

# **Seminář FC3802**

## **úvod**

# Obecný postup řešení fyzikálních úloh

**1. Porozumění obsahu úlohy:** je nutno porozumět tomu co je dáno (zadaným údajům) a tomu, co se po nás chce, zaměřte se na slova pro řešení úlohy podstatná.

Automobil jedoucí rychlostí  $54 \text{ km.h}^{-1}$ , zvětší za dobu  $10 \text{ s}$  svoji rychlost na  $90 \text{ km.h}^{-1}$ . Jakou dráhu ujede za předpokladu, že jeho pohyb je rovnoměrně zrychlený?

Důležité jsou údaje *rychlost*, *doba*, *dráha* a pojem *pohyb rovnoměrně zrychlený*, s nímž souvisí veličina *zrychlení*.

**2. Zápis úlohy:** příslušné veličiny označíme patřičnými symboly a zapíšeme hodnoty zadaných veličin. Pro daný příklad:

$$v_0 = 54 \text{ km.h}^{-1} = 15 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v = 90 \text{ km.h}^{-1} = 25 \text{ m.s}^{-1}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

$$s = ?$$

3. **Fyzikální rozbor situace:** zahrnuje několik dílčích kroků jako jsou vytvoření náčrtku nebo schématu a zjištění příslušných fyzikálních zákonitostí a vztahů. Následuje zápis vztahů, kterými jsou dané a hledané veličiny navzájem vázány. Pro daný příklad:

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \Rightarrow \quad a = (v - v_0) / t$$
$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

U složitějších úloh je třeba doplnit další veličiny či konstanty z tabulek.

Někdy je třeba vymezit zjednodušující podmínky, např. zanedbání tření, odporu prostředí, vnitřního odporu el. zdroje, ideální plyn, ...

4. **Obecné řešení úlohy:** pomocí vztahů z předchozího kroku vytvoříme rovnici (obecné řešení) na jejíž levé straně je symbol hledané veličiny a na pravé straně symboly označující dané veličiny. Pro daný příklad:

$$s = \frac{1}{2} \cdot (v_0 + v) \cdot t$$

V komplikovanějších případech lze používat i výsledky z dílčích výpočtů. Pro daný příklad např.

$$a = (v - v_0)/t \Rightarrow a = (25 - 15)/10 \text{ m.s}^{-2} = 1 \text{ m.s}^{-2}$$

5. **Kontrola jednotky výsledku:** do obecného řešení dosadíme za symboly veličin jejich jednotky. Pro daný příklad

$$s = \frac{1}{2} \cdot (v - v_0) \cdot t$$

$$\text{m} = \text{m.s}^{-1} \cdot \text{s} = \text{m}$$

6. **Řešení pro dané hodnoty:** dosazení číselných hodnot do obecného výsledku, následný výpočet hledané veličiny a doplnění jednotky za daný výraz. Pro daný příklad

$$s = \frac{1}{2} \cdot (15 + 25) \cdot 10 \text{ m} = 200 \text{ m}$$

6. **Diskuse řešení:** slouží k ověření hodnověrnosti výsledku, t.j. zda může vypočtená hodnota veličiny odpovídat skutečnosti. Lze tak učinit na základě zkušenosti, či údajů v tabulkách nebo literatuře.

Pokud by pro daný příklad vyšlo, že automobil urazil za 10 s dráhu 2000 m, znamenalo by to, že by musel jet průměrnou rychlostí  $200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 720 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , což není reálné. Hodnota 2000 m je tudíž chybná.

7. **Formulace odpovědi:** formulace odpovědi na otázku v zadání úlohy. U výpočtových úloh obsahuje odpověď vždy číselnou hodnotu hledané veličiny.

