

## Jednostki podstawowe układu SI

Długość	<b>metr</b>	<b>m</b>	Temperatura	<b>kelwin</b>	<b>K</b>
Masa	<b>kilogram</b>	<b>kg</b>	Ilość substancji	<b>mol</b>	<b>mol</b>
Czas	<b>sekunda</b>	<b>s</b>			

Ponadto jednostkami podstawowymi SI są: amper [A], kandela [cd]. Są też dwie jednostki tzw. pomocnicze: radian [rad] i steradian [sr]

## Najważniejsze jednostki pochodne SI

Powierzchnia	metr kwadratowy	$m^2$	
Objętość	metr sześcienny	$m^3$	
Gęstość	kilogram na metr sześcienny	$\frac{kg}{m^3}$	
Siła	niuton	$N = kg \cdot \frac{m}{s^2}$	
Ciśnienie	paskal	$Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2}$	
Praca/Energia	dżul	$J = N \cdot m = kg \frac{m^2}{s^2}$	
Moc	wat	$W = \frac{J}{s} = kg \frac{m^2}{s^3}$	

## Najważniejsze wielokrotności i podwielokrotności:

10	deka	da	$10^{-1}$	decy	d
$10^2$	hecto	h	$10^{-2}$	centy	c
$10^3$	kilo	k	$10^{-3}$	mili	m
$10^6$	mega	M	$10^{-6}$	mikro	$\mu$
$10^9$	giga	G	$10^{-9}$	nano	n

## Trochę geometrii...

1 m = 10 dm	$1m^2 = 100 dm^2$	$1m^3 = 1000 dm^3$ (litrów)
1 m = 100 cm	$1m^2 = 10^4 cm^2$	$1m^3 = 10^6 cm^3$
1 m = 1000 mm	$1m^2 = 10^6 mm^2$	$1m^3 = 10^9 mm^3$

## Przeliczniki. Niektóre jednostki spoza układu SI

Gęstość:	$1000 kg/m^3 = 1 g/cm^3 = 1kg/dm^3$	
Siła	kilogram-siła	<b>1 kG <math>\approx</math> 9,81 N</b> (to samo co kilopond <b>1 kp <math>\approx</math> 9,81 N</b> )
Ciśnienie	Bar	<b>1 bar = 0,1 MPa</b>
	Atmosfera techniczna	<b>1 at = 0,981 bar = 0,0981 MPa</b>
	Atmosfera fizyczna	<b>1 atm = 1,013 bar = 0,1013 MPa</b>
	Milimetr słupa wody	<b>1 mmH<sub>2</sub>O <math>\approx</math> 9,81 Pa</b>
	Milimetr słupa rtęci	<b>1 mmHg <math>\approx</math> 133 Pa</b> (to samo co <b>1 Tor <math>\approx</math> 133 Pa</b> )
Energia i praca	Kaloria	<b>1 cal = 4,1868 J</b> czyli <b>1 kcal = 4,1868 kJ</b>
	Kilowatogodzina	<b>1 kWh = 3600 kJ</b>
Moc	Koń mechaniczny	<b>1 KM = 0,7355 kW</b>
Temperatura	Stopień Celsjusza	<b>punkt 0 °C = 273,15 K</b> <b>różnica 1 °C = 1 K</b>

## Jak przeliczać jednostki?

Najlepiej pomnożyć daną jednostkę przez odpowiednio zapisaną **jedynkę**: np.: silnik ma moc 54 kW. Ile to koni mechanicznych?

$$54 kW = 54 kW \cdot \frac{1 KM}{0,7355 kW} = \frac{54}{0,7355} KM = 73,42 KM \quad (\text{kilowaty się skracają})$$

Wytłuszczony ułamek jest równy jedności a został wzięty z zestawienia powyżej. Gdybyśmy przeliczali z koni mechanicznych na kilowaty, to musielibyśmy zapisać ten sam ułamek „do góry nogami”. Proste, prawda?

