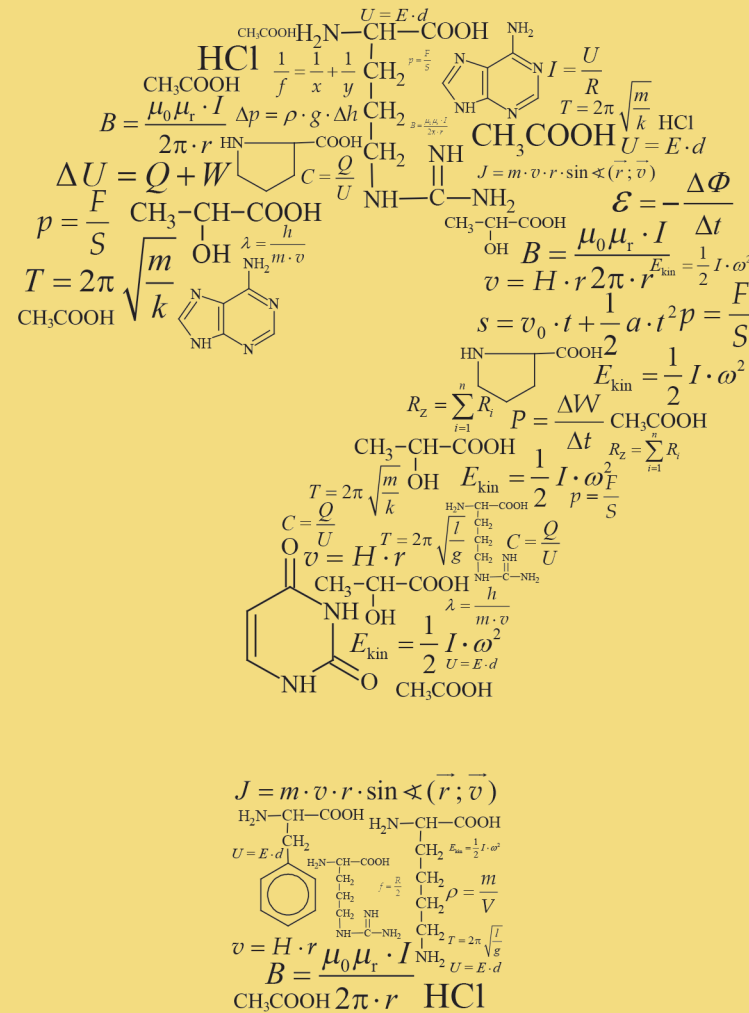


# Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin naturalny z biologii, chemii i fizyki



Publikacja współfinansowana przez  
Publikacja jest dystrybuowana bezpl

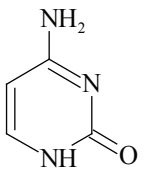
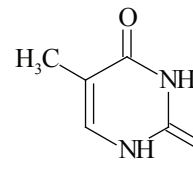
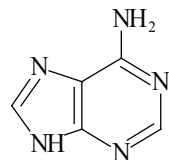
ropejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

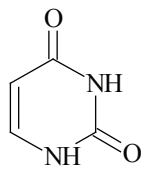
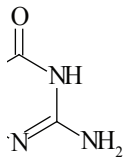
Warszawa 2015

## Spis treści

|     |                                     |    |
|-----|-------------------------------------|----|
| 1.  | Zasady azotowe .....                | 1  |
| 2.  | Wybrane kwasy organiczne ....       | 1  |
| 3.  | Kod genetyczny .....                | 1  |
| 4.  | Potencjał wody w komórce roś...     | 1  |
| 5.  | Równanie Hardy’ego-Weinber...       | 1  |
| 6.  | Wybrane aminokwasy białkow...       | 2  |
| 7.  | Rozpuszczalność soli i wodoroc...   | 3  |
| 8.  | Stałe dysocjacji wybranych kw...    | 4  |
| 9.  | Stałe dysocjacji wybranych za...    | 4  |
| 10. | Szereg elektrochemiczny wybr...     | 4  |
| 11. | Układ okresowy pierwiastków...      | 5  |
| 12. | Kinematyka .....                    | 6  |
| 13. | Dynamika .....                      | 6  |
| 14. | Siła ciężkości, siła sprężystośc... | 6  |
| 15. | Drgania i fale .....                | 6  |
| 16. | Optyka .....                        | 7  |
| 17. | Termodynamika .....                 | 7  |
| 18. | Pole magnetyczne .....              | 7  |
| 19. | Fizyka współczesna .....            | 7  |
| 20. | Elektrostatyka .....                | 8  |
| 21. | Prąd elektryczny .....              | 8  |
| 22. | Logarytmy .....                     | 8  |
| 23. | Równania kwadratowe .....           | 8  |
| 24. | Przedrostki .....                   | 8  |
| 25. | Stałe i jednostki fizyczne i che... | 9  |
| 26. | Wybrane zagadnienia z trygon...     | 10 |



| Zasady azotowe                                                                    |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| pirymidynowe                                                                      |                                                                                   |
|  |  |
| cytozyna (C)                                                                      | tymina (T)                                                                        |
| purynowe                                                                          |                                                                                   |
|  |                                                                                   |
| adenina (A)                                                                       |                                                                                   |

|                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
|  |
| uracyl (U)                                                                        |
|  |
| ina (G)                                                                           |

| Wybrane kwasy organiczne                                  |                                                         |                                                                       |                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COOH}$ | $\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{COOH}$ | $\text{HO}-\underset{\text{CH}_2-\text{COOH}}{\text{CH}}-\text{COOH}$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$ |
| kwas mlekowy                                              | kwas pirogronowy                                        | kwas jabłkowy                                                         | kwas cytrynowy                                                                                                                |

