

## Úvod

Fyzikální veličina je jakákoliv objektivní vlastnost hmoty, jejíž hodnotu lze změřit nebo spočítat. Fyzikálním veličinám přiřazujeme určitou hodnotu (velikost). Hodnota dané veličiny je udávána prostřednictvím srovnání s pevně zvolenou hodnotou veličiny stejného druhu, kterou volíme za měřicí jednotku. Číselná hodnota fyzikální veličiny je závislá na volbě měřicí jednotky, kterou nazýváme jednotka (fyzikální veličiny).

Zákonné jednotky v ČR jsou: základní jednotky, jednotky doplňkové, odvozené, dekadické násobky a díly základních a odvozených jednotek a jednotky vedlejší.

Základní jednotky SI - Základní jednotky jsou vhodně zvolené jednotky základních veličin. Každá základní veličina má pouze jedinou hlavní jednotku, která slouží současně jako základní jednotka. V mezinárodní soustavě jednotek SI je sedm základních jednotek v dohodnutém pořadí:

Fyzikální veličina	Značka veličiny	Základní jednotka	Značka jednotky
délka	l	metr	m
hmotnost	m	kilogram	kg
čas	t	sekunda	s
elektrický proud	I	ampér	A
termodynamická teplota	T	kelvin	K
látkové množství	n	mol	mol
svítivost	I	kandela	cd

Doplňkové jednotky - Doplnkové jednotky jsou to takové jednotky, o nichž Generální konference pro váhy a míry dosud nerozhodla, zda mají být zařazeny mezi základní jednotky nebo jednotky odvozené. Jsou to:

Fyzikální veličina	Značka veličiny	Základní jednotka	Značka jednotky
rovinný úhel	např. $\varphi$	radián	rad
prostorový úhel	např. $\Omega$	steradián	sr

Odvozené jednotky SI - Odvozené jednotky jsou jednotky fyzikálních veličin soustavy SI odvozené ze základních jednotek na základě definičních vztahů, v nichž se vyskytuje násobení, příp. dělení. Dělení je v zápise odvozené jednotky obvykle nahrazeno násobením se zápornou mocninou. Některé odvozené jednotky mají vlastní názvy, převážně podle jmen významných fyziků. Jsou to např. *hertz*, *joule*, *newton*, *pascal* ale i  $m^2$ ,  $m/s$  apod.

Násobné a dílčí jednotky - Násobné a dílčí jednotky jsou jednotky získané jako násobek nebo díl základní nebo odvozené jednotky. Jejich název je vytvořen přidáním předpony před základní nebo odvozenou jednotku, případně před její značku. Výjimkou je jednotka hmotnosti g (gram), která je dílem základní jednotky kg (kilogram)  $1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg}$ .

Přehled normalizovaných předpon		
Předpona	Značka předpony	Poměr k základní jednotce
exa-	E	$10^{18}$
Péta-	P	$10^{15}$
tera-	T	$10^{12}$
Giga-	G	$10^9$
Mega-	M	$10^6$
kilo-	k	$10^3$
Hekto-	h	$10^2$
Deka-	da	10
Deci-	d	$10^{-1}$
Centi-	c	$10^{-2}$
mili-	m	$10^{-3}$
Mikro-	$\mu$	$10^{-6}$
Nano-	n	$10^{-9}$
Piko-	p	$10^{-12}$
Femto-	f	$10^{-15}$
atto-	a	$10^{-18}$

Vedlejší jednotky - Vedlejší jednotky nepatří do soustavy SI, ale norma povoluje jejich používání. Tyto jednotky nejsou koherentní vůči základním nebo doplňkovým jednotkám SI. Jejich užívání v běžném praktickém životě je ale tradiční a jejich hodnoty jsou ve srovnání s odpovídajícími jednotkami SI pro praxi vhodnější. Vedlejší jednotky uvádí následující tabulka.

K vedlejším jednotkám času a rovinného úhlu se nesmějí přidávat předpony. Předpony nelze také používat u astronomické jednotky, světelného roku, dioptrie a atomové hmotnostní jednotky. Lze používat jednotek kombinovaných z jednotek SI a jednotek vedlejších nebo i kombinovaných z vedlejších jednotek, např.  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  nebo  $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$  apod. Lze používat poměrových a logaritmických jednotek (např. číslo 1, procento, bel, decibel, oktáva).

