna GGA glicyna GGG glicyna	U C A G

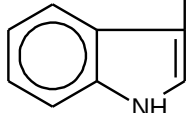
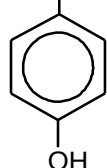
WYBRANE AMINOKWASY	
Nazwa aminokwasu	
Alanina	$\text{H}_2\text{N}-$
Arginina	$\text{H}_2\text{N}-$
Asparagina	$\text{H}_2\text{N}-$
Kwas asparaginowy	$\text{H}_2\text{N}-$
Cysteina	$\text{H}_2\text{N}-$
Glicyna	$\text{H}_2\text{N}-$

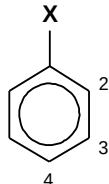
SY BIAŁKOWE		
	Kod	pI
COOH	Ala	6,00
OOH	Arg	10,76
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$		
COOH	Asn	5,41
l_2		
COOH	Asp	2,77
COOH	Cys	5,07
$\cdot\text{COOH}$	Gly	5,97

Nazwa aminokwasu	Wzór	Kod	pI
Glutamina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CONH}_2 \end{array}$	Gln	5,65
Kwas glutaminowy	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	Glu	3,22
Histydyna	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \end{array}$ 	His	7,59
Izoleucyna	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	Ile	6,02
Leucyna	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Leu	5,98

WYBRANE AMINOK	
Nazwa aminokwasu	
Lizyna	$\text{H}_2\text{N}-$
Metionina	$\text{H}_2\text{N}-$
Fenylalanina	$\text{H}_2\text{N}-$ 
Prolina	$\text{HN}-$ 
Seryna	$\text{H}_2\text{N}-$

ALKOWE – CD.		
	Kod	pI
COOH	Lys	9,74
COOH	Met	5,74
OH	Phe	5,48
COOH	Pro	6,30
COOH	Ser	5,68

Nazwa aminokwasu	Wzór	Kod	pI
Treonina	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ $\text{CH}-\text{OH}$ CH_3	Thr	5,60
Tryptofan	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ CH_2 	Trp	5,89
Tyrozyna	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ CH_2 	Tyr	5,66
Walina	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ CH / \ $\text{CH}_3 \quad \text{CH}_3$	Val	5,96

WPŁYW KIERUJĄCY PODSTAWNIKÓW W PIERŚCIENIU AROMATYCZNYM		
	Podstawniki X kierujące w położenie 2- lub 4-	Podstawniki X kierujące w położenie 3-
	$-\text{OH}$ albo $-\text{O}^-$ albo $-\text{OR}$ $-\text{NH}_2$ albo $-\text{NHR}$ albo $-\text{NR}_2$ $-\text{NHCOR}$ $-\text{R}$, $-\text{C}_6\text{H}_5$ $-\text{Cl}$, $-\text{Br}$, $-\text{I}$	$-\text{CHO}$, $-\text{COR}$ $-\text{COOH}$ albo $-\text{COOR}$ $-\text{CN}$ $-\text{NO}_2$ $-\text{NH}_3^+$ albo $-\text{NR}_3^+$ $-\text{SO}_3\text{H}$
R – grupa alkilowa		

Skrót	Nazwa aminokwasu	
Ala	alanina	
Arg	arginina	
Asn	asparagina	
Asp	kwas asparaginowy	
Cys	cysteina	
Gln	glutamina	
Glu	kwas glutaminowy	
Gly	glicyna	
His	histydyna	
Ile	izoleucyna	
Leu	leucyna	
Lys	lizyna	
Met	metionina	
Phe	fenyloalanina	
Pro	prolina	
Ser	seryna	
Thr	treonina	
Trp	tryptofan	
Tyr	tyrozyna	
Val	walina	

DYSOCJACJI DLA GRUP FUNKCYJNYCH AMINOKWASÓW W TEMPERATURZE 25 °C									
dla grupy karboksylowej				dla sprotonowanej grupy aminowej				dla innych grup	
atomie C _α		dodatkowej		przy atomie C _α		dodatkowej			
	pK _a	K _a	pK _a	K _a	pK _a	K _a	pK _a	K _a	pK _a
-3	2,33	–	–	1,95 · 10 ⁻¹⁰	9,71	–	–	–	–
-3	2,03	–	–	1,00 · 10 ⁻⁹	9,00	7,94 · 10 ⁻¹³	12,10	–	–
-3	2,16	–	–	1,86 · 10 ⁻⁹	8,73	–	–	–	–
-2	1,95	1,95 · 10 ⁻⁴	3,71	2,19 · 10 ⁻¹⁰	9,66	–	–	–	–
-2	1,91	–	–	5,25 · 10 ⁻¹¹	10,28	–	–	7,24 · 10 ⁻⁹	8,14 (–SH)
-3	2,18	–	–	1,00 · 10 ⁻⁹	9,00	–	–	–	–
-3	2,16	7,08 · 10 ⁻⁵	4,15	2,63 · 10 ⁻¹⁰	9,58	–	–	–	–
-3	2,34	–	–	2,63 · 10 ⁻¹⁰	9,58	–	–	–	–
-2	1,70	–	–	8,13 · 10 ⁻¹⁰	9,09	9,12 · 10 ⁻⁷	6,04	–	–
-3	2,26	–	–	2,51 · 10 ⁻¹⁰	9,60	–	–	–	–
-3	2,32	–	–	2,63·10 ⁻¹⁰	9,58	–	–	–	–
-3	2,15	–	–	6,92 · 10 ⁻¹⁰	9,16	2,14 · 10 ⁻¹¹	10,67	–	–
-3	2,16	–	–	8,32 · 10 ⁻¹⁰	9,08	–	–	–	–
-3	2,18	–	–	8,13 · 10 ⁻¹⁰	9,09	–	–	–	–
-2	1,95	–	–	3,39 · 10 ⁻¹¹	10,47	–	–	–	–
-3	2,13	–	–	8,91 · 10 ⁻¹⁰	9,05	–	–	–	–
-3	2,20	–	–	1,10 · 10 ⁻⁹	8,96	–	–	–	–
-3	2,38	–	–	4,57 · 10 ⁻¹⁰	9,34	–	–	–	–
-3	2,24	–	–	9,12 · 10 ⁻¹⁰	9,04	–	–	7,94 · 10 ⁻¹¹	10,10 (–OH)
-3	2,27	–	–	3,02 · 10 ⁻¹⁰	9,52	–	–	–	–

WARTOŚCI STAŁEJ DYSOCJACJI W TEMP. 25 °C	
Kwas	
Wzór kwasu	Nazwa
HF	kwas fluorowodorowy
HCl	kwas chlorowodorowy
HBr	kwas bromowodorowy
HI	kwas jodowodorowy
H ₂ S	kwas siarkowodorowy
H ₂ Se	kwas selenowodorowy
H ₂ Te	kwas tellurowodorowy
HClO	kwas chlorowy(I)
HClO ₂	kwas chlorowy(III)
HNO ₂	kwas azotowy(III)
H ₂ SO ₃	kwas siarkowy(IV)
H ₂ SO ₄	kwas siarkowy(VI)
H ₃ BO ₃	kwas borowy
H ₃ AsO ₄	kwas ortoarsenowy(V)
H ₃ PO ₄	kwas ortofosforowy(V)
H ₄ SiO ₄	kwas ortokrzemowy
H ₂ CO ₃	kwas węglowy
Kwas	
H ₂ C ₂ O ₄	kwas szczawiowy