### Potencjał wody w komórce roślinnej

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$$

$\Psi_w$  – potencjał wody

$\Psi_s$  – potencjał osmotyczny

$\Psi_p$  – potencjał ciśnienia

### Równanie Hardy’ego-Weinberga

$$p + q = 1$$

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

gdzie:

p – częstość allelu dominującego w populacji

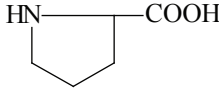
q – częstość allelu recesywnego w populacji

| Kod genetyczny     |                             |              |                      |                 |                  |
|--------------------|-----------------------------|--------------|----------------------|-----------------|------------------|
| Pierwszy nukleotyd | Drugi nukleotyd             |              |                      |                 | Trzeci nukleotyd |
|                    | U                           | C            | A                    | G               |                  |
| U                  | UUU fenyloalanina           | UCU seryna   | UAU tyrozyna         | UGU cysteina    | U                |
|                    | UUC fenyloalanina           | UCC seryna   | UAC tyrozyna         | UGC cysteina    | C                |
|                    | UUA leucyna                 | UCA seryna   | UAA <i>STOP</i>      | UGA <i>STOP</i> | A                |
|                    | UUG leucyna                 | UCG seryna   | UAG <i>STOP</i>      | UGG tryptofan   | G                |
|                    |                             |              |                      |                 |                  |
| C                  | CUU leucyna                 | CCU prolina  | CAU histydyna        | CGU arginina    | U                |
|                    | CUC leucyna                 | CCC prolina  | CAC histydyna        | CGC arginina    | C                |
|                    | CUA leucyna                 | CCA prolina  | CAA glutamina        | CGA arginina    | A                |
|                    | CUG leucyna                 | CCG prolina  | CAG glutamina        | CGG arginina    | G                |
|                    |                             |              |                      |                 |                  |
| A                  | AUU izoleucyna              | ACU treonina | AAU asparagina       | AGU seryna      | U                |
|                    | AUC izoleucyna              | ACC treonina | AAC asparagina       | AGC seryna      | C                |
|                    | AUA izoleucyna              | ACA treonina | AAA lizyna           | AGA arginina    | A                |
|                    | AUG metionina, <i>START</i> | ACG treonina | AAG lizyna           | AGG arginina    | G                |
|                    |                             |              |                      |                 |                  |
| G                  | GUU walina                  | GCU alanina  | GAU kw. asparaginowy | GGU glicyna     | U                |
|                    | GUC walina                  | GCC alanina  | GAC kw. asparaginowy | GGC glicyna     | C                |
|                    | GUA walina                  | GCA alanina  | GAA kw. glutaminowy  | GGA glicyna     | A                |
|                    | GUG walina                  | GCG alanina  | GAG kw. glutaminowy  | GGG glicyna     | G                |
|                    |                             |              |                      |                 |                  |

| Wybrane aminokwasy białk |                                                                                                                                                  |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nazwa aminokwasu         | Wzór                                                                                                                                             |
| Glicyna                  | $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$                                                                                                     |
| Alanina                  | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                                                      |
| Cysteina                 | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \end{array}$                                    |
| Seryna                   | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$                                    |
| Walina                   | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ |
| Fenylalanina             | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$                         |
| Kwas asparaginowy        | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$                                  |
| Kwas glutaminowy         | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$              |

| pI   |
|------|
| 6,06 |
| 6,11 |
| 5,05 |
| 5,68 |
| 6,00 |
| 5,48 |
| 2,85 |
| 3,15 |

| Nazwa aminokwasu | Wzór                                                                                                                                                                        | Kod | pI   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|
| Lizyna           | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ | Lys | 9,60 |
| Tyrozyna         | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array}$                                  | Tyr | 5,64 |
| 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 |
| Asparagina       | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CONH}_2 \end{array}$                                                           | Asn | 5,51 |
| 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 | 6,01 |
| Izoleucyna       | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$                                          | Ile | 6,05 |

| Nazwa aminokwasu | Wzór                                                                                                                                                                                   | Kod | pI    |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|
| Metionina        | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{S}-\text{CH}_3 \end{array}$                                           | Met | 5,74  |
| Treonina         | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                                                                | Thr | 5,60  |
| Prolina          |                                                                                                     | Pro | 6,30  |
| Histydyna        | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_4\text{H}_3\text{N}_2 \end{array}$                                                     | His | 7,60  |
| Tryptofan        | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N} \end{array}$                                                       | Trp | 5,89  |
| Arginina         | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{NH}-\text{C}(=\text{NH})-\text{NH}_2 \end{array}$ | Arg | 10,76 |

Źródło: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Warszawa

|                                                                                         | $\text{Cl}^-$ | $\text{Br}^-$ |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--|
| $\text{Na}^+$                                                                           | R             | R             |  |
| $\text{K}^+$                                                                            | R             | R             |  |
| $\text{NH}_4^+$                                                                         | R             | R             |  |
| $\text{Cu}^{2+}$                                                                        | R             | R             |  |
| $\text{Ag}^+$                                                                           | N             | N             |  |
| $\text{Mg}^{2+}$                                                                        | R             | R             |  |
| $\text{Ca}^{2+}$                                                                        | R             | R             |  |
| $\text{Ba}^{2+}$                                                                        | R             | R             |  |
| $\text{Zn}^{2+}$                                                                        | R             | R             |  |
| $\text{Al}^{3+}$                                                                        | R             | R             |  |
| $\text{Sn}^{2+}$                                                                        | R             | R             |  |
| $\text{Pb}^{2+}$                                                                        | T             | T             |  |
| $\text{Mn}^{2+}$                                                                        | R             | R             |  |
| $\text{Fe}^{2+}$                                                                        | R             | R             |  |
| $\text{Fe}^{3+}$                                                                        | R             | R             |  |
| <b>R</b> – substancja rozpuszczalna; <b>T</b> – s<br>— oznacza, że dana substancja albo |               |               |  |