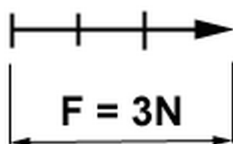
Veličina	Jednotka	Značka jednotky	Vztah k jednotkám SI
délka	astronomická jednotka parsek světelný rok	UA pc ly	1 UA = $1,49598 \cdot 10^{11}$ m 1 pc = $3,0857 \cdot 10^{16}$ m 1 ly = $9,4605 \cdot 10^{15}$ m
hmotnost	atomová hmotnostní jednotka tuna	u t	1 u = $1,66057 \cdot 10^{-27}$ kg 1 t = 1000 kg
čas	hodina minuta den	h min d	1 h = 3600 s 1 min = 60 s 1 d = 86400 s
teplota	Celsiův stupeň	$^{\circ}\text{C}$	1 $^{\circ}\text{C}$ = K
rovinný úhel	úhlový stupeň úhlová minuta vteřina grad (gon)	$^{\circ}$ ' " $^{\text{g}}$ (gon)	1 $^{\circ}$ = $(\pi/180)$ rad 1 ' = $(\pi/10800)$ rad 1 " = $(\pi/648000)$ rad 1 $^{\text{g}}$ = $(\pi/200)$ rad
plošný obsah	hektar	ha	1 ha = $10^4$ m <sup>2</sup>
objem	litr	l	1 l = $10^{-3}$ m <sup>3</sup>
energie	elektronvolt	eV	1 eV = $1,60219 \cdot 10^{-19}$ J
tlak	bar	B	1 b = $10^5$ Pa
optická mohutnost	dioptrie	D	1 D = 1 m <sup>-1</sup>
zdánlivý výkon	voltampér	VA	
jalový výkon	var	Var	

Skalární a vektorové fyzikální veličiny - Veličiny, se kterými se ve fyzice setkáme, rozdělujeme na:

skalární fyzikální veličiny (skaláry) jsou zcela určeny jen číselnou hodnotou a měřicí jednotkou (patří sem např. čas t, dráha s, energie E, moment setrvačnosti J apod.)

vektorové fyzikální veličiny (vektory) jsou zcela určeny číselnou hodnotou, směrem a měřicí jednotkou (patří sem např. síla F, rychlost v, moment síly M apod.)

Graficky zobrazujeme vektorovou veličinu orientovanou úsečkou, jejíž délka znázorňuje velikost vektoru (značí se |X|), její orientace směr vektoru. Počáteční bod vektoru určuje umístění vektoru. Např.:



## Tlak

Tlak je síla působící kolmo na jednotku plochy

$$p = \frac{F}{S} \quad [N.m^{-2} = pascal = Pa]$$

Protože Pa je velice malá jednotka, používají se často kPa a MPa. Další obvyklou jednotkou tlaku je bar. 1bar = 100kPa.

## Teplota

Teplota je stavová veličina vyjadřující tepelný stav látky.

$$t [^{\circ}C]$$

Termodynamická teplota

$$T \quad [kelvin = K]$$

## Energie

Energie je schopnost látky konat práci. Je to stavová veličina. Tepelná energie (teplo) je zvláštní forma energie. Je součtem neuspořádaných pohybů molekul nebo atomů příslušné látky (vnitřní energie).

## Teplo

Teplo je energie předaná mezi termodynamickou soustavou a okolím. Není to stavová veličina. Teplo je ekvivalentní mechanické práci, a proto se pro ně jako základní jednotka používá joule [J].

Množství tepla, které musíme ohřívání (ochlazování) látce dodat (odebrat), závisí na její hmotnosti, jejím měrném teple, rozdílu teplot, o který ji chceme ohřát (ochladit) a způsobu přivádění (odvádění) tepla.

$$Q = m.c.\Delta T \quad [J]$$

## Výkon

Výkon je práce vykonaná za jednotku času.

$$P = \frac{W}{t} \quad [J.s^{-1} = watt = W]$$

## Přepočty jednotek

0K = -273,15° C (absolutní nula)

0° C = 273,15K (tzn. pokud přepočítáváme ze °C na K, přičítáme hodnotu 273,15 a naopak)

1J = 1W.s, 1kJ = 1kW.s, 1h = 3600s => 1kWh = 1.3600 = 3600kJ = 3,6MJ

1km = 1000m, 1h = 3600s => 1m/s = 1.3600/1000 = 3,6km/h

## Příklady

Řešený:

Jaký musí být příkon tepelného zařízení, chceme-li ohřát množství  $m = 2\text{kg}$  vody za čas  $t = 15$  minut na bod varu? Účinnost energetické přeměny je  $\eta = 50\%$  a počáteční teplota vody  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ .

Řešení:

$$W = Q = m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

$$P = \frac{m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{\eta \cdot t} = \frac{2 \cdot 4186 \cdot (100 - 20)}{0,5 \cdot 15 \cdot 60} = \underline{\underline{1488\text{W}}}$$

Pozn.: Vzhledem k faktu, že se počítá s rozdílem teplot, není nutné v tomto případě přepočítávat teploty na teploty termodynamické:  $[(100+273,15)-(20+273,15)] = (100-20) = 80$

K procvičení:

1)

Brzděním motoru o výkonu  $P = 25\text{kW}$  se veškerá energie motoru přeměnila v teplo. Vypočítejte potřebné množství chladicí vody za 1 minutu, je-li teplota přivedené vody  $t_1 = 15^\circ\text{C}$  a odvedené vody  $t_2 = 45^\circ\text{C}$ .

$$(m = 11,94 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1})$$

2)

Jaký výkon lze získat z vodopádu, který je 30m vysoký a protéká přes něj množství  $M_v = 500\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  vody.

Nápověda: Teoretický výkon vodního díla lze odvodit z potenciální energie =>

$$P = h \cdot \rho \cdot g \cdot Q \quad [m; \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}; 9,81\text{m} \cdot \text{s}^{-2}; \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$(P = 2,452 \text{ MW})$$

3)

Jaký je výkon motoru, jestliže je na hřídeli při  $n = 2000\text{ot./min}$  kroučící moment  $M = 200\text{N} \cdot \text{m}$ ?

$$P = M \cdot \omega, \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \quad f = n/60 \text{ (přepočet z ot./min na Hz, tj. ot./s)}$$

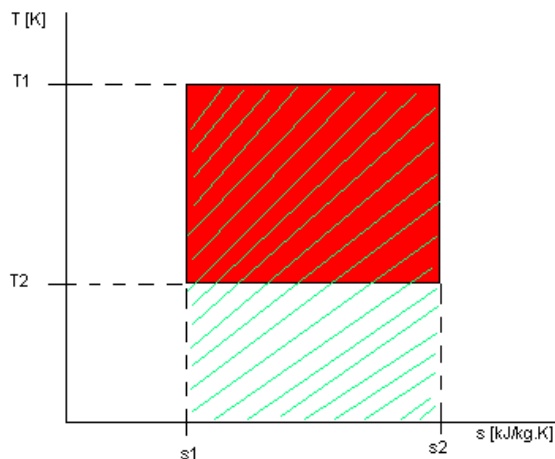
$$(P = 41,89\text{kW})$$

### Poznámka k příkladům:

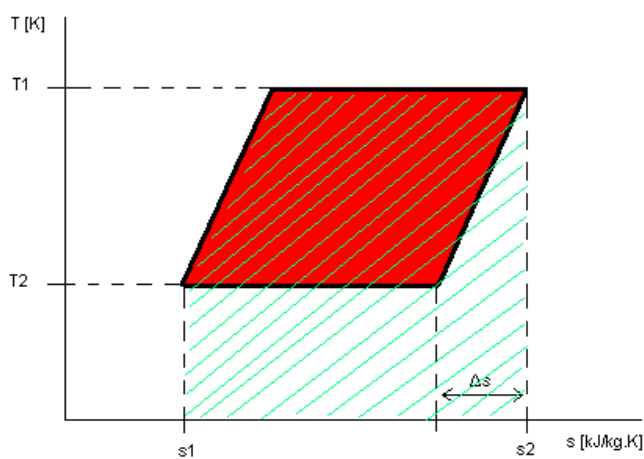
Nezapomínejte v příkladech převádět zadané jednotky, tj. *km/h* na *m/s*, *minuty* na *sekundy*, *litry* na *m<sup>3</sup>*, *ot./min* na *Hz* apod. !!!