WARTOŚCI STAŁEJ DYSOCJACJI W TEMP. 25 °C		
Kwas		
Etap	K_a	pK_a
	$6,31 \cdot 10^{-4}$	3,20
	10^7	-7,0
	10^9	-9,0
	10^{10}	-10,0
1	$8,91 \cdot 10^{-8}$	7,05
2	10^{-19}	19,0
1	$1,29 \cdot 10^{-4}$	3,89
2	10^{-11}	11,0
1	$1,51 \cdot 10^{-3}$	2,6
2	10^{-11}	11,0
	$3,98 \cdot 10^{-8}$	7,40
	$1,15 \cdot 10^{-2}$	1,94
	$5,62 \cdot 10^{-4}$	3,25
1	$1,41 \cdot 10^{-2}$	1,85
2	$6,31 \cdot 10^{-8}$	7,20
2	$1,02 \cdot 10^{-2}$	1,99
1	$5,37 \cdot 10^{-10}$	9,27
2	10^{-14}	14,0
1	$5,50 \cdot 10^{-3}$	2,26
2	$1,74 \cdot 10^{-7}$	6,76
3	$5,13 \cdot 10^{-12}$	11,29
1	$6,92 \cdot 10^{-3}$	2,16
2	$6,17 \cdot 10^{-8}$	7,21
3	$4,79 \cdot 10^{-13}$	12,32
1	$1,26 \cdot 10^{-10}$	9,9
2	$1,58 \cdot 10^{-12}$	11,8
3	10^{-12}	12,0
4	10^{-12}	12,0
1	$4,47 \cdot 10^{-7}$	6,35
2	$4,68 \cdot 10^{-11}$	10,33
Kwas		
1	$5,62 \cdot 10^{-2}$	1,25
2	$1,55 \cdot 10^{-4}$	3,81

Kwasy organiczne – cd.			
Wzór kwasu	Nazwa	K_a	pK_a
HCOOH	kwas mrówkowy	$1,78 \cdot 10^{-4}$	3,75
CH ₃ COOH	kwas octowy	$1,75 \cdot 10^{-5}$	4,756
CH ₃ CH ₂ COOH	kwas propanowy	$1,35 \cdot 10^{-5}$	4,87
C ₆ H ₅ COOH	kwas benzoowy	$6,25 \cdot 10^{-5}$	4,20
C ₆ H ₅ OH	fenol	$1,02 \cdot 10^{-10}$	9,99
Zasady			
Wzór zasady	Nazwa	K_b	pK_b
NH ₃	amoniak	$1,78 \cdot 10^{-5}$	4,75
CH ₃ NH ₂	metanoamina	$4,57 \cdot 10^{-4}$	3,34
CH ₃ CH ₂ NH ₂	etanoamina	$4,47 \cdot 10^{-4}$	3,35
CH ₃ CH ₂ CH ₂ NH ₂	propano-1-amina	$3,47 \cdot 10^{-4}$	3,46
(CH ₃) ₂ NH	<i>N</i> -metylometanoamina	$5,37 \cdot 10^{-4}$	3,27
(CH ₃) ₃ N	<i>N,N</i> -dimetylometanoamina	$6,31 \cdot 10^{-5}$	4,20
C ₆ H ₅ NH ₂	anilina	$7,41 \cdot 10^{-10}$	9,13
ŚREDNIE DŁUGOŚCI WIĄZAŃ W CZĄSTECZKACH W FAZIE GAZOWEJ			
Wiązania pojedyncze		Wiązania wielokrotne	
Wiązanie	Długość, pm	Wiązanie	Długość, pm
Br–Br	228	C=C	134
C–C	153	C=O	121
Cl–Cl	199	N=O	118
H–H	74	O=O	121
I–I	267	S=O	148
O–H	96	N≡N	113
H–F	92	C≡C	120
H–Cl	128	C≡N	116
H–Br	141		
H–I	161		
C–O	142		
N–O	143		

**WARTOŚCI ILOCZYNU ROZPUSZCENIA
W TEMP**

Wzór	Nazwa
AgBr	bromek srebra(I)
AgCl	chlorek srebra(I)
AgI	jodek srebra(I)
Ag ₃ PO ₄	fosforan(V) srebra(I)
Ag ₂ SO ₄	siarczan(VI) srebra(I)
AlPO ₄	fosforan(V) glinu
BaCO ₃	węglan baru
BaCrO ₄	chromian(VI) baru
BaF ₂	fluorek baru
Ba(OH) ₂	wodorotlenek baru
BaSO ₄	siarczan(VI) baru
CaCO ₃	węglan wapnia
CaF ₂	fluorek wapnia
Ca(OH) ₂	wodorotlenek wapnia
Ca ₃ (PO ₄) ₂	fosforan(V) wapnia
CaSO ₄	siarczan(VI) wapnia
CuBr	bromek miedzi(I)
Cu ₃ (PO ₄) ₂	fosforan(V) miedzi(II)
FeCO ₃	węglan żelaza(II)
Fe(OH) ₂	wodorotlenek żelaza
Fe(OH) ₃	wodorotlenek żelaza
FePO ₄	fosforan żelaza(III)
KClO ₄	chloran(VII) potasu
MgCO ₃	węglan magnezu
MgF ₂	fluorek magnezu
Mg(OH) ₂	wodorotlenek magnezu
Mg ₃ (PO ₄) ₂	fosforan(V) magnezu
PbCl ₂	chlorek ołowiu(II)
PbI ₂	jodek ołowiu(II)
PbSO ₄	siarczan(VI) ołowiu(II)
Zn(OH) ₂	wodorotlenek cynku
ZnCO ₃	węglan cynku

**WARTOŚCI WYBRANYCH SUBSTANCJI
W TEMP 25 °C**

K_s	pK_s
$5,35 \cdot 10^{-13}$	12,27
$1,77 \cdot 10^{-10}$	9,75
$8,52 \cdot 10^{-17}$	16,07
$8,89 \cdot 10^{-17}$	16,05
$1,20 \cdot 10^{-5}$	4,92
$9,84 \cdot 10^{-21}$	20,0
$2,58 \cdot 10^{-9}$	8,59
$1,17 \cdot 10^{-10}$	9,93
$1,84 \cdot 10^{-7}$	6,74
$2,55 \cdot 10^{-4}$	3,59
$1,08 \cdot 10^{-10}$	9,97
$3,36 \cdot 10^{-9}$	8,47
$3,45 \cdot 10^{-11}$	10,46
$5,02 \cdot 10^{-6}$	5,30
$2,07 \cdot 10^{-33}$	32,68
$4,93 \cdot 10^{-5}$	4,31
$6,27 \cdot 10^{-9}$	8,20
$1,40 \cdot 10^{-37}$	36,85
$3,13 \cdot 10^{-11}$	10,50
$4,87 \cdot 10^{-17}$	16,31
$2,79 \cdot 10^{-39}$	38,55
$9,91 \cdot 10^{-16}$	15,00
$1,05 \cdot 10^{-2}$	1,98
$6,82 \cdot 10^{-6}$	5,17
$5,16 \cdot 10^{-11}$	10,29
$5,61 \cdot 10^{-12}$	11,25
$1,04 \cdot 10^{-24}$	23,98
$1,70 \cdot 10^{-5}$	4,77
$9,8 \cdot 10^{-9}$	8,01
$2,53 \cdot 10^{-8}$	7,60
$3,00 \cdot 10^{-17}$	16,52
$1,46 \cdot 10^{-10}$	9,84