## Podstawowe definicje i liczby

Wszystko co nas otacza zbudowane jest z atomów. Atomy składają się z dodatniego elektrycznie jądra i krążących wokół niego ujemnych **elektronów**. Jądro składa się z dodatnich **protonów** oraz **obojętnych** (nie posiadających ładunku elektrycznego) neutronów. Liczba protonów jest **liczbą atomową** pierwiastka. Liczba protonów + neutronów jest **liczbą masową** pierwiastka. Przykłady:

Pierwiastkek	Liczba atomowa	Liczba masowa
Wodór H	1	1 (1 proton, brak neutronów)
Azot N	7	14 (7 protonów, 7 neutronów)
Tlen O	8	16 (8 protonów, 8 neutronów)
Węgiel C	6	12 (6 protonów, 6 neutronów)

Masy protonu i neutronu są zbliżone, masa elektronu jest ponad tysiąc razy mniejsza. Dlatego masa pierwiastka zmierzona w *jednostkach masy atomowej* jest b. zbliżona do liczby masowej. Dokładną wartość masy atomowej można znaleźć w układzie okresowym pierwiastków.

Atomy mogą łączyć się w cząsteczki takie jak H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>. Oto masy najważniejszych cząsteczek podane w jednostkach masy atomowej, w przybliżeniu wystarczającym w technice:

H <sub>2</sub>	1+1 = 2	CH <sub>4</sub>	12+4·1 = 16
N <sub>2</sub>	14+14 = 28	CO <sub>2</sub>	12 + 2·16 = 44
O <sub>2</sub>	16+16 = 32	NH <sub>3</sub>	14 + 3·1 = 17

Niektóre pierwiastki np. gazy szlachetne (hel, argon i in.) występują w postaci atomowej (nie tworzą cząsteczek).

### Ilość substancji (liczność materii)

Ilość substancji jest określona przez liczbę cząsteczek (dla substancji składającej się z cząsteczek) bądź liczbę atomów (dla substancji występującej w postaci atomowej). Jednostką ilości substancji jest **mol**. Mol jest to taka ilość substancji, która zawiera 6,022137·10<sup>23</sup> cząsteczek (lub odpowiednio atomów).

Mol jest tak dobrany, że masa 1 mola substancji wynosi tyle gramów, jaka jest masa cząsteczkowa. Na przykład 1 mol CO<sub>2</sub> ma masę 44 g, 1 mol O<sub>2</sub> ma masę 32 g itd. Kilomol jest to 1000 moli. Masa 1 kmola CO<sub>2</sub> to 44 kg itd.

W termodynamice stosuje się pojęcie **masy molowej M** wyrażanej w kg/kmol:

$$M_{\text{CO}_2} = 44 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}, M_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \text{ itd. — określa ona masę 1 kmola substancji.}$$

### Ilość substancji wyrażoną w molach bądź kilomolach oznaczamy przez *n*.

Ilość substancji można też określić pośrednio:

- a) przez podanie jej masy w kilogramach.

*W termodynamice ilość substancji w kilogramach określa się literą G, np. rozpatrujemy 8 kg tlenu: G<sub>O2</sub> = 8 kg.*

*Znając masę molową można obliczyć ilość substancji w kmol:*

$$n = \frac{G}{M}, \text{ dla przykładu } n_{\text{O}_2} = \frac{G_{\text{O}_2}}{M_{\text{O}_2}} = \frac{8}{32} = 0,25 \text{ kmol} \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{kg/kmol}} = \text{kmol} \right]$$

*W technice można przyjąć, że ilość substancji G = masie substancji m<sup>1</sup>.*

- b) Przez podanie ilości substancji V<sub>n</sub> w normalnych metrach sześciennych. Stwierdzono doświadczalnie, że w tzw. warunkach normalnych (p = 101,325 kPa, t = 0°C) 1 kmol **dowolnego** gazu zajmuje objętość 22,42 m<sup>3</sup>. W związku z tym zaproponowano *metr sześcienny normalny* jako jednostkę ilości substancji.

$$1 \text{ kmol} = 22,42 \text{ m}_n^3 \quad \text{czyli} \quad 1 \text{ m}_n^3 = 0,0446 \text{ kmol} .$$

Metr sześcienny normalny stosuje się tylko dla gazów.