**Příklad:** Ledová kra o objemu  $2 \text{ m}^3$  má hmotnost  $1834 \text{ kg}$ . Určete hustotu ledu.

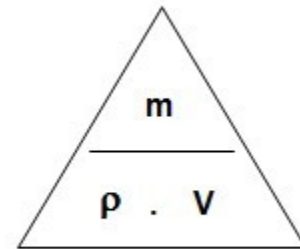
$$m = 1834 \text{ kg}$$

$$V = 2 \text{ m}^3$$

$$\rho = ? \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

$$\rho = m/V$$

$$\rho = 1834/2 \text{ kg.m}^{-3} = \underline{917 \text{ kg.m}^{-3}}$$



Kapalná voda má podle tabulek hustotu  $1000 \text{ kg.m}^{-3}$ , vzhledem k tomu, že led plave na hladině vody je jeho hustota menší než hustota vody. Vypočtená hodnota je realistická.

Led má hustotu  $917 \text{ kg.m}^{-3}$ .

## Rozměr (dimenze) fyzikální veličiny

Rozměr fyzikální veličiny je zápis její jednotky do součinu mocnin jednotek základních veličin, rozšířený o dvě doplňkové jednotky pro rovinný (grad) a prostorový úhel (rad).

*Postupujeme takto:*

Pokud je některou z veličin, figurujících ve vzorci, jiná než základní veličina, nahradíme ji její definiční rovnicí.

To opakujeme tak dlouho, dokud ve vzorci nevystupují jen základní veličiny, bezrozměrné veličiny a bezrozměrné koeficienty.

Pokud ve vzorci vystupuje veličina základní, nahradíme ji symbolem její jednotky.

Pokud ve vzorci figuruje číselný koeficient nebo bezrozměrná veličina, nahradíme je jedničkou. Tím získáme rozměr fyzikální veličiny.

## Příklad

Máme určit rozměr práce. Práce je určena mimo jiné vzorcem  $W = F \cdot s$ , kde  $F$  je síla,  $s$  je dráha. Síla je určena vzorcem  $F = m \cdot a$ , kde  $m$  je hmotnost a  $a$  je zrychlení, zrychlení je dáno rovnicí  $a = v/t$ , rychlost je určena rovnicí  $v = s/t$ .

Pokud známe více rovnic pro určení některé z veličin, vybereme tu nejjednodušší, stačí totiž sledovat její rozměr, ne velikost. Rozměr pak určíme takto:

$$W = F \cdot s = m \cdot a \cdot s = m \cdot (v/t) \cdot s = (m \cdot v \cdot s)/t = (m \cdot s \cdot s)/(t \cdot t) = m \cdot s^2/t^2$$

$$\Rightarrow [W] = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$



## Fyzikální rovnice

Vztahy mezi fyzikálními veličinami popisují **fyzikální rovnice**. Ve fyzikální rovnici tedy vystupují nejen číselné hodnoty a matematické funkce, ale vždy i příslušné jednotky fyzikálních veličin.

Každá fyzikální rovnice (dále pouze rovnice) splňuje pravidlo, že rozměr (jednotka) levé strany musí být roven rozměru (jednotce) pravé strany.

## Rozměrová zkouška fyzikální rovnice

Pokud chceme zkontrolovat správnost rovnice, porovnáme rozměr pravé a levé strany fyzikální rovnice. Pokud je rozměr shodný, je předpoklad (nikoliv jistota), že rovnice je správná. Pokud porovnání rozměru nevychází, hledáme chybu v rovnici, přičemž podle odchylek v rozměrech pravé a levé strany dokážeme většinou odhadnout, která veličina a na kterém místě v rovnici chybí, přebývá nebo je v jiné mocnině než má být.

## Příklad

Předpokládejme, že chceme pomocí rozměrové zkoušky ověřit správnost rovnice  $F.s = m.v$ , kde  $F$  je síla,  $s$  je délka dráhy,  $m$  je hmotnost a  $v$  je rychlost.

Za veličiny dosadíme jejich jednotky a upravíme na rozměry jednotek.

$$\text{N.m} = \text{kg.m.s}^{-1}$$

$$\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-2} \neq \text{kg.m.s}^{-1}$$

Je zřejmé, že kontrola nesouhlasí. Buď chybí na levé straně  $\text{m}^{-1}.\text{s}$  nebo chybí na pravé straně  $\text{m.s}^{-1}$ .