TABELA WARTOŚCI LOGARYTMÓW DZIESIĘTNYCH

x	$\log x$	x	$\log x$	x	$\log x$	x	$\log x$
0,01	-2,000	0,26	-0,585	0,51	-0,292	0,76	-0,119
0,02	-1,699	0,27	-0,569	0,52	-0,284	0,77	-0,114
0,03	-1,523	0,28	-0,553	0,53	-0,276	0,78	-0,108
0,04	-1,398	0,29	-0,538	0,54	-0,268	0,79	-0,102
0,05	-1,301	0,30	-0,523	0,55	-0,260	0,80	-0,097
0,06	-1,222	0,31	-0,509	0,56	-0,252	0,81	-0,092
0,07	-1,155	0,32	-0,495	0,57	-0,244	0,82	-0,086
0,08	-1,097	0,33	-0,481	0,58	-0,237	0,83	-0,081
0,09	-1,046	0,34	-0,469	0,59	-0,229	0,84	-0,076
0,10	-1,000	0,35	-0,456	0,60	-0,222	0,85	-0,071
0,11	-0,959	0,36	-0,444	0,61	-0,215	0,86	-0,066
0,12	-0,921	0,37	-0,432	0,62	-0,208	0,87	-0,060
0,13	-0,886	0,38	-0,420	0,63	-0,201	0,88	-0,056
0,14	-0,854	0,39	-0,409	0,64	-0,194	0,89	-0,051
0,15	-0,824	0,40	-0,398	0,65	-0,187	0,90	-0,046
0,16	-0,796	0,41	-0,387	0,66	-0,180	0,91	-0,041
0,17	-0,770	0,42	-0,377	0,67	-0,174	0,92	-0,036
0,18	-0,745	0,43	-0,367	0,68	-0,167	0,93	-0,032
0,19	-0,721	0,44	-0,357	0,69	-0,161	0,94	-0,027
0,20	-0,699	0,45	-0,347	0,70	-0,155	0,95	-0,022
0,21	-0,678	0,46	-0,337	0,71	-0,149	0,96	-0,018
0,22	-0,658	0,47	-0,328	0,72	-0,143	0,97	-0,013
0,23	-0,638	0,48	-0,319	0,73	-0,137	0,98	-0,009
0,24	-0,620	0,49	-0,310	0,74	-0,131	0,99	-0,004
0,25	-0,602	0,50	-0,301	0,75	-0,125	1,00	0,000

Wskaźnik	Zakres pH zmiany barwy	forma
oranż metylowy	3,1 – 4,4	czerwona
czerwień Kongo	3,0 – 5,0	niebieska
zieleń bromokrezolowa	4,0 – 5,6	żółta
błękit bromotymolowy	6,0 – 7,6	niebieska
czerwień metylowa	6,4 – 8,0	czerwona
czerwień obojętna	6,8 – 8,0	żółta
czerwień krezolowa	7,2 – 8,8	czerwona
fenoloftaleina	8,0 – 10,0	bezsbarwna
tymoloftaleina	9,4 – 10,6	niebieska
błękit Nilu	10,1 – 11,1	niebieska

WYBRANE WSKAŹNIKI KWASOWO-ZASADOWE																
w roztworze wodnym																
substancja	forma zasadowa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	żółta															
substancja	czerwona															
	niebieska															
	niebieska															
	czerwona															
	żółta															
	czerwona															
	różowoczerwona															
	niebieska															
	czerwona															

POTENCJAŁ STANDARDOWY REDUKCJI
Równanie reakcji
$\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}$
$\text{AgBr} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Br}^-$
$\text{AgCl} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$
$\text{Au}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Au}$
$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$
$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3e \rightleftharpoons \text{Al} + 4\text{OH}^-$
$\text{Ba}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ba}$
$\text{Be}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Be}$
$\text{Bi}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Bi}$
$\text{Br}_2(\text{c}) + 2e \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$
$\text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e \rightleftharpoons \text{Br}^- + 6\text{OH}^-$
$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{HCOOH}$
$\text{Ca}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ca}$
$\text{Cd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd}$
$\text{Cd}(\text{OH})_4^{2-} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd} + 4\text{OH}^-$
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$
$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$
$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$
$\text{Co}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Co}$
$\text{Co}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$
$\text{Cr}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cr}$
$\text{Cr}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$
$\text{Cr}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}$
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$
$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$
$\text{Cs}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cs}$
$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$
$\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cu} + 2\text{OH}^-$
$2\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$
$\text{F}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{F}^-$
$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}$
$\text{Fe}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Fe}$
$\text{Fe}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$

POTENCJAŁ STANDARDOWY REDUKCJI	E°, V
	0,800
	0,071
	0,222
	1,498
	-1,676
	-2,300
	-2,912
	-1,847
	0,308
	1,066
	1,423
	0,610
	-0,199
	-3,800
	-0,403
	-0,658
	1,358
	1,451
	0,620
	-0,280
	1,920
	-0,913
	-0,407
	-0,744
	1,360
	-0,130
	-3,026
	0,342
	-0,360
	-0,080
	2,866
	-0,447
	-0,037
	0,771

POTENCJAŁ STANDARDOWY REDUKCJI – CD.	
Równanie reakcji	E°, V
$2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,000
$2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,828
$\text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg}$	0,851
$\text{I}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	0,536
$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,085
$\text{K}^+ + e \rightleftharpoons \text{K}$	-2,931
$\text{Li}^+ + e \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,040
$\text{Mg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,372
$\text{Mn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,185
$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,224
$\text{MnO}_4^- + e \rightleftharpoons \text{MnO}_4^{2-}$	0,558
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,507
$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	0,595
$\text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	0,600
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,957
$2\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,803
$\text{Na}^+ + e \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,710
$\text{Ni}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,257
$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	0,695
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1,229
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	0,401
$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,126
$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,455
$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,691
$\text{PbSO}_4 + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,359
$\text{Pt}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pt}$	1,180
$\text{Rb}^+ + e \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2,980
$\text{S} + 2e \rightleftharpoons \text{S}^{2-}$	-0,476
$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0,930
$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,138
$\text{Sn}^{4+} + 2e \rightarrow \text{Sn}^{2+}$	0,151
$\text{Sr}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sr}$	-2,899
$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,762
$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1,199