<sup>1</sup> Przy prędkościach bliskich światłu oraz przy rozpatrywaniu zjawisk jądrowych następują zmiany masy substancji.

## Strumień

Strumień jest to ilość substancji przepływająca przez pewien przekrój w jednostce czasu. Oznacza się go przez kropkę nad symbolem wielkości.

Ilość			Strumień		
Ilość substancji	$n$	kmol	Strumień	$\dot{n}$	$\frac{\text{kmol}}{\text{s}}$
Masa substancji	G lub m	Kg	Masa strumienia	$\dot{G}$ lub $\dot{m}$	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
Objętość normalna substancji	$V_n$	$\text{m}_n^3$	Objętość strumienia	$\dot{V}_n$	$\frac{\text{m}_n^3}{\text{s}}$

### Zasada zachowania ilości substancji (bilans substancji)

W procesach **fizycznych** (takich jak: podgrzewanie, sprężanie itp. a także mieszanie dwóch różnych substancji) zachowaniu podlega ilość cząsteczek, natomiast w procesach **chemicznych** (np. spalanie) zachowaniu podlega ilość atomów.

Dla procesów fizycznych zasadę tę można sformułować następująco:

*Ilość substancji doprowadzona do układu równa się sumie ilości substancji zakumulowanej w układzie i ilości substancji wyprowadzonej z układu.*

$$G_d = \Delta G_u + G_w \quad \text{lub} \quad n_d = \Delta n_u + n_w$$

W stanach ustalonych ilość substancji w układzie nie zmienia się i wtedy zasadę zachowania rozpatruje się w jednostce czasu:

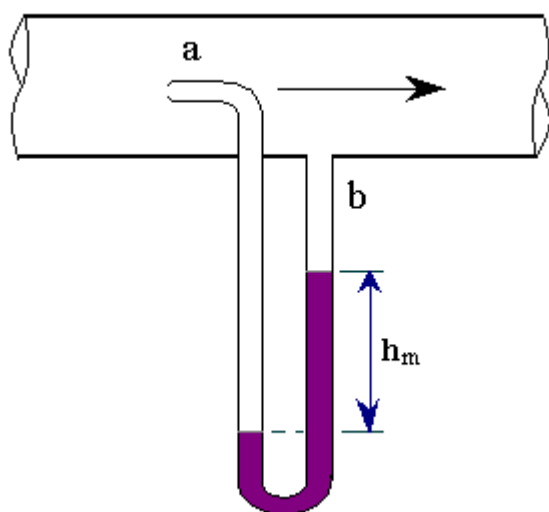
$$\dot{G}_d = \dot{G}_w \quad \text{lub} \quad \dot{n}_d = \dot{n}_w$$

### Ciśnienie manometryczne, bezwzględne, dynamiczne, statyczne, całkowite

Ciśnienie manometryczne  $p_m$  jest to wskazanie przyrządu pomiarowego, który mierzy zawsze różnicę między ciśnieniem badanego ośrodka a ciśnieniem otoczenia. **Ciśnienie manometryczne jest to nadciśnienie.**

Ciśnienie bezwzględne  $p$  jest sumą ciśnienia manometrycznego i ciśnienia otoczenia  $p_{ot}$ .

$$p = p_m + p_{ot}$$



Pojęcie ciśnienia statycznego i dynamicznego wyjaśnia rysunek (rurka Pitota):

W rurce  $b$  nad powierzchnią cieczy panuje **ciśnienie statyczne**. W rurce  $a$  panuje ciśnienie większe od statycznego o tzw. **ciśnienie dynamiczne**. Suma ciśnień statycznego i dynamicznego nazywa się ciśnieniem całkowitym. Ciśnienie dynamiczne związane jest z prędkością płynu:

$$p_d = \frac{\rho w^2}{2}$$

gdzie  $\rho$  jest gęstością, a  $w$  prędkością płynu. Ciśnienie dynamiczne mierzy się po to, aby zmierzyć prędkość płynu.

**We wszystkich pozostałych przypadkach mówimy o ciśnieniu (bądź nadciśnieniu) statycznym.**