Źródło: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Warszawa

| rozpuszczalność soli i wodorotlenków w wodzie w temperaturze 25 °C                                                                              |                 |                           |                 |                    |                    |                    |                     |                     |                    |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------|
|                                                                                                                                                 | $\text{NO}_3^-$ | $\text{CH}_3\text{COO}^-$ | $\text{S}^{2-}$ | $\text{SO}_3^{2-}$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{CO}_3^{2-}$ | $\text{SiO}_3^{2-}$ | $\text{CrO}_4^{2-}$ | $\text{PO}_4^{3-}$ | $\text{OH}^-$ |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | R               | R                  | R                  | R                  | R                   | R                   | R                  | R             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | R               | R                  | R                  | R                  | R                   | R                   | R                  | R             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | R               | R                  | R                  | R                  | —                   | R                   | R                  | R             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | N               | N                  | R                  | —                  | N                   | N                   | N                  | N             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | N               | N                  | T                  | N                  | N                   | N                   | N                  | —             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | R               | R                  | R                  | N                  | N                   | R                   | N                  | N             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | T               | N                  | T                  | N                  | N                   | T                   | N                  | T             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | R               | N                  | N                  | N                  | N                   | N                   | N                  | R             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | N               | T                  | R                  | N                  | N                   | T                   | N                  | N             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | —               | —                  | R                  | —                  | N                   | N                   | N                  | N             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | N               | —                  | R                  | —                  | N                   | N                   | N                  | N             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | N               | N                  | N                  | N                  | N                   | N                   | N                  | N             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | N               | N                  | R                  | N                  | N                   | N                   | N                  | N             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | N               | N                  | R                  | N                  | N                   | —                   | N                  | N             |
| R                                                                                                                                               | R               | R                         | N               | —                  | R                  | —                  | N                   | N                   | N                  | N             |
| ja trudno rozpuszczalna (strąca się ze stęż. roztworów); <b>N</b> – substancja nierozpuszczalna;<br>la się w wodzie, albo nie została otrzymana |                 |                           |                 |                    |                    |                    |                     |                     |                    |               |

| Stale dysocjacji wybranych kwasów w temperaturze 25 °C* |
|---------------------------------------------------------|
| Kwas nieorganiczny                                      |
| HF                                                      |
| HCl                                                     |
| HBr                                                     |
| HI                                                      |
| H <sub>2</sub> S                                        |
| H <sub>2</sub> Se                                       |
| H <sub>2</sub> Te                                       |
| HClO                                                    |
| HClO <sub>2</sub>                                       |
| HClO <sub>3</sub>                                       |
| HNO <sub>2</sub>                                        |
| HNO <sub>3</sub>                                        |
| H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>                          |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                          |
| H <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>                         |
| H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>                         |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                          |
| H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>                         |
| H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                          |
| Kwas organiczny                                         |
| HCOOH                                                   |
| CH <sub>3</sub> COOH                                    |
| CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH                    |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH                      |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH                        |

Źródło: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2010.  
J. Sawicka, A. Janich-Kilian, W. Cejner-Mania, G. Urbańczyk, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2001.

\* jeśli w tabeli nie zaznaczono inaczej

| Stale dysocjacji wybranych zasad w temperaturze 25 °C* |
|--------------------------------------------------------|
| Stała dysocjacji K <sub>a</sub> lub K <sub>a1</sub>    |
| 10 <sup>-4</sup>                                       |
| 10 <sup>-7</sup>                                       |
| 10 <sup>-9</sup>                                       |
| 10 <sup>-10</sup>                                      |
| 10 <sup>-7</sup>                                       |
| 10 <sup>-4</sup>                                       |
| 10 <sup>-3</sup>                                       |
| 10 <sup>-8</sup>                                       |
| 10 <sup>-2</sup>                                       |
| 10 <sup>-2</sup>                                       |
| 10 <sup>-4</sup>                                       |
|                                                        |
| 10 <sup>-2</sup>                                       |
| 10 <sup>-10</sup>                                      |
| 10 <sup>-10</sup>                                      |
| 10 <sup>-3</sup>                                       |
| 10 <sup>-3</sup>                                       |
| 10 <sup>-10</sup>                                      |
| 10 <sup>-7</sup>                                       |
| Stała dysocjacji K <sub>a</sub>                        |
| 10 <sup>-4</sup> (t = 20 °C)                           |
| 10 <sup>-5</sup>                                       |
| 10 <sup>-5</sup>                                       |
| 10 <sup>-5</sup>                                       |
| 10 <sup>-10</sup> (t = 20 °C)                          |

Źródło: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2010.  
J. Sawicka, A. Janich-Kilian, W. Cejner-Mania, G. Urbańczyk, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2001.

| Stałe dysocjacji wybranych zasad w roztworach wodnych<br>w temperaturze 25 °C |                        |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Zasada                                                                        | Stała dysocjacji $K_b$ |
| NH <sub>3</sub>                                                               | $1,8 \cdot 10^{-5}$    |
| CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>                                               | $4,3 \cdot 10^{-4}$    |
| CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>                               | $5,0 \cdot 10^{-4}$    |
| CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>               | $4,0 \cdot 10^{-4}$    |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH                                            | $7,4 \cdot 10^{-4}$    |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N                                             | $7,4 \cdot 10^{-5}$    |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>                                 | $4,3 \cdot 10^{-10}$   |