WARTOŚCI STANDARDOWE	
Wzór związku	
Al ₂ O ₃ (s)	
CO(g)	
CO ₂ (g)	
CaC ₂ (s)	
CaO(s)	
Ca(OH) ₂ (s)	
Cr ₂ O ₃ (s)	
FeO(s)	
Fe ₂ O ₃ (s)	
FeS(s)	
HBr(g)	
HCl(g)	
HF(g)	
HI(g)	
H ₂ O(c)	
H ₂ O(g)	
H ₂ S(g)	
MgO(s)	
MnO ₂ (s)	
NH ₃ (g)	
NO(g)	
NO ₂ (g)	
NaCl(s)	
SiO ₂ (s)	

Objętość 1 mola gazu doskonałego
w warunkach normalnych

$t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz $p = 1013,25\text{ hPa}$

Stała Faradaya

WARTOŚCI STANDARDOWEJ ENTALPII TWORZENIA	
$\Delta H_f^0, \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	
-1675,7	
-110,5	
-393,5	
-62,8	
-634,9	
-985,9	
-1140,6	
-266,5	
-822,1	
-95,1	
-36,3	
-92,3	
-273,3	
26,5	
-285,8	
-241,8	
-20,6	
-601,6	
-521,9	
-45,9	
91,3	
34,2	
- 411,3	
- 910,7	

$$V = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$F = N_A \cdot e \quad F \approx 9,6485 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

WARTOŚCI STANDARDOWEJ MOŁOWEJ ENTALPII SPALANIA	
Nazwa związku	$\Delta H_s^0, \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
benzen(c)	-3268,4
butan(g)	-2877,6
etan(g)	-1560,5
etanol(c)	-1357,2
eten(g)	-1411,1
etyn(g)	-1300,3
glicerol(c)	-1655,4
glukoza(s)	-2802,7
heksan(c)	-4163,2
kwas benzoesowy(s)	-3226,9
kwas etanowy(c)	-868,8
kwas stearynowy(s)	-11280,0
metan(g)	-890,6
metanol(c)	-726,3
pentan(c)	-3509,0
propan(g)	-2219,2
sacharoza(s)	-5640,2
toluen(c)	-3910,3

Logarytmem $\log_a c$ dodatniej liczby c przy podstawie a ($a > 0$ i $a \neq 1$) nazywamy wykładnik b potęgi, do której należy podnieść podstawę a , aby otrzymać liczbę c :

$$\log_a c = b \text{ wtedy i tylko wtedy, gdy } a^b = c$$

$$\log x \text{ oraz } \lg x \text{ oznaczają } \log_{10} x$$

Dla $x > 0$, $y > 0$ i $a > 0$ oraz $a \neq 0$ prawdziwa jest równość:

$$\log_a (x \cdot y) = \log_a x + \log_a y$$

Równanie kwadratowe $ax^2 + bx + c = 0$, gdzie $a \neq 0$, ma rozwiązania rzeczywiste wtedy i tylko wtedy, gdy $\Delta = b^2 - 4ac \geq 0$. Rozwiązania te wyrażają się wzorami:

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}, \quad x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

ROZPUSTALNOŚĆ SOLI I WODOROTLENKÓW W WODZIE W TEMPERATURZE 25 °C (G/100G H ₂ O)		
Jon	Cl ⁻	Br ⁻
Ag ⁺	T	T
Al ³⁺	R (45,1)	R → d
Ba ²⁺	R (37,0)	R (100)
Ca ²⁺	R (81,3)	R (156)
Cr ³⁺	R	R
Cu ²⁺	R (75,8)	R (126)
Fe ²⁺	R (65,0)	R (120)
Fe ³⁺	R (91,2)	R (455)
K ⁺	R (35,5)	R (67,8)
Mg ²⁺	R (56,0)	R (102)
Mn ²⁺	R (77,3)	R (151)
NH ₄ ⁺	R (39,6)	R (78,3)
Na ⁺	R (35,9)	R (94,6)
Pb ²⁺	S (1,1)	S (1,0)
Sn ²⁺	R (178) ^{10 °C}	R (85) ^{0 °C}
Zn ²⁺	R (408)	R (488)

R – substancja dobrze rozpuszczalna (>2 g/100 g H₂O);
T – substancja trudno rozpuszczalna (0,1 g–2 g/100 g H₂O);
d – związek ulega rozkładowi w wodzie, (**—**) związek jest nietrwały, nie został otrzymany lub brak jest danych

ROZPUSTALNOŚĆ SOLI I WODOROTLENKÓW W WODZIE W TEMPERATURZE 25 °C (G/100G H ₂ O)									
	NO ₃ ⁻	CH ₃ COO ⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	CrO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	OH ⁻
	R (235)	S (1,0) ^{20 °C}	T	T	S (0,8)	T	T	T	T → d
d	R (68,9)	d	d	—	R (38,5)	—	T	T	T
1)	R (10,3)	R (79,2)	R → d	T	T	T	T	T	R (4,9)
6)	R (144)	R (34,7)	T → d	T	S (0,2)	T	S (2,0)	T	S (0,2)
	R (81,2)	R	T → d	—	R (64)	—	T	T	T
	R (145)	R (6,8)	T	T	R (22)	T → d	T	T	T
	R (87,2)	R	T	T	R (29,5)	T	—	T	T
	R (87,5)	—	d	—	R (440)	—	T	T	T
8)	R (38,3)	R (269)	R → d	R (106)	R (12,0)	R (111)	R (65,0)	R (106)	R (121)
6)	R (71,2)	R (65,6)	d	S (0,5)	R (35,7)	T	R (54,8)	T	T
d	R (161)	R (49)	T	T	R (63,7)	T	T	T	T
8)	R (213)	R (148)	d	R (64,2)	R (76,4)	R → d	R (37,4)	R (18,3)	R (44,9)
4)	R (91,2)	R (50,5)	R (20,6)	R (30,7)	R (28,1)	R (30,7)	R (87,6)	R (14,4)	R (100)
1)	R (59,7)	R (44,3)	T	T	T	T	T	T	T
8)	R → d	—	T	—	R (18,8)	—	—	T	T
8)	R (120)	R (30,0)	T	S (0,2)	R (57,7)	T	R (3,1)	T	T

R – substancja dobrze rozpuszczalna (>2 g/100 g H₂O); **S** – substancja średnio rozpuszczalna (0,1 g–2 g/100 g H₂O);
T – substancja trudno rozpuszczalna (0,1 g–2 g/100 g H₂O); **d** – związek ulega rozkładowi w wodzie, (**—**) związek jest nietrwały, nie został otrzymany lub brak jest danych

Na podstawie: CRC Handbook of Chemistry and Physics 97th Edition, CRC Press 2017.