Správná rovnice je

$$F.s = \frac{1}{2}.m.v^2$$

(pro daný případ je práce rovna kinetické energii a nikoliv hybnosti).

# Mezinárodní soustava jednotek

Mezinárodní soustavu jednotek tvoří tyto skupiny jednotek:

## Základní jednotky (a veličiny)

Definují se přírodním dějem.  
Jde o 7 jednotek a veličin.

## Odvozené jednotky

Odvozují se ze základních jednotek pomocí definičních vztahů odpovídajících fyzikálních veličin:

$$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}, \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}, \dots$$

Některé z nich mají své názvy podle význačných fyziků:

$$\text{např. } \text{N} = \text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2} \text{ (newton), } \text{J} = \text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2} \text{ (joule), } \dots$$

Veličina		Jednotka SI	
Název	Symbol	Název	Značka
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

# Odvozené jednotky

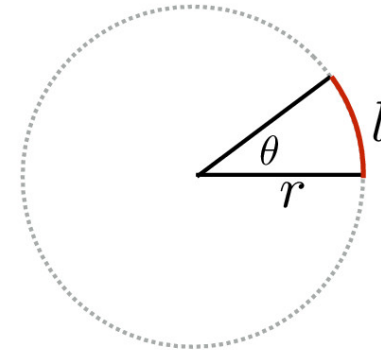
- Rovinný úhel                      radián                      rad                       $\text{m m}^{-1} = 1$
- Prostorový úhel                  steradián                  sr                       $\text{m}^2 \text{m}^{-2} = 1$
- Kmitočet                          hertz                      Hz                       $\text{s}^{-1}$
- Síla                                  newton                      A                       $\text{m kg s}^{-2}$
- Tlak, napětí                      pascal                      Pa                       $\text{N m}^{-2}$
- Energie, práce, ...              joule                      J                      N m
- Výkon                              watt                      W                       $\text{J s}^{-1}$
- Elektrický náboj                  coulomb                      C                      A s
- Elektrický potenciál              volt                      V                       $\text{W A}^{-1}$
- Elektrický odpor                  ohm                       $\Omega$                        $\text{V A}^{-1}$

Mezi jednotky odvozené patří též dvě **doplňkové jednotky**: *radián* (rad) jako jednotka rovinného úhlu a *steradián* (sr) jako jednotka prostorového úhlu. Tyto jednotky nelze vyjádřit pomocí jednotek základních - považujeme je za bezrozměrné. Je-li např.  $\alpha$  označení rovinného úhlu, lze psát  $\alpha = \pi \text{ rad}$ , ale při přepisu do soustavy SI se píše jen  $\alpha = \pi$ , tj.  $\alpha = 1$ .

## Angles and Solid Angles

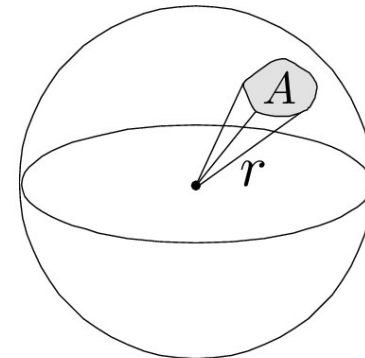
Angle: ratio of subtended arc length on circle to radius

- $\theta = \frac{l}{r}$
- Circle has  $2\pi$  **radians**



Solid angle: ratio of subtended area on sphere to radius squared

- $\Omega = \frac{A}{r^2}$
- Sphere has  $4\pi$  **steradians**



Násobné a dílčí jednotky tvoří se ze základních a odvozených jednotek pomocí mocnin o základu 10:

Jednotky násobné			základní veličina	Jednotky dílčí		
exa-	E	$10^{18}$		mili-	m	$10^{-3}$
peta-	P	$10^{15}$		mikro-	μ	$10^{-6}$
tera-	T	$10^{12}$		nano-	n	$10^{-9}$
giga-	G	$10^9$		piko-	p	$10^{-12}$
mega-	M	$10^6$		femto-	f	$10^{-15}$
kilo-	k	$10^3$		atto-	a	$10^{-18}$

V některých případech je možné též použít předpon *centi-* (se značkou c), *deci-* (d) a *hekto-* (h) - např. 1 cm = 0,01 m, 1 dm = 0,1 m, 1 hl = 100 l, ...