Źródło: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2010.  
J. Sawicka, A. Janich-Kilian, W. Cejner-Mania, G. Urbańczyk, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2001.

| Szereg elektrochemiczny wybranych metali |       |                                 |       |
|------------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|
| Półogniwo                                | E°, V | Półogniwo                       | E°, V |
| Li/Li <sup>+</sup>                       | -3,04 | Ni/Ni <sup>2+</sup>             | -0,26 |
| Ca/Ca <sup>2+</sup>                      | -2,84 | Sn/Sn <sup>2+</sup>             | -0,14 |
| Mg/Mg <sup>2+</sup>                      | -2,36 | Pb/Pb <sup>2+</sup>             | -0,13 |
| Al/Al <sup>3+</sup>                      | -1,68 | Fe/Fe <sup>3+</sup>             | -0,04 |
| Mn/Mn <sup>2+</sup>                      | -1,18 | H <sub>2</sub> /2H <sup>+</sup> | 0,00  |
| Zn/Zn <sup>2+</sup>                      | -0,76 | Bi/Bi <sup>3+</sup>             | +0,31 |
| Cr/Cr <sup>3+</sup>                      | -0,74 | Cu/Cu <sup>2+</sup>             | +0,34 |
| Fe/Fe <sup>2+</sup>                      | -0,44 | Ag/Ag <sup>+</sup>              | +0,80 |
| Cd/Cd <sup>2+</sup>                      | -0,40 | Hg/Hg <sup>2+</sup>             | +0,85 |
| Co/Co <sup>2+</sup>                      | -0,28 | Au/Au <sup>3+</sup>             | +1,50 |

Źródło: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2010.  
J. Sawicka, A. Janich-Kilian, W. Cejner-Mania, G. Urbańczyk, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2001.

## Układ okresowy pierwiastków

|                                            |                                            |                                              |                                            |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                                          |                                            |                                              |                                            |
| <sup>1</sup> H<br>Wodór<br>1,01<br>2,1     |                                            |                                              |                                            |
|                                            | 2                                          |                                              |                                            |
| <sup>3</sup> Li<br>Lit<br>6,94<br>1,0      | <sup>4</sup> Be<br>Beryl<br>9,01<br>1,5    |                                              |                                            |
| <sup>11</sup> Na<br>Sód<br>23,00<br>0,9    | <sup>12</sup> Mg<br>Magnez<br>24,31<br>1,2 | 3                                            | 4                                          |
| <sup>19</sup> K<br>Potas<br>39,10<br>0,9   | <sup>20</sup> Ca<br>Wapń<br>40,08<br>1,0   | <sup>21</sup> Sc<br>Skand<br>44,96<br>1,3    | <sup>22</sup> Ti<br>Tytan<br>47,87<br>1,5  |
| <sup>37</sup> Rb<br>Rubid<br>85,47<br>0,8  | <sup>38</sup> Sr<br>Stront<br>87,62<br>1,0 | <sup>39</sup> Y<br>Itr<br>88,91<br>1,3       | <sup>40</sup> Zr<br>Cyrkon<br>91,22<br>1,4 |
| <sup>55</sup> Cs<br>Cez<br>132,91<br>0,7   | <sup>56</sup> Ba<br>Bar<br>137,33<br>0,9   | <sup>57</sup> La*<br>Lantan<br>138,91<br>1,1 | <sup>72</sup> Hf<br>Hafn<br>178,49<br>1,3  |
| <sup>87</sup> Fr<br>Frans<br>223,02<br>0,7 | <sup>88</sup> Ra<br>Rad<br>226,03<br>0,9   | <sup>89</sup> Ac**<br>Aktyn<br>227,03        | <sup>104</sup> Rf<br>Rutherford<br>261,11  |

|     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| *)  | <sup>58</sup> Ce<br>Cer<br>140,12 |
| **) | <sup>90</sup> Th<br>Tor<br>232,04 |

|         |                                        |                              |
|---------|----------------------------------------|------------------------------|
| atomowa | <sup>1</sup> H<br>Wodór<br>1,01<br>2,1 | symbol chemiczny pierwiastka |
|         |                                        | masa atomowa, u              |
|         |                                        | elektroujemność              |

|                                              |                                             |                                            |                                            |                                              |                                             |                                           |                                          |                                            |                                              |                                             |                                            |                                          |                                           |                                           |                                           |                                           |                                    |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
|                                              |                                             |                                            |                                            |                                              |                                             |                                           |                                          |                                            |                                              |                                             |                                            |                                          |                                           |                                           |                                           |                                           | 18                                 |
|                                              |                                             |                                            |                                            |                                              |                                             |                                           |                                          |                                            |                                              |                                             |                                            |                                          |                                           |                                           |                                           |                                           | <sup>2</sup> He<br>Hel<br>4,00     |
|                                              |                                             |                                            |                                            |                                              |                                             |                                           |                                          |                                            |                                              |                                             |                                            | 13                                       | 14                                        | 15                                        | 16                                        | 17                                        |                                    |
|                                              |                                             |                                            |                                            |                                              |                                             |                                           |                                          |                                            |                                              |                                             |                                            | <sup>5</sup> B<br>Bor<br>10,81<br>2,0    | <sup>6</sup> C<br>Węgiel<br>12,01<br>2,5  | <sup>7</sup> N<br>Azot<br>14,01<br>3,0    | <sup>8</sup> O<br>Tlen<br>16,00<br>3,5    | <sup>9</sup> F<br>Fluor<br>19,00<br>4,0   | <sup>10</sup> Ne<br>Neon<br>20,18  |
|                                              |                                             |                                            |                                            |                                              |                                             |                                           |                                          |                                            |                                              |                                             |                                            | <sup>13</sup> Al<br>Glin<br>26,98<br>1,5 | <sup>14</sup> Si<br>Krzem<br>28,09<br>1,8 | <sup>15</sup> P<br>Fosfor<br>30,97<br>2,1 | <sup>16</sup> S<br>Siarka<br>32,07<br>2,5 | <sup>17</sup> Cl<br>Chlor<br>35,45<br>3,0 | <sup>18</sup> Ar<br>Argon<br>39,95 |
| 6                                            | 7                                           | 8                                          | 9                                          | 10                                           | 11                                          | 12                                        |                                          |                                            |                                              |                                             |                                            |                                          |                                           |                                           |                                           |                                           |                                    |
| <sup>24</sup> Cr<br>Chrom<br>52,00<br>1,9    | <sup>25</sup> Mn<br>Mangan<br>54,94<br>1,7  | <sup>26</sup> Fe<br>Żelazo<br>55,85<br>1,9 | <sup>27</sup> Co<br>Kobalt<br>58,93<br>2,0 | <sup>28</sup> Ni<br>Nikiel<br>58,69<br>2,0   | <sup>29</sup> Cu<br>Miedź<br>63,55<br>1,9   | <sup>30</sup> Zn<br>Cynk<br>65,39<br>1,6  | <sup>31</sup> Ga<br>Gal<br>69,72<br>1,6  | <sup>32</sup> Ge<br>German<br>72,61<br>1,8 | <sup>33</sup> As<br>Arsen<br>74,92<br>2,0    | <sup>34</sup> Se<br>Selen<br>78,96<br>2,4   | <sup>35</sup> Br<br>Brom<br>79,90<br>2,8   | <sup>36</sup> Kr<br>Krypton<br>83,80     |                                           |                                           |                                           |                                           |                                    |
| <sup>42</sup> Mo<br>Molibden<br>95,94<br>2,0 | <sup>43</sup> Tc<br>Technet<br>97,91<br>1,9 | <sup>44</sup> Ru<br>Ruten<br>101,07<br>2,2 | <sup>45</sup> Rh<br>Rod<br>102,91<br>2,2   | <sup>46</sup> Pd<br>Pallad<br>106,42<br>2,2  | <sup>47</sup> Ag<br>Srebro<br>107,87<br>1,9 | <sup>48</sup> Cd<br>Kadm<br>112,41<br>1,7 | <sup>49</sup> In<br>Ind<br>114,82<br>1,7 | <sup>50</sup> Sn<br>Cyna<br>118,71<br>1,8  | <sup>51</sup> Sb<br>Antymon<br>121,76<br>1,9 | <sup>52</sup> Te<br>Tellur<br>127,60<br>2,1 | <sup>53</sup> I<br>Jod<br>126,90<br>2,5    | <sup>54</sup> Xe<br>Ksenon<br>131,29     |                                           |                                           |                                           |                                           |                                    |
| <sup>74</sup> W<br>Wolfram<br>183,84<br>2,0  | <sup>75</sup> Re<br>Ren<br>186,21<br>1,9    | <sup>76</sup> Os<br>Osm<br>190,23<br>2,2   | <sup>77</sup> Ir<br>Iryd<br>192,22<br>2,2  | <sup>78</sup> Pt<br>Platyna<br>195,08<br>2,2 | <sup>79</sup> Au<br>Złoto<br>196,97<br>2,4  | <sup>80</sup> Hg<br>Rtęć<br>200,59<br>1,9 | <sup>81</sup> Tl<br>Tal<br>204,38<br>1,8 | <sup>82</sup> Pb<br>Ołów<br>207,20<br>1,8  | <sup>83</sup> Bi<br>Bizmut<br>208,98<br>1,9  | <sup>84</sup> Po<br>Polon<br>208,98<br>2,0  | <sup>85</sup> At<br>Astat<br>209,99<br>2,2 | <sup>86</sup> Rn<br>Radon<br>222,02      |                                           |                                           |                                           |                                           |                                    |
| <sup>106</sup> Sg<br>Seaborg<br>265,12       | <sup>107</sup> Bh<br>Bohr<br>264,10         | <sup>108</sup> Hs<br>Has<br>269,10         | <sup>109</sup> Mt<br>Meitner<br>268,10     | <sup>110</sup> Ds<br>Darmstadt<br>281,10     | <sup>111</sup> Uuu<br>Ununun<br>280         | <sup>112</sup> Uub<br>Ununbi<br>285       | <sup>113</sup> Uut<br>Ununtri<br>284     | <sup>114</sup> Uuq<br>Ununkwad<br>289      | <sup>115</sup> Uup<br>Ununpent<br>288        | <sup>116</sup> Uuh<br>Ununheks<br>292       | <sup>117</sup> Uus<br>Ununsept<br>294      | <sup>118</sup> Uuo<br>Ununokt<br>294     |                                           |                                           |                                           |                                           |                                    |