UKŁAD OKRESOWY PIERWIASTKÓW

1			
1H Wodór 1,008 2,2			
3Li Lit 6,94 1,0	4Be Beryl 9,01 1,6		
11Na Sód 23,00 0,9	12Mg Magnez 24,31 1,3		
19K Potas 39,10 0,8	20Ca Wapń 40,08 1,0	21Sc Skand 44,96 1,4	22Ti Tytan 47,87 1,5
37Rb Rubid 85,47 0,8	38Sr Stront 87,62 1,0	39Y Itr 88,91 1,2	40Zr Cyrkon 91,22 1,3
55Cs Cez 132,91 0,8	56Ba Bar 137,33 0,9	57La* Lantan 138,91 1,1	72Hf Hafn 178,49 1,3
87Fr Frans [223,02] 0,7	88Ra Rad [226,03] 0,9	89Ac** Aktyn [227,03]	104Rf Rutherford [267,12]

METALE

*

PÓŁMETALE

**

NIEMETALE

GAZY
SZLACHETNE

Dla pier

20Ca	Symbol pierwiastka
Wapń	Nazwa
40,08	Masa atomowa, u
1,0	

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
24Cr Chrom 52,00 1,7	25Mn Mangan 54,94 1,6	26Fe Żelazo 55,85 1,8	27Co Kobalt 58,93 1,9	28Ni Nikiel 58,69 1,9	29Cu Miedź 63,55 1,9	30Zn Cynk 65,38 1,7	31Ga Gal 69,72 1,8	32Ge German 72,63 2,0	33As Arsen 74,92 2,0	34Se Selen 78,96 2,6	35Br Brom 79,90 3,0	36Kr Krypton 83,80
42Mo Molibden 95,95 2,2	43Tc Technet [97,91] 2,1	44Ru Ruten 101,07 2,2	45Rh Rod 102,91 2,3	46Pd Pallad 106,42 2,2	47Ag Srebro 107,87 1,9	48Cd Kadm 112,41 1,7	49In Ind 114,82 1,8	50Sn Cyna 118,71 2,0	51Sb Antymon 121,76 2,1	52Te Tellur 127,60 2,1	53I Jod 126,90 2,7	54Xe Ksenon 131,29
74W Wolfram 183,84 1,7	75Re Ren 186,21 1,9	76Os Osm 190,23 2,2	77Ir Iryd 192,22 2,2	78Pt Platyna 195,08 2,2	79Au Złoto 196,97 2,4	80Hg Rtęć 200,59 1,9	81Tl Tal 204,38 1,8	82Pb Ołów 207,2 1,8	83Bi Bizmut 208,98 1,9	84Po Polon [208,98] 2,0	85At Astat [209,99] 2,2	86Rn Radon [222,02]
106Sg Seaborg [271,13]	107Bh Bohr [272,14]	108Hs Has [270,13]	109Mt Meitner [276,15]	110Ds Darmstadt [281,17]	111Rg Roentgen [280,17]	112Cn Kopernik [285,18]	113Nh Nihon [284,18]	114Fl Flerow [289,19]	115Mc Moskow [288,19]	116Lv Livermor [293,20]	117Ts Tenness [292,21]	118Og Oganesson [294,21]
59Pr Prazeodym 140,91	60Nd Neodym 144,24	61Pm Promet [144,91]	62Sm Samar 150,36	63Eu Europ 151,96	64Gd Gadolin 157,25	65Tb Terb 158,93	66Dy Dysproz 162,50	67Ho Holm 164,93	68Er Erb 167,26	69Tm Tul 168,93	70Yb Iterb 173,04	71Lu Lutet 174,97
91Pa Protaktyn 231,04	92U Uran 238,03	93Np Neptun [237,05]	94Pu Pluton [244,06]	95Am Ameryk [243,06]	96Cm Kiur [247,07]	97Bk Berkel [247,07]	98Cf Kaliforn [251,08]	99Es Einstein [252,08]	100Fm Ferm [257,10]	101Md Mendelew [258,10]	102No Nobel [259,10]	103Lr Lorens [262,11]

/ promieniotwórczych, które nie mają stabilnych izotopów, podano masę atomową najtrwalszego izotopu.

Na podstawie: CRC Handbook of Chemistry and Physics 97th Edition, CRC Press 2017
oraz <https://www.nist.gov/pml/atomic-weights-and-isotopic-compositions-relative-atomic-masses>

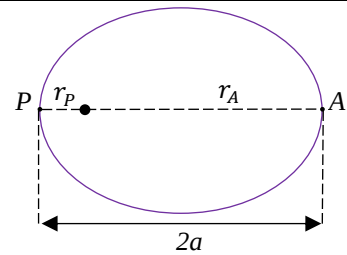
W poniższym zestawie pr: którego wzór dotyczy. Syn przedmiotu. Podobnie nie symbolu wektora.

KINEMATYKA	
prędkość	$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$
przyspieszenie	$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$
prędkość kątowna	$\omega = \frac{\Delta}{\Delta t}$
związek między wartościami prędkości kątownej i liniowej	$v = \omega r$
związki w ruchu jednostajnym po okręgu	$\omega = \frac{2\pi}{T}$
przyspieszenie dośrodkowe	$a_{do} = \frac{v^2}{r}$
przyspieszenie kątowne	$\epsilon = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$
przyspieszenie styczne	$a_{st} = r \epsilon$
prędkość w ruchu jednostajnie zmiennym prostoliniowym	$\vec{v} = \vec{v}_0$
droga w ruchu jednostajnie zmiennym prostoliniowym	$s = v_0 t$

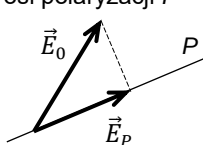
SIŁY TARCIA I SIŁA SPRĘŻYSTOŚCI	
siła tarcia kinetycznego	$T_k = \mu_k N$
siła tarcia statycznego	$T_s \leq \mu_s N$
siła sprężystości	$\vec{F}_s = -k \vec{x}$
energia potencjalna sprężystości	$E_{pot} = \frac{1}{2} k x^2$

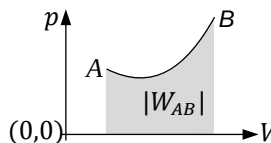
no wybrane wzory oraz stałe fizyczne. Przy każdym wzorze zapisano nazwę wielkości lub prawa albo zjawiska, stkich wielkości występujących we wzorach nie opisano, przyjęto oznaczenia powszechnie używane w literaturze warunków i zakresów stosowalności przedstawionych wzorów. Wartości wielkości wektorowych zapisano bez

DYNAMIKA	
pęd	$\vec{p} = m \vec{v}$
II zasada dynamiki (w układzie inercyjnym)	$m \vec{a} = \vec{F}$; $\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}$
wartość momentu pędu punktu materialnego	$L = r p \sin \alpha(\vec{r}, \vec{p})$
wartość momentu siły	$M = r F \sin \alpha(\vec{r}, \vec{F})$
moment bezwładności	$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$
związek między wartościami prędkości kątownej i momentu pędu bryły sztywnej	$L = I \omega$
II zasada dynamiki ruchu obrotowego (zapis skalarny)	$I \epsilon = M$
praca siły, praca momentu siły	$W_F = F \Delta r \cos \alpha(\vec{F}, \Delta \vec{r})$ $W_M = M \Delta \alpha$
moc	$P = \frac{W}{\Delta t}$
energia kinetyczna ruchu postępowego	$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$
energia kinetyczna ruchu obrotowego	$E_{kin} = \frac{1}{2} I \omega^2$