Pozor! Je zde jedna výjimka: kilogram je jednotka základní, nikoli násobná !!!

## Vedlejší jednotky

jejich používání je příslušnou normou dovoleno, i když do jednotek soustavy SI nepatří. Povolení bylo uděleno na základě praktických důvodů. Jedná se např. o tyto jednotky:

minuta (min), hodina (h), litr (l), tuna (t), ...

Při výpočtech je ale převádíme na jednotky soustavy SI.

**Table 6. Non-SI units accepted for use with the International System of Units**

Quantity	Name of unit	Symbol for unit	Value in SI units
time	minute	min	1 min = 60 s
	hour <sup>(a)</sup>	h	1 h = 60 min = 3600 s
	day	d	1 d = 24 h = 86 400 s
plane angle	degree <sup>(b, c)</sup>	°	1° = (π/180) rad
	minute	'	1' = (1/60)° = (π/10 800) rad
	second <sup>(d)</sup>	''	1'' = (1/60)' = (π/648 000) rad
area	hectare <sup>(e)</sup>	ha	1 ha = 1 hm <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
volume	litre <sup>(f)</sup>	L, l	1 L = 1 l = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
mass	tonne <sup>(g)</sup>	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg

# Násobky jednotek

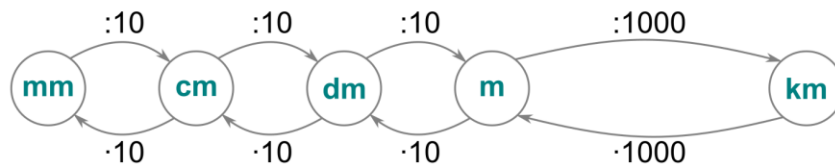
Prefix	Symbol for Prefix		Scientific Notation
exa	E	1 000 000 000 000 000 000	$10^{18}$
peta	P	1 000 000 000 000 000	$10^{15}$
tera	T	1 000 000 000 000	$10^{12}$
giga	G	1 000 000 000	$10^9$
mega	M	1 000 000	$10^6$
kilo	k	1 000	$10^3$
hecto	h	100	$10^2$
deka	da	10	$10^1$
----	--	1	$10^0$
deci	d	0.1	$10^{-1}$
centi	c	0.01	$10^{-2}$
milli	m	0.001	$10^{-3}$
micro	$\mu$	0.000 001	$10^{-6}$
nano	n	0.000 000 001	$10^{-9}$
pico	p	0.000 000 000 001	$10^{-12}$
femto	f	0.000 000 000 000 001	$10^{-15}$
atto	a	0.000 000 000 000 000 001	$10^{-18}$