|   |                                      |                                      |                                      |                                      |                                       |                                      |                                        |                                        |                                     |                                         |                                      |                                       |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| n | <sup>60</sup> Nd<br>Neodym<br>144,24 | <sup>61</sup> Pm<br>Promet<br>144,91 | <sup>62</sup> Sm<br>Samar<br>150,36  | <sup>63</sup> Eu<br>Europ<br>151,96  | <sup>64</sup> Gd<br>Gadolin<br>157,25 | <sup>65</sup> Tb<br>Terb<br>158,93   | <sup>66</sup> Dy<br>Dysproz<br>162,50  | <sup>67</sup> Ho<br>Holm<br>164,93     | <sup>68</sup> Er<br>Erb<br>167,26   | <sup>69</sup> Tm<br>Tul<br>168,93       | <sup>70</sup> Yb<br>Iterb<br>173,04  | <sup>71</sup> Lu<br>Lutet<br>174,97   |
| 1 | <sup>92</sup> U<br>Uran<br>238,03    | <sup>93</sup> Np<br>Neptun<br>237,05 | <sup>94</sup> Pu<br>Pluton<br>244,06 | <sup>95</sup> Am<br>Ameryk<br>243,06 | <sup>96</sup> Cm<br>Kiur<br>247,07    | <sup>97</sup> Bk<br>Berkel<br>247,07 | <sup>98</sup> Cf<br>Kaliforn<br>251,08 | <sup>99</sup> Es<br>Einstein<br>252,09 | <sup>100</sup> Fm<br>Ferm<br>257,10 | <sup>101</sup> Md<br>Mendelew<br>258,10 | <sup>102</sup> No<br>Nobel<br>259,10 | <sup>103</sup> Lr<br>Lorens<br>262,11 |

Źródło: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*,

2004. Masy atomowe podano z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

| Kinematyka                                            |            |
|-------------------------------------------------------|------------|
| prędkość                                              |            |
| przyspieszenie                                        |            |
| prędkość kątowa                                       | $\omega$   |
| prędkość w ruchu po okręgu                            | $v$        |
| przyspieszenie dośrodkowe                             | $a_d =$    |
| przyspieszenie kątowe                                 |            |
| przyspieszenie styczne                                | $c$        |
| prędkość w prostoliniowym ruchu jednostajnie zmiennym | $v =$      |
| droga w prostoliniowym ruchu jednostajnie zmiennym    | $s = \tau$ |

| Drgania i fale                                         |                                                                                    |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| ruch harmoniczny                                       | $x(t) = A \cdot \sin$<br>$v(t) = A \cdot \omega \cdot$<br>$a(t) = -A \cdot \omega$ |
| okres drgań masy na sprężynie i wahadła matematycznego | $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}};$                                                     |
| częstotliwość i długość fali                           | $f = \frac{1}{T} \quad ;$                                                          |
| załamanie fali                                         | $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} =$                                                 |
| siatka dyfrakcyjna                                     | $n \cdot \lambda = a$                                                              |
| efekt Dopplera                                         | $f = f_z$                                                                          |

|                      |
|----------------------|
|                      |
|                      |
| $\frac{2\pi}{T}$     |
| $r$                  |
| $v^2 \cdot r$        |
|                      |
| $c$                  |
| $v =$                |
| $a \cdot t^2$        |
|                      |
| $)$                  |
| $t + \varphi)$       |
| $t + \varphi)$       |
| $\sqrt{\frac{l}{g}}$ |
| $\cdot T$            |
|                      |
|                      |
|                      |
|                      |

| Dynamika                                           |                                                                                       |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| pęd                                                | $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$                                                           |
| II zasada dynamiki                                 | $\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F} \quad ; \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ |
| moment siły                                        | $M = F \cdot r \cdot \sin \angle(\vec{r}; \vec{F})$                                   |
| moment bezwładności                                | $I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2$                                                    |
| moment pędu punktu materialnego                    | $J = m \cdot v \cdot r \cdot \sin \angle(\vec{r}; \vec{v})$                           |
| moment pędu bryły sztywnej                         | $J = I \cdot \omega$                                                                  |
| II zasada dynamiki ruchu obrotowego                | $\frac{\Delta J}{\Delta t} = M \quad ; \quad \varepsilon = \frac{M}{I}$               |
| praca                                              | $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \angle(\vec{F}, \Delta \vec{x})$                     |
| moc                                                | $P = \frac{W}{\Delta t}$                                                              |
| energia kinetyczna                                 | $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$                                            |
| energia kinetyczna ruchu obrotowego bryły sztywnej | $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2$                                       |

| Siła ciężkości, siła sprężystości i siła tarcia               |                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| prawo powszechnego ciążenia                                   | $F_g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$                                                                                                                            |
| natężenie pola grawitacyjnego                                 | $\vec{\gamma} = \frac{\vec{F}_g}{m}$                                                                                                                           |
| energia potencjalna grawitacji                                | $E_p = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{r}$                                                                                                                             |
| zmiana energii potencjalnej grawitacji na małych wysokościach | $\Delta E_p = m \cdot g \cdot \Delta h$                                                                                                                        |
| prędkości kosmiczne (dla Ziemi)                               | $v_I = \sqrt{\frac{G \cdot M_Z}{R_Z}} = 7,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$<br>$v_{II} = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_Z}{R_Z}} = 11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ |
| III prawo Keplera                                             | $\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} = \text{const}$                                                                                                     |
| siła sprężystości                                             | $\vec{F}_s = -k \cdot \vec{x}$                                                                                                                                 |
| energia potencjalna sprężystości                              | $E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$                                                                                                                     |
| siła tarcia kinetycznego                                      | $T_k = \mu_k \cdot F_N$                                                                                                                                        |
| siła tarcia statycznego                                       | $T_s \leq \mu_s \cdot F_N$                                                                                                                                     |

| Optyka                         |                                                                         |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| kąt graniczny                  | $\sin$                                                                  |
| kąt Brewstera                  | $\operatorname{tg}$                                                     |
| równanie soczewki, zwierciadła | $\frac{1}{f} =$                                                         |
| soczewka                       | $\frac{1}{f} = \left( \frac{n_{\text{socz}}}{n_{\text{otocz}}} \right)$ |
| zwierciadło kuliste            | $f$                                                                     |

| Fizyka współczesna                |                   |
|-----------------------------------|-------------------|
| równoważność masy-energii         | $E =$             |
| energia fotonu                    | $E = h \cdot f =$ |
| zjawisko fotoelektryczne          | $h \cdot f =$     |
| długość fali de Broglie'a         | $\lambda$         |
| poziomy energetyczne atomu wodoru | $E_n =$           |
| prawo Hubble'a                    | $v =$             |

| Termodynamika                                           |                                                |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| gęstość                                                 | $\rho = \frac{m}{V}$                           |
| ciśnienie                                               | $p = \frac{F}{S}$                              |
| zmiana ciśnienia hydrostatycznego                       | $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$       |
| I zasada termodynamiki                                  | $\Delta U = Q + W$                             |
| praca siły parcia                                       | $W = -p \cdot \Delta V$                        |
| ciepło właściwe                                         | $c_w = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$             |
| ciepło molowe                                           | $C = \frac{Q}{n \cdot \Delta T}$               |
| ciepło przemiany fazowej                                | $Q = m \cdot L$                                |
| średnia energia kinetyczna ruchu postępowego cząsteczek | $E_{\text{śr}} = \frac{3}{2} k_B \cdot T$      |
| równanie stanu gazu doskonałego (Clapeyrona)            | $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$                |
| ciepła molowe gazu doskonałego                          | $C_p = C_v + R$                                |
| sprawność silnika cieplnego                             | $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ |

| Pole magnetyczne                      |                                                                                                    |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| siła Lorentza                         | $F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \angle(\vec{v}; \vec{B})$                                        |
| siła elektrodynamiczna                | $F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \angle(\vec{l}; \vec{B})$                                        |
| pole przewodnika prostoliniowego      | $B = \frac{\mu_0 \mu_r \cdot I}{2\pi \cdot r}$                                                     |
| pole pętli (w jej środku)             | $B = \frac{\mu_0 \mu_r \cdot I}{2 \cdot r}$                                                        |
| pole długiego solenoidu (zwojnicy)    | $B = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{n \cdot I}{l}$                                                        |
| strumień pola magnetycznego           | $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \angle(\vec{B}; \vec{S})$                                             |
| SEM indukcji                          | $\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$                                                     |
| SEM samoindukcji                      | $\mathcal{E} = - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$                                                      |
| SEM prądnic                           | $\mathcal{E} = n \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega t + \varphi)$                      |
| wartości skuteczne prądu przemiennego | $U_{\text{sk}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}}, I_{\text{sk}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$ |
| transformator                         | $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$                                              |

| Elektrostatyka                                        |                                                 |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| prawo Coulomba                                        | $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$               |
| natężenie pola                                        | $\vec{E} :$                                     |
| napięcie                                              | $U :$                                           |
| pole jednorodne                                       | $U =$                                           |
| pojemność<br>(pojemność<br>kondensatora<br>płaskiego) | $C = \frac{Q}{U} \quad \left( \epsilon \right)$ |
| energia kondensatora                                  | $W = \frac{1}{2} Q \cdot U$                     |

| Prąd elektryczny                             |                    |                                                                                                     |
|----------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\epsilon = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0}$ | natężenie prądu    | $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$                                                                     |
|                                              | moc prądu          | $P = U \cdot I$                                                                                     |
|                                              | opór przewodnika   | $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$                                                                        |
|                                              | prawo Ohma         | $I = \frac{U}{R}$                                                                                   |
| $\epsilon \cdot \frac{S}{d}$                 | napięcie ogniwa    | $U = \mathcal{E} - I \cdot R_w$                                                                     |
| $\cdot U^2$                                  | łączenie oporników | szeregowe<br>$R_Z = \sum_{i=1}^n R_i$<br>równoległe<br>$\frac{1}{R_Z} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$ |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Logarytmem <math>\log_a c</math> dodatniej liczby <math>c</math> przy podstawie <math>a</math> (<math>a &gt; 0</math> i <math>a \neq 1</math>) nazywamy wykładnik <math>b</math> potęgi, do której należy podnieść podstawę <math>a</math>, aby otrzymać liczbę <math>c</math>:</p> <p><math>\log_a c = b</math> wtedy i tylko wtedy, gdy <math>a^b = c</math></p> <p><math>\log x</math> oraz <math>\lg x</math> oznacza <math>\log_{10} x</math></p> <p>Dla <math>x &gt; 0, y &gt; 0</math> i <math>a &gt; 0</math> i <math>a \neq 1</math> prawdziwa jest równość:</p> <p><math>\log_a (x \cdot y) = \log_a x + \log_a y</math></p> |
| <p>Równanie kwadratowe <math>ax^2 + bx + c = 0</math>, gdzie <math>a \neq 0</math>, ma rozwiązania rzeczywiste wtedy i tylko wtedy, gdy <math>\Delta = b^2 - 4ac \geq 0</math>. Rozwiązania te wyrażają się wzorami:</p> <p><math>x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}, \quad x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