GRAWITACJA I ELEMENTY ASTRONOMII	
prawo powszechnego ciążenia	$F_g = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$
natężenie pola grawitacyjnego, przyspieszenie grawitacyjne	$\vec{\gamma} = \frac{\vec{F}_g}{m}$; $\vec{a}_g = \vec{\gamma}$
energia potencjalna grawitacji	$E_p = -\frac{G m_1 m_2}{r}$
zmiana energii potencjalnej przy powierzchni Ziemi	$\Delta E_p = m g \Delta h$
prędkość na orbicie kołowej	prędkość ucieczki $v_{or} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ $v_u = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$
orbita eliptyczna a – półosć wielka r_p – najmniejsza odległość do centrum r_A – największa odległość do centrum	
II prawo Keplera i zachowanie momentu pędu $\vec{L}$ na orbicie (ΔS – pole zakreślone przez promień wodzący planety)	$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \text{const}$; $\vec{L} = \text{const}$
III prawo Keplera (a jest promieniem orbity kołowej lub półosią wielką elipsy)	$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \text{const}$
prawo Hubble'a	$v = H d$

DRGANIA, FALE MECHANICZNE I ŚWIETLNE – CD.	
równania ruchu harmonicznego	$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ $v(t) = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ $a(t) = -A \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$ $x_{max} = A$ $v_{max} = A \omega$
siła harmoniczna	$\vec{F}_h = -m \ddot{x}$
częstość kołowa małych drgań masy na sprężynie i wahadła matematycznego	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$
całkowita energia mechaniczna oscylatora	$E = E_k + E_p$
związki między parametrami ruchu fali	$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}$
faza fali w punkcie x i chwili t	$\varphi(t) = \frac{2\pi}{\lambda} x - \frac{2\pi}{T} t + \varphi_0$
warunki maksymalnego wzmocnienia i osłabienia fali w punkcie	$\varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi n$ (maksymalne) $\varphi_2 - \varphi_1 = (2n+1)\pi$ (osłabienie)
natężenie fali, jego związek z energią E i amplitudą A fali	$I = \frac{E}{S \Delta t}$
zależność natężenia fali kulistej od odległości	$I \sim \frac{1}{r^2}$
załamanie fali na granicy ośrodków 1 i 2	$\frac{\sin \alpha_1}{v_1} = \frac{\sin \alpha_2}{v_2}$
wzory przybliżone na efekt Dopplera dla fali i świetlnej w kierunku prędkości źródła:	źródło oddala się $f_{ob} \approx f_{\dot{z}r} \left(1 - \frac{ v_{\dot{z}r} - v_{ob} }{v_d} \right)$ źródło zbliża się $f_{ob} \approx f_{\dot{z}r} \left(1 + \frac{ v_{\dot{z}r} - v_{ob} }{v_d} \right)$ $v_{\dot{z}r} \ll c$ $f_{ob} \approx f_{\dot{z}r} \left(1 - \frac{v_{\dot{z}r}}{c} \right)$ $v_{\dot{z}r} \ll c$ $f_{ob} \approx f_{\dot{z}r} \left(1 + \frac{v_{\dot{z}r}}{c} \right)$

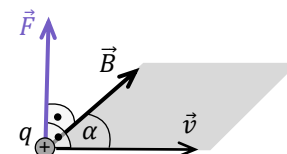
DRGANIA, FALE MECHANICZNE I ŚWIETLNE – CD.	
wzory ścisłe na efekt Dopplera dla fali dźwiękowej i świetlnej w kierunku prędkości źródła	$f_{ob} = f_{\dot{z}r} \frac{v_d \mp v_{ob}}{v_d \pm v_{\dot{z}r}}$ $f_{ob} = f_{\dot{z}r} \sqrt{\frac{c \mp v_{\dot{z}r}}{c \pm v_{\dot{z}r}}}$
siatka dyfrakcyjna	$d \sin \alpha_n = n \lambda$
światło po przejściu przez polaryzator o osi polaryzacji P amplitudy pola elektrycznego:	$\vec{E}_0$ – padającego na polaryzator $\vec{E}_P$ – po przejściu przez polaryzator 
OPTYKA GEOMETRYCZNA	
kąt graniczny dla przejścia światła z ośrodka 2 do 1	$\sin \alpha_{2gr} = \frac{n_1}{n_2}$
warunek polaryzacji światła przy odbiciu	$\alpha_{pad1} + \alpha_{zał2} = 90^\circ$
równanie soczewki i zwierciadła:	$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f}$; $x > 0$
$y > 0, y < 0$ – położenie obrazu rzeczywistego, pozornego	
$f > 0$ – ogniskowa soczewki/zwierciadła skupiającego	
$f < 0$ – ogniskowa soczewki/zwierciadła rozpraszającego	
wzór na ogniskową soczewki	$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_{socz}}{n_{otocz}} - 1 \right) \left(\pm \frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right)$
(+)/(–) – przy promieniu powierzchni wypukłej / wklęsłej	
HYDROSTATYKA, AEROSTATYKA	
siła parcia i ciśnienie	$F = p \Delta S, \quad \vec{F} \perp \Delta S$
zmiana ciśnienia hydro- i aerostatycznego	$\Delta p = \rho g \Delta h$
siła wyporu	$F_{wyp} = \rho V_{zan} g$
V_{zan} – objętość zanurzonej części ciała	
ρ – gęstość cieczy (lub gazu)	

TERMODYNAMIKA	
I zasada termodynamiki	$\Delta U = Q + W$
praca siły parcia, gdy $p = \text{const}$	$ W = p \Delta V $
związek pracy siły parcia z polem pod wykresem zależności $p(V)$ – ciśnienia od objętości	 $ W_{AB} = \text{Pole pod AB}$
ciepło właściwe	$c_w = \frac{Q}{m \Delta T}$
ciepło molowe	$C = \frac{Q}{n \Delta T}$
ciepło przemiany fazowej	$L = \frac{Q}{m}$
średnia energia ruchu cząsteczki gazu doskonałego	$E_{\dot{s}r} = \frac{s}{2} kT$
s – liczba współrzędnych opisujących położenie cząsteczki w przestrzeni	
równanie stanu gazu doskonałego (Clapeyrona)	$pV = nRT$
związek między ciepłami molowymi gazu doskonałego	$C_p = C_v + R$
praca i ciepło w cyklu silnika i pompy cieplnej	$0 = Q_{calk} + W_{calk}$
Q_{calk} – całkowite ciepło wymienione w cyklu z otoczeniem	
W_{calk} – całkowita praca mechaniczna wykonana w cyklu (nad i przez otoczenie)	
sprawność silnika cieplnego	$\eta = \frac{ W_{calk} }{ Q_{pob} } = \frac{ Q_{pob} - Q_{odd} }{ Q_{pob} }$

ELEKTROSTATYKA	
prawo Coulomba	$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$
wektor natężenia pola elektrycznego w punkcie p	$\vec{E}_p = \frac{\vec{F}_p}{q}$
wartość natężenia na zewnątrz sferycznego rozkładu ładunku	$E = \frac{kQ}{r^2}$
napięcie pomiędzy punktami A i B pola elektrycznego	$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$
związek napięcia z potencjałami elektrycznymi	$U_{AB} = V_B - V_A$
energia potencjalna elektryczna układu ładunków	$\mathcal{E}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}}$
związek napięcia z natężeniem w polu jednorodnym	$U = Ed$
natężenie między płytami naładowanymi różnoimiennie	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$;
natężenie pola elektrycznego wewnątrz dielektryka	$\vec{E}_r = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}$
pojemność kondensatora	$C = \frac{Q}{U}$
pojemność kondensatora płaskiego z dielektrykiem	$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$
energia elektryczna kondensatora	$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} C U^2$
własności pola wewnątrz i na powierzchni bryły przewodnika	$\vec{E}_{wew} = 0$ $\vec{E}_{pow} \perp \Delta S$

PRĄD ELEKTRYCZNY	
natężenie prądu	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
definicja oporu elektrycznego przewodnika	$R = \frac{U}{I}$
prawo Ohma (dla stałej temperatury przewodnika)	$\frac{U}{I} = \text{const}$
związek oporu R przewodnika z drutu z oporem właściwym ρ	$R = \rho \frac{l}{S}$
moc prądu stałego wydzielona na oporniku	$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$
zależność oporu metali od temperatury (w pewnym zakresie temperatur)	$R(T) = R(T_0)(1 + \alpha \Delta T)$; $\Delta T = T - T_0$
dodawanie napięć pomiędzy punktami przewodnika	$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$
II prawo Kirchhoffa dla obwodu (lub oczka)	$\sum_{i=1}^k (\pm \mathcal{E}_i) - \sum_{j=1}^n (\pm U_j) = 0$
związek siły elektromotorycznej z napięciem na baterii	$\mathcal{E} = U + IR_w$
opór zastępczy oporników połączonych szeregowo	$R_z = \sum_{i=1}^n R_i$
opór zastępczy oporników połączonych równolegle	$\frac{1}{R_z} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$

MAGNETYZM	
siła Lorentza, wektor indukcji magnetycznej	$F = qvB \sin \alpha$ $\alpha = \angle(\vec{v}, \vec{B})$ $\vec{F} \perp \vec{v}$ $\vec{F} \perp \vec{B}$
siła elektrodynamiczna	$F = I \Delta l B \sin \angle(\vec{l}, \vec{B})$
pole w próżni dookoła długiego, prostoliniowego przewodnika	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
pole w próżni wewnątrz długiej, gęsto nawiniętej zwojnicy	$B = \mu_0 \frac{NI}{L}$
wartość momentu siły działającego na pętlę z prądem w polu mag.	$M = ISB \sin \angle(\vec{S}, \vec{B})$
strumień pola magnetycznego przez powierzchnię	$\Phi_B = BS \cos \angle(\vec{S}, \vec{B})$
siła elektromotoryczna indukcji	$\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$
siła elektromotoryczna prądnicy	$\mathcal{E} = NBS\omega \sin \angle(\vec{S}, \vec{B})$ $\angle(\vec{S}, \vec{B}) = \omega t + \varphi_0$
praca prądu sinusoidalnego w czasie okresu	$W = \frac{1}{2} U_0 I_0 T$
napięcie i natężenie skuteczne przebiegu sinusoidalnego	$I_{sk} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad U_{sk} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$
uproszczony model transformatora	$I_1 U_1 = I_2 U_2$; $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$



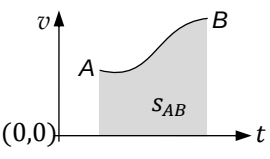
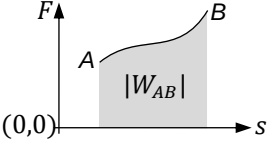
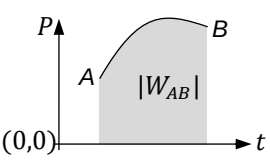
ELEMENTY MECHANIKI RELATYW	
energia całkowita ciała poruszającego się w układzie inercjalnym (t, x)	$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
równoważność masy i energii spoczynkowej	$E_0 = mc^2$
związek między zmianą masy układu a energią pochłoniętą / emitowaną przez układ	$\Delta E = \Delta mc^2$
pęd	$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
niezmiennik relatywistyczny (dynamiczny)	$E_0^2 = E^2 - p^2 c^2$
energia kinetyczna poruszającego się ciała	$E_{kin} = E - E_0$

P				
nazwa	metr	kilogram		
symbol	m	kg		
wielkość	długość	masa		
mnożnik	10^{24}	10^{21}	10^{18}	10^{15}
nazwa	jotta	zetta	eksa	pe
oznaczenie	Y	Z	E	P

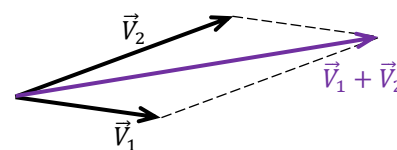
EJ	ELEMENTY FIZYKI ATOMOWEJ I JĄDROWEJ	
$\frac{\Delta x}{\Delta t}$	prawo Wiena (b – stała Wiena)	$\lambda_{max} T = b$
	prawo Stefana–Boltzmann (moc wypromieniowana z jednostki powierzchni ciała)	$I = \sigma T^4$; $[I] = \frac{W}{m^2}$
	energia i pęd fotonu	$E_f = hf = \frac{hc}{\lambda}$; $p_f = \frac{h}{\lambda}$
	Zjawisko fotoelektryczne	$E_f = W_{el} + E_{kin\ el\ max}$
	emisja lub absorpcja fotonu przez atom (E_m, E_n – energie elektronu w atomie)	$E_m - E_n = hf_{mn} + E_{odrzutu}$ $m > n$
$\frac{\Delta x}{\Delta t}$	poziomy energetyczne atomu wodoru	$E_n = -\frac{13,606\text{ eV}}{n^2}$
	długość fali de Broglie'a cząstki swobodnej	$\lambda = \frac{h}{p}$
	zasady zachowania (niektóre) w procesach na poziomie fundamentalnym	- zachowanie ładunku układu - zachowanie energii układu - zachowanie pędu układu - zachowanie liczby nukleonów w układzie
	statystyczne prawo rozpadu promieniotwórczego	$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$

OWE JEDNOSTKI UKŁADU SI				
kunda	amper	kelwin	mol	kandela
s	A	K	mol	cd
czas	natężenie prądu	temperatura	liczność materii	światłość

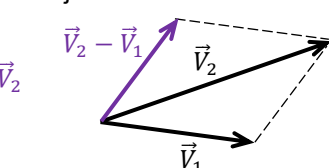
PRZEDROSTKI JEDNOSTEK MIAR																	
	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}	10^{-24}	
	giga	mega	kilo	hekto	deka		decy	centy	mili	mikro	nano	piko	femto	atto	zepto	jokto	
	G	M	k	ha	da		d	c	m	μ	n	p	f	a	z	y	

WYBRANE ZALEŻNOŚCI	
środek masy układu n punktów materialnych	$\vec{r}_{SM} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$
związek drogi z polem pod wykresem zależności $v(t)$ – prędkości od czasu	 $S_{AB} = \text{Pole pod AB}$
związek pracy z polem pod wykresem zależności $F(s)$ – siły od drogi	 $W_{AB} = \text{Pole pod AB}$
związek pracy z polem pod wykresem zależności $P(t)$ – mocy od czasu	 $W_{AB} = \text{Pole pod AB}$

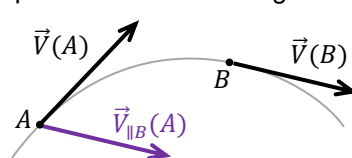
dodawanie wektorów



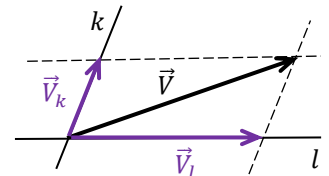
odejmowanie wektorów



przeniesienie równoległe



rozkład na składowe



Niektóre wartości stałych fizycznych oraz ich jednostki z możliwie największą dokładnością – także przy uwzględnieniu niepewności pomiaru.