<https://www.jednotky.cz/>

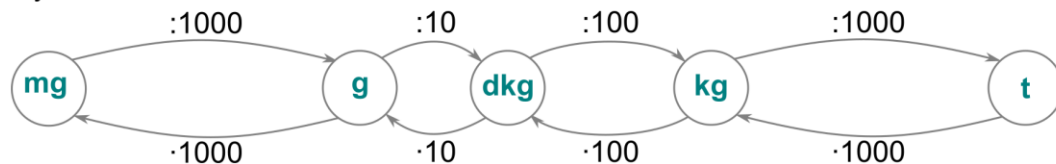


# Převod jednotek

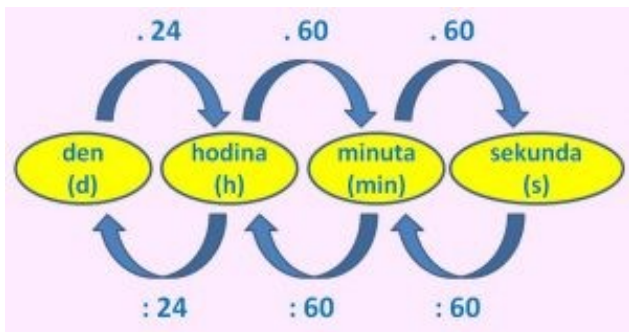
jednotky délky



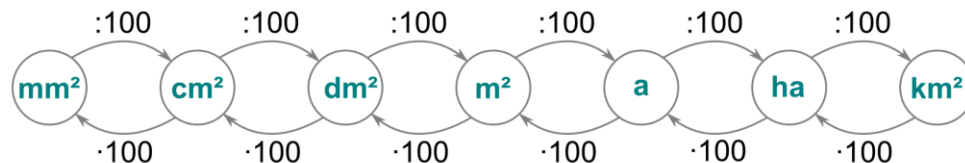
jednotky hmotnosti



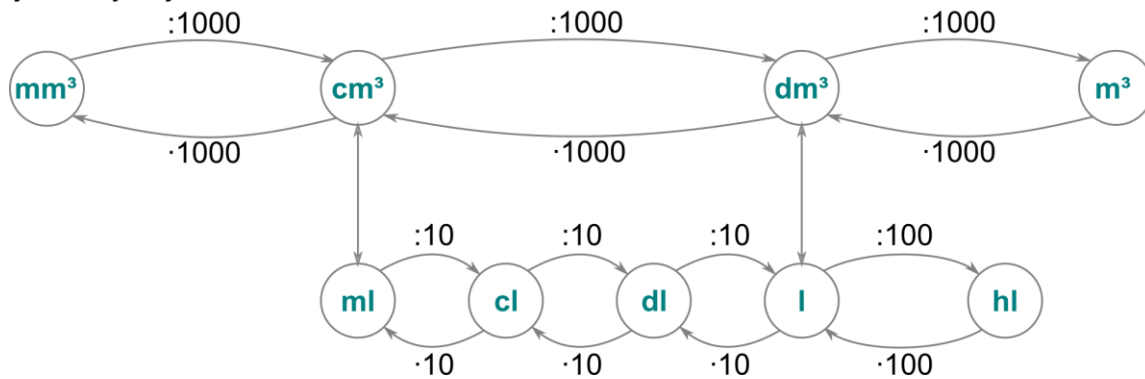
jednotky času



jednotky obsahu



jednotky objemu



Převeďte na jednotky SI

- a) 750 mm<sup>2</sup>
- b) 0,35 cm<sup>2</sup>
- c) 3.10<sup>2</sup> dm<sup>2</sup>
- d) 0,6 km<sup>2</sup>

Převeďte na gramy

- a) 100 kg
- b) 10<sup>9</sup> μg
- c) 10<sup>9</sup> ng
- d) 10<sup>12</sup> pg

Převeďte na jednotky SI

- a) 0,5 mm<sup>2</sup>
- b) 7 dm<sup>3</sup>
- c) 12 nm
- d) 0,5 g.cm<sup>-3</sup>

Převeďte na jednotky SI

- a) 370 mm<sup>3</sup>
- b) 0,95 cm<sup>3</sup>
- c) 6.10<sup>2</sup> dm<sup>3</sup>
- d) 0,8 km<sup>3</sup>

Která veličina má fyzikální rozměr m.s<sup>-2</sup>?

Která veličina má fyzikální rozměr s<sup>-1</sup>?

Jedna tuna je ekvivalentem

- a) 100 kg
- b) 10<sup>9</sup> μg
- c) 10<sup>9</sup> ng
- d) 10<sup>12</sup> pg
- e) 10<sup>12</sup> ng