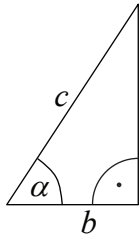
|             |           |   |
|-------------|-----------|---|
| mnożnik     | $10^{12}$ |   |
| przedrostek | tera      | ξ |
| oznaczenie  | T         |   |

| Przedrostki |        |        |        |           |           |           |           |           |            |
|-------------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| $10^6$      | $10^3$ | $10^2$ | $10^1$ | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-6}$ | $10^{-9}$ | $10^{-12}$ |
| mega        | kilo   | hekto  | deka   | decy      | centy     | mili      | mikro     | nano      | piko       |
| M           | k      | h      | da     | d         | c         | m         | μ         | n         | p          |

|                                                            |
|------------------------------------------------------------|
|                                                            |
| przyspieszenie ziemskie                                    |
| masa Ziemi                                                 |
| średni promień Ziemi                                       |
| stała grawitacji                                           |
| liczba Avogadro                                            |
| objętość 1 mola gazu doskonałego<br>w warunkach normalnych |
| uniwersalna stała gazowa                                   |
| stała Boltzmanna                                           |
| przenikalność elektryczna próżni                           |
| stała elektryczna                                          |

| Stałe i jednostki fizyczne i chemiczne                                                                      |                                  |                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$                                                                      | przenikalność magnetyczna próżni | $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$ |
| $M_Z = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$                                                                       | prędkość światła w próżni        | $c = 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$          |
| $R_Z = 6370 \text{ km}$                                                                                     | stała Plancka                    | $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$         |
| $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{kg}^2}$                                       | ładunek elementarny              | $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$                      |
| $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$                                                             | masa elektronu                   | $m = 9,110 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$                    |
| $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ oraz $p = 1013,25 \text{ hPa}$<br>$V = 22,41 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$ | masa protonu                     | $m = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$                    |
|                                                                                                             | masa neutronu                    | $m = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$                    |
| $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$                                                         | jednostka masy atomowej          | $1 \text{ u} = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$          |
| $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$                                                       | elektronowolt                    | $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$           |
| $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N}\cdot\text{m}^2}$                            | stała Hubble'a                   | $H \approx 75 \frac{\text{km}}{\text{s}\cdot\text{Mpc}}$ |
| $k = \frac{1}{4\pi\cdot\varepsilon_0} = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}$         | parsek                           | $1 \text{ pc} = 3,09 \cdot 10^{16} \text{ m}$            |

|               |        |        |        |      |
|---------------|--------|--------|--------|------|
| $\alpha$      | 0°     | 5°     | 10°    | 15°  |
| $\sin \alpha$ | 0,0000 | 0,0872 | 0,1736 | 0,25 |
| $\cos \beta$  |        |        |        |      |
| $\beta$       | 90°    | 85°    | 80°    | 75°  |



$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b} \quad a^2 + b^2 = c^2$$

|                            |    |                      |
|----------------------------|----|----------------------|
| $\alpha$                   | 0° | 30°                  |
|                            | 0  | $\frac{\pi}{6}$      |
| $\sin \alpha$              | 0  | $\frac{1}{2}$        |
| $\cos \alpha$              | 1  | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ |
| $\operatorname{tg} \alpha$ | 0  | $\frac{\sqrt{3}}{3}$ |

|          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| $\alpha$ | 25°    | 30°    | 35°    | 40°    | 45°    | 50°    | 55°    | 60°    | 65°    | 70°    | 75°    | 80°    | 85°    | 90°   |
| 20°      | 0,4226 | 0,5000 | 0,5736 | 0,6428 | 0,7071 | 0,7660 | 0,8192 | 0,8660 | 0,9063 | 0,9397 | 0,9659 | 0,9848 | 0,9962 | 1,000 |
| $\beta$  | 65°    | 60°    | 55°    | 50°    | 45°    | 40°    | 35°    | 30°    | 25°    | 20°    | 15°    | 10°    | 5°     | 0°    |

$$\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$$

$$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

|                      |                      |                 |
|----------------------|----------------------|-----------------|
| 45°                  | 60°                  | 90°             |
| $\frac{\pi}{4}$      | $\frac{\pi}{3}$      | $\frac{\pi}{2}$ |
| $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | 1               |
| $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2}$        | 0               |
| 1                    | $\sqrt{3}$           | —               |

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



Centralna Komisja Egzaminacyjna  
ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa  
tel. (22) 53-66-500, fax (22) 53-66-504  
www.cke.edu.pl, e-mail: ckesekr@cke.edu.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Gdańsku  
ul. Narutowicza 80-874 Gdańsk  
tel. (58) 32-05-590, fax (58) 32-05-591  
www.oke.gda.pl, e-mail: komisja@oke.gda.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Łodzi  
ul. Przemysłowa 4-203 Łódź  
tel. (42) 63-49-133, fax (42) 63-49-154  
www.oke.lodz.pl, e-mail: komisja@komisja.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Jaworznie  
ul. Armii Krajowej 4, 43-600 Jaworzno  
tel. (32) 78-41-608, fax (32) 78-41-608  
www.oke.jaw.pl, e-mail: oke@oke.jaw.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Poznaniu  
ul. Grzegorzewskiego 61-655 Poznań  
tel. (61) 85-21-441, fax (61) 85-21-441  
www.oke.poznan.pl, e-mail: sekretariat@oke.poznan.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Krakowie  
os. Szkolne 37, 31-978 Kraków  
tel. (12) 68-32-101, fax (12) 68-32-100  
www.oke.krakow.pl, e-mail: oke@oke.krakow.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Warszawie  
Plac Europejski 3, 00-844 Warszawa  
tel. (22) 45-70-335, fax (22) 45-70-345  
www.oke.waw.pl, e-mail: info@oke.waw.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Łomży  
Al. Legionów 9, 18-400 Łomża  
tel. (86) 47-37-120, fax (86) 47-36-817  
www.oke.lomza.pl, e-mail: sekretariat@oke.lomza.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna we Wrocławiu  
ul. Zielińskiego 57, 53-533 Wrocław  
tel. (71) 78-51-894, fax (71) 78-51-866  
www.oke.wroc.pl, e-mail: sekretariat@oke.wroc.pl