Na podstawie: M. Tanabashi et al. (Particle Data Group, 2018)

WARTOŚCI WYBRANYCH STAŁYCH FIZYCZNYCH	
prędkość światła w próżni	$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$ (wartość dokładna)
stała Plancka	$h = 6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ (wartość dokładna)
ładunek elementarny	$e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (wartość dokładna)
Stała Boltzmanna	$k_B = 1,380\,658\,361 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ (wartość dokładna)
Stała Avogadro	$N_A = 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (wartość dokładna)
uniwersalna stała gazowa	$R = 8,314\,472 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$ (wartość dokładna)
stała grawitacji	$G = 6,674\,30 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ (wartość dokładna)
przenikalność magnetyczna próżni	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ (wartość dokładna)
przenikalność elektryczna próżni, stała elektryczna	$\epsilon_0 = 8,854\,187\,817 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N}\cdot\text{m}^2)$ $k = 1/(4\pi \epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ (wartość dokładna)
związek między c , μ_0 , ϵ_0	$c^2 = 1/(\mu_0 \epsilon_0)$
masa elektronu	$m_e = 9,109\,383\,71 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ (wartość dokładna)
masa protonu	$m_p = 1,672\,621\,92 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (wartość dokładna)
masa neutronu	$m_n = 1,674\,927\,49 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (wartość dokładna)
jednostka masy atomowej	$1 \text{ u} = 1,660\,539\,066\,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (wartość dokładna)

w astronomicznych podano zaokrąglone wartości, a ostatnia cyfra zaokrąglenia nie zmieniała się

Physical Review D 98, 030001 (2018) and 2019 update.

WARTOŚCI WYBRANYCH STAŁYCH FIZYCZNYCH	
prędkość światła w próżni	$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$ (wartość dokładna)
stała Plancka	$h = 6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ (wartość dokładna)
ładunek elementarny	$e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (wartość dokładna)
Stała Boltzmanna	$k_B = 1,380\,658\,361 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ (wartość dokładna)
Stała Avogadro	$N_A = 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (wartość dokładna)
uniwersalna stała gazowa	$R = 8,314\,472 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$ (wartość dokładna)
stała grawitacji	$G = 6,674\,30 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ (wartość dokładna)
przenikalność magnetyczna próżni	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ (wartość dokładna)
przenikalność elektryczna próżni, stała elektryczna	$\epsilon_0 = 8,854\,187\,817 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N}\cdot\text{m}^2)$ $k = 1/(4\pi \epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ (wartość dokładna)
związek między c , μ_0 , ϵ_0	$c^2 = 1/(\mu_0 \epsilon_0)$
masa elektronu	$m_e = 9,109\,383\,71 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ (wartość dokładna)
masa protonu	$m_p = 1,672\,621\,92 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (wartość dokładna)
masa neutronu	$m_n = 1,674\,927\,49 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (wartość dokładna)
jednostka masy atomowej	$1 \text{ u} = 1,660\,539\,066\,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (wartość dokładna)

WARTOŚCI WYBRANYCH STAŁYCH FIZYCZNYCH – CD.

przyśpieszenie ziemskie (standardowe)	$g = 9,806\,65 \text{ m/s}^2$ (wartość dokładna odpowiadająca przyśpieszeniu na szerokości geograficznej ok. 45,5° na poziomie morza)
Stała Wiena	$b = 2,897\,771\,955 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$ (wartość dokładna)
Stała Stefana-Boltzmanna	$\sigma = 5,670\,374\,419 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K}^4)$ (wartość dokładna)

WYBRANE STAŁE I PARAMETRY ASTROFIZYCZNE

jednostka astronomiczna	$1 \text{ au} = 1,49\,597\,870\,7 \cdot 10^{11} \text{ m}$ (wartość dokładna)
parsek	$1 \text{ pc} = 3,085\,677\,581\,49 \cdot 10^{16} \text{ m}$ (wartość dokładna)
rok świetlny	$1 \text{ ly} = 0,946\,073 \cdot 10^{16} \text{ m} = 0,306\,601 \cdot 10^6 \text{ pc}$
masa Słońca	$M_S = 1,988 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
odległość Słońca od centrum galaktyki	$R_0 = 27 \text{ kly}$
masa Ziemi	$M_Z = 5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
nominalny promień równikowy Ziemi	$R_Z = 6,3781 \cdot 10^6 \text{ m}$ (wartość dokładna)
stała Hubble'a	$H_0 \approx 70 \text{ (km/s)/Mpc}$
temperatura promieniowania tła	$T_0 = 2,7 \text{ K}$

WARTOŚCI WYBRANYCH JEDNOSTEK SPOZA UKŁADU SI

$1 \text{ eV} = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ (wartość dokładna)	$0^\circ \text{C} \equiv 273,15 \text{ K}$
$1 \text{ atmosfera} \equiv 101\,325 \text{ Pa}$	$1 \text{ G} \equiv 10^{-4} \text{ T}$
	$1 \text{ Å} = 0,1 \text{ nm}$

$\pi = 3,141\,592\,653\,589\,793 \dots$ (liczba pi) $e = 2,718\,281\,828\,459\,045 \dots$ (liczba Eulera)

Centralna Komisja Egzaminacyjna

ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa
tel. 22 536 65 00
sekretariat@cke.gov.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Gdańsku

ul. Na Stoku 49, 80-874 Gdańsk
tel. 58 320 55 90
komisja@oke.gda.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Jaworznie

ul. Adama Mickiewicza 4, 43-600 Jaworzno
tel. 32 616 33 99
oke@oke.jaworzno.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Krakowie

os. Szkolne 37, 31-978 Kraków
tel. 12 683 21 99
oke@oke.krakow.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Łomży

al. Legionów 9, 18-400 Łomża
tel. 86 473 71 20
sekretariat@oke.lomza.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Łodzi

ul. Ksawerego Praussa 4, 94-203 Łódź
tel. 42 634 91 33
sekretariat@lodz.oke.gov.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Poznaniu

ul. Gronowa 22, 61-655 Poznań
tel. 61 854 01 60
sekretariat@oke.poznan.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Warszawie

pl. Europejski 3, 00-844 Warszawa
tel. 22 457 03 35
info@oke.waw.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna we Wrocławiu

ul. Tadeusza Zielińskiego 57, 53-533 Wrocław
tel. 71 785 18 94
sekretariat@oke.wroc.pl