## Úvod do tepelných cyklů

Maximální účinnost tepelného oběhu je dána Carnotovým vratným cyklem, který se skládá ze dvou izoterm a dvou adiabat (viz. Obr. 1).



Obr. 1 - Carnotův cyklus



Obr. 2 - Obecný cyklus

Zeleně šrafované plochy představují množství přivedených tepel do cyklů a červeně vyplněné plochy pak získané technické práce.

Tepelná účinnost Carnotova cyklu je pak:

$$\eta_t = \frac{w_{12}}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{T_1 \cdot (s_2 - s_1) - T_2 \cdot (s_2 - s_1)}{T_1 \cdot (s_2 - s_1)} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Z toho vyplývá, že zvýšení účinnosti dosáhneme pouze zvýšením rozdílu teplot  $T_1$  a  $T_2$ . Každý jiný cyklus má menší účinnost než cyklus Carnotův (viz. Obr. 2). Na obrázku je též vidět, že při předávání tepla s částečným sdílením s okolím vyjde poměr ploch nepříznivěji. U reálných cyklů se snažíme co nejvíce se přiblížit Carnotovu oběhu, abychom dosáhli co největší tepelné účinnosti. Prováděným úpravám v reálných elektrárenských zařízeních se často říká carnotizace cyklu.

### Příklad

Obecný tepelný cyklus (viz Obr. 2) pracuje mezi teplotami  $t_1 = 450^\circ \text{C}$  a  $t_2 = 100^\circ \text{C}$  a entropiemi  $s_1 = 1,56 \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $s_2 = 6,82 \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Jaká je účinnost cyklu, jestliže přírůstek entropie vlivem ztrát je  $\Delta s = 1,59 \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ?

Nápověda: Obsahy lichoběžníku a kosočtverce si rozdělte na obdélníky a trojúhelníky, nezapomeňte na přepočet  $^\circ\text{C}$  na  $\text{K}$ .

$$(\eta_t = 0,364)$$

## Vzorový 1. zápočtový test

Jméno, příjmení, číslo studenta:

Varianta: ukázka

Pozn.: Výsledky uvádějte s přesností na 2 desetinná místa

1. Přepočtete následující jednotky:

232	km/h		m/s
747	kPa		bar
26	MJ		kWh
78	°C		K
15	km/s		km/h
131	bar		Mpa
22	Wh		J
19	K		°C

8 bodů

2. Motor má při otáčkách  $n$  výkon  $P$ , jaký je kroutící moment  $M$ ?

$n=$	6500	ot/min		$M=$		N.m
$P=$	78	kW				

6 bodů

3. Jaký musí být příkon tep. zařízení  $P$ , chceme-li ohřát množství vody  $m$  za čas  $t$  na bod varu ( $t_2$ )? Účinnost tep. přeměny je  $\eta$  a počáteční teplota vody je  $t_1$ .

$m=$	2,1	kg		$P=$		W
$t=$	9	min				
$\eta=$	58	%				
$t_1=$	21	°C				
$t_2=$	100	°C				
$c=$	4186	J/kg.K				

8 bodů

4. Brzděním motoru o výkonu  $P$  se veškerá energie přeměnila na teplo. Vypočítejte potřebné množství chladicí vody  $m$  za čas  $t$ , je-li teplota přivedené vody  $t_1$  a odvedené  $t_2$ .

$P=$	23	kW		$m=$		kg
$t_1=$	24	°C				
$t_2=$	96	°C				
$t=$	2	min				

7 bodů

5. Kolik vody  $M_v$  musí protékat vodopádem o výšce  $h$ , abychom mohli získat výkon  $P$ ?

$h=$	52	m		$M_v=$		m <sup>3</sup> /min
$P=$	3,3	MW				

6 bodů

6. Obecný tepelný oběh pracuje mezi teplotami  $t_1$  a  $t_2$  a entropiemi  $s_1$  a  $s_2$ . Jaká je účinnost cyklu  $\eta$ , jestliže přírůstek entropie vlivem ztrát je  $\Delta s$ ?

$t_1=$	625	°C		$\eta=$		%
$t_2=$	112	°C				
$s_1=$	1,48	kJ/kg.K				
$s_2=$	6,67	kJ/kg.K				
$\Delta s=$	1,56	kJ/kg.K				

15 bodů

Celkem 50 bodů

Podpis: