

Fyzikální veličiny a jednotky

(test version, not revised)

Petr Pošta
pposta@karlin.mff.cuni.cz

12. září 2009

Obsah

Fyzikální veličina a její hodnota

Jednotky fyzikálních veličin

Převody jednotek

Rozměrové zkoušky

Skalární a vektorové veličiny

Vektory ve fyzice

Fyzikální veličina a její hodnota

Fyzikální veličina a její hodnota

Fyzikální veličina

Fyzikální veličina charakterizuje fyzikální vlastnosti, stavy fyzikálních objektů a jejich změny, které lze **změřit**.

Fyzikální veličina a její hodnota

Fyzikální veličina

Fyzikální veličina charakterizuje fyzikální vlastnosti, stavy fyzikálních objektů a jejich změny, které lze **změřit**.

Měřit znamená porovnávat se zvoleným standardem (se zvolenou jednotkou).

Fyzikální veličina a její hodnota

Fyzikální veličina

Fyzikální veličina charakterizuje fyzikální vlastnosti, stavy fyzikálních objektů a jejich změny, které lze **změřit**.

Měřit znamená porovnávat se zvoleným standardem (se zvolenou jednotkou).

- ▶ měřit lze přímo (stůl pravítkem)

Fyzikální veličina a její hodnota

Fyzikální veličina

Fyzikální veličina charakterizuje fyzikální vlastnosti, stavy fyzikálních objektů a jejich změny, které lze **změřit**.

Měřit znamená porovnávat se zvoleným standardem (se zvolenou jednotkou).

- ▶ měřit lze přímo (stůl pravítkem)
- ▶ měřit lze nepřímo – měříme jinou veličinu (jiné veličiny), z nichž vypočteme hledané

Fyzikální veličina a její hodnota

Měřit lze hodně věcí...

Fyzikální veličina a její hodnota

Měřit lze hodně věcí...

- ▶ délka, plocha, objem; hustota; čas; rychlost, ...

Fyzikální veličina a její hodnota

Měřit lze hodně věcí...

- ▶ délka, plocha, objem; hustota; čas; rychlost, ...
- ▶ *co všechno se měří při preventivní prohlídce?*

Fyzikální veličina a její hodnota

Měřit lze hodně věcí...

- ▶ délka, plocha, objem; hustota; čas; rychlost, ...
- ▶ *co všechno se měří při preventivní prohlídce?*

... ale ne vše; jak změřit, jak se člověk cítí?

Fyzikální veličina a její hodnota

Hodnota fyzikální veličiny

je určena *číselnou hodnotou* a *jednotkou*.

Fyzikální veličina a její hodnota

Hodnota fyzikální veličiny

je určena *číslnou hodnotou* a *jednotkou*.

Správně: $W = 10 \text{ J}$

Špatně: $W = 10$ (chybí jednotka)

Špatně: $W = \text{J}$ (chybí číselná hodnota)

Fyzikální veličina a její hodnota

Hodnota fyzikální veličiny

je určena *číslnou hodnotou* a *jednotkou*.

Správně: $W = 10 \text{ J}$

Špatně: $W = 10$ (chybí jednotka)

Špatně: $W = \text{J}$ (chybí číselná hodnota)

Značení

Je-li X fyzikální veličina, pak

- ▶ $\{X\}$ značíme její číselnou hodnotu
- ▶ $[X]$ značíme její rozměr (jednotku)

$$X = \{X\} [X]$$

Jednotky fyzikálních veličin

Jednotky fyzikálních veličin

- ▶ jsou to smluvené značky
- ▶ jejich (správné) používání je stanoveno zákonem (a příslušnými normami) (**zákonné jednotky**), který vychází z **mezinárodní soustavy jednotek SI**.

Jednotky fyzikálních veličin

- ▶ jsou to smluvené značky
- ▶ jejich (správné) používání je stanoveno zákonem (a příslušnými normami) (**zákonné jednotky**), který vychází z **mezinárodní soustavy jednotek SI**.

Dělení jednotek

Do soustavy SI patří jednotky:

- ▶ **základní**
- ▶ **odvozené + doplňkové**
- ▶ **násobné a dílčí**

Tzv. jednotky **vedlejší** do soustavy SI nepatří!

Jednotky základní

Jednotky základní

Základních jednotek v soustavě SI je **sedm**. Příslušným veličinám se někdy také říká základní veličiny.

veličina

jednotka [značka]

Všechny další jednotky jsou od nich odvozené.

Jednotky základní

Základních jednotek v soustavě SI je **sedm**. Příslušným veličinám se někdy také říká základní veličiny.

<i>veličina</i>	<i>jednotka [značka]</i>
délka	metr [m]

Všechny další jednotky jsou od nich odvozené.

Jednotky základní

Základních jednotek v soustavě SI je **sedm**. Příslušným veličinám se někdy také říká základní veličiny.

<i>veličina</i>	<i>jednotka [značka]</i>	
délka	metr [m]	
čas	sekunda [s]	ne vteřina!

Všechny další jednotky jsou od nich odvozené.

Jednotky základní

Základních jednotek v soustavě SI je **sedm**. Příslušným veličinám se někdy také říká základní veličiny.

<i>veličina</i>	<i>jednotka [značka]</i>	
délka	metr [m]	
čas	sekunda [s]	ne vteřina!
hmotnost	kilogram [kg]	ne gram!

Všechny další jednotky jsou od nich odvozené.

Jednotky základní

Základních jednotek v soustavě SI je **sedm**. Příslušným veličinám se někdy také říká základní veličiny.

<i>veličina</i>	<i>jednotka [značka]</i>	
délka	metr [m]	
čas	sekunda [s]	ne vteřina!
hmotnost	kilogram [kg]	ne gram!
elektrický proud	ampér [A]	

Všechny další jednotky jsou od nich odvozené.

Jednotky základní

Základních jednotek v soustavě SI je **sedm**. Příslušným veličinám se někdy také říká základní veličiny.

<i>veličina</i>	<i>jednotka [značka]</i>	
délka	metr [m]	
čas	sekunda [s]	ne vteřina!
hmotnost	kilogram [kg]	ne gram!
elektrický proud	ampér [A]	
teplota	kelvin [K]	ne °C!

Všechny další jednotky jsou od nich odvozené.

Jednotky základní

Základních jednotek v soustavě SI je **sedm**. Příslušným veličinám se někdy také říká základní veličiny.

<i>veličina</i>	<i>jednotka [značka]</i>	
délka	metr [m]	
čas	sekunda [s]	ne vteřina!
hmotnost	kilogram [kg]	ne gram!
elektrický proud	ampér [A]	
teplota	kelvin [K]	ne °C!
svítivost	kandela [cd]	

Všechny další jednotky jsou od nich odvozené.

Jednotky základní

Základních jednotek v soustavě SI je **sedm**. Příslušným veličinám se někdy také říká základní veličiny.

<i>veličina</i>	<i>jednotka [značka]</i>	
délka	metr [m]	
čas	sekunda [s]	ne vteřina!
hmotnost	kilogram [kg]	ne gram!
elektrický proud	ampér [A]	
teplota	kelvin [K]	ne °C!
svítivost	kandela [cd]	
látkové množství	mol [mol]	

Všechny další jednotky jsou od nich odvozené.

Jednotky základní: ukázky otázek

Jednotky základní: otázky

Z uvedených jednotek nepatří mezi základní jednotky:

- a) cd
- b) A
- c) mol
- d) V

Jednotky základní: otázky

Z uvedených jednotek nepatří mezi základní jednotky:

- a) m
- b) K
- c) W
- d) kg

Jednotky základní: otázky

Základními jednotkami v soustavě SI jsou:

- a) metr, gram, sekunda, volt, kelvin, kandela, mol
- b) metr, kilogram, sekunda, ampér, stupeň Celsiův, kandela, mol
- c) newton, pascal, kilogram, metr, kandela, mol, sekunda
- d) metr, kilogram, sekunda, ampér, kelvin, kandela, mol

Jednotky základní: otázky

Základními jednotkami jsou:

- a) kg, m, s, °C, A, mol, cd
- b) g, m, s, K, A, mol, cd
- c) kg, m, s, K, A, mol, cd
- d) kg, m, s, K, V, mol, cd

Jednotky základní: otázky

Mezi veličiny, jejichž jednotka je základní jednotkou soustavy SI, patří:

- a) látkové množství
- b) elektrické napětí
- c) látková koncentrace
- d) elektrický potenciál

Jednotky základní: otázky

Mezi základní veličiny soustavy SI patří:

- a) teplo
- b) elektrický náboj
- c) zářivý tok
- d) svítivost

Jednotky základní: otázky

Mezi základní veličiny soustavy SI nepatří:

- a) hustota
- b) látkové množství
- c) délka
- d) elektrický proud

Jednotky odvozené

Jednotky odvozené

Jednotky odvozené

Každá jednotka, která není základní, je určena matematickým vztahem pomocí základních jednotek.

Jednotky odvozené

Jednotky odvozené

Každá jednotka, která není základní, je určena matematickým vztahem pomocí základních jednotek.

Příklady

1. (Průměrná) rychlost je podílem (celkové) dráhy dělené (celkovou) dobou pohybu. Její jednotkou je tedy metr za sekundu.

$$v = \frac{s}{t}, \quad [v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Jednotky odvozené

Další příklady

2. Hybnost tělesa je součinem jeho hmotnosti a rychlosti:
jednotkou je tedy

$$p = mv, \quad [p] = [m][v] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Jednotky odvozené

Další příklady

2. Hybnost tělesa je součinem jeho hmotnosti a rychlosti:
jednotkou je tedy

$$p = mv, \quad [p] = [m][v] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3. Konstantní sílu F , která působila na těleso, můžeme určit
podílem získané hybnosti p a času t , po který síla působila:

$$F = \frac{p}{t}, \quad [F] = \frac{[p]}{[t]} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{s}} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Jednotky odvozené

Některé odvozené jednotky mají svůj vlastní název a značku, obvykle podle jména význačného fyzika. (Celkem je takových jednotek cca 20.)

jednotka	značka	v soustavě SI
newton	N	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
pascal	Pa	
joule	J	
watt	W	
	⋮	

Seznam budeme postupně plnit.

Jednotky odvozené: ukázky otázek

Jednotky odvozené: otázky

Pro veličinu moment síly platí:

- (a) její jednotkou může být $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- (b) její jednotkou může být $\text{kg} \cdot \text{m}$
- (c) její jednotkou může být $\text{J} \cdot \text{m}$
- (d) její jednotkou může být $\text{N} \cdot \text{m}$

Jednotky odvozené: otázky

Jednotka joule je vyjádřena v základních jednotkách takto:

(a) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$

(b) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^2$

(c) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

(d) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^2$

Jednotky odvozené: otázky

Jednotka pascal je vyjádřena v základních jednotkách takto:

- (a) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- (b) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- (c) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
- (d) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^2$

Jednotky odvozené: otázky

Jednotka watt je vyjádřena v základních jednotkách takto:

- (a) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- (b) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- (c) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
- (d) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$

Jednotky odvozené: otázky

Vyberte správné kombinace: veličina – její jednotka v soustavě SI:

- (a) síla – $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- (b) hybnost – $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- (c) výkon – $\text{kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-3}$
- (d) práce – $\text{kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$

Jednotky odvozené: otázky

Jednotkou povrchového napětí je:

- (a) $\text{J} \cdot \text{m}^{-1}$
- (b) $\text{N} \cdot \text{m}$
- (c) $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$
- (d) $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$

Jednotky odvozené: otázky

Jednotkou povrchového napětí v základních jednotkách SI je:

- (a) $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- (b) $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- (c) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- (d) $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$

Jednotky odvozené: otázky

Převeďte jednotku měrné tepelné kapacity do základních jednotek soustavy SI:

(a) $\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$

(b) $\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

(c) $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

(d) $\text{m} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Jednotky odvozené: otázky

Převeďte jednotku tepelné kapacity do základních jednotek soustavy SI:

(a) $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

(b) $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}^{-2}$

(c) $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-2}$

(d) $\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Jednotky odvozené: otázky

Převeďte jednotku měrného skupenského tepla tání do základních jednotek soustavy SI:

(a) $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$

(b) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

(c) $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

(d) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

Jednotky odvozené: otázky

Převeďte jednotku modulu pružnosti v tahu do základních jednotek soustavy SI:

- (a) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
- (b) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- (c) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-2}$
- (d) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Jednotky odvozené: otázky

Určete, jaký rozměr přísluší veličině X ve vztahu $X = (\Delta p / \Delta t) \cdot s$: (Δp je změna hybnosti tělesa za dobu Δt , s je dráha uražená tělesem)

(a) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

(b) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^2$

(c) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

(d) $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Jednotky odvozené: otázky

Jednotkou účinnosti v soustavě SI je

- (a) 1 (bezrozměrná veličina)
- (b) newton
- (c) joule
- (d) watt

Jednotky doplňkové

Jednotky doplňkové

Jednotky doplňkové

- ▶ Jednotky doplňkové jsou dvě: **radián** a **steradián**. Slouží k měření rovinných a prostorových úhlů.

Jednotky doplňkové

Jednotky doplňkové

- ▶ Jednotky doplňkové jsou dvě: **radián** a **steradián**. Slouží k měření rovinných a prostorových úhlů.
- ▶ Řadíme je mezi odvozené jednotky

Jednotky doplňkové

Jednotky doplňkové

- ▶ Jednotky doplňkové jsou dvě: **radián** a **steradián**. Slouží k měření rovinných a prostorových úhlů.
- ▶ Řadíme je mezi odvozené jednotky
- ▶ Formálně jsou **bezrozměrné** (tj. mají rozměr 1), jak vyplývá z jejich definičních vztahů

Jednotky doplňkové

Radián

1 rad je úhel, který na jednotkové kružnici vytváří jednotkový oblouk.

Jednotky doplňkové

Radián

1 rad je úhel, který na jednotkové kružnici vytkne jednotkový oblouk.

Mezi velikostí úhlu φ **v radiánech**, délkou oblouku s a poloměrem kružnice r (viz obrázek) tedy platí jednoduchý vztah

$$\varphi = \frac{s}{r}.$$

Jednotky doplňkové

Radián

1 rad je úhel, který na jednotkové kružnici vytkne jednotkový oblouk.

Mezi velikostí úhlu φ **v radiánech**, délkou oblouku s a poloměrem kružnice r (viz obrázek) tedy platí jednoduchý vztah

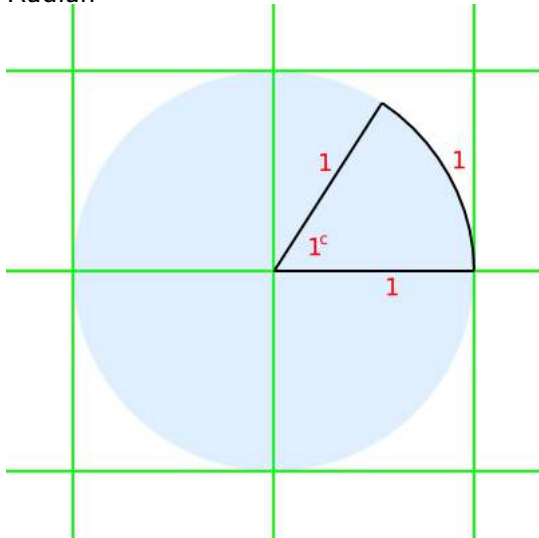
$$\varphi = \frac{s}{r}.$$

Odtud plyne, že radián je formálně bezrozměrný, neboť

$$[\varphi] = \frac{[s]}{[r]} = \frac{\text{m}}{\text{m}} = 1.$$

Jednotky doplňkové

Radián



Jednotky doplňkové

Steradián

1 sr je prostorový úhel (kužel), který na jednotkové kouli vytkne jednotkovou plochu.

Jednotky doplňkové

Steradián

1 sr je prostorový úhel (kužel), který na jednotkové kouli vytkne jednotkovou plochu.

Mezi velikostí prostorového úhlu Ω **ve steradiánech**, vyřatou plochou S a poloměrem koule R (viz obrázek) tedy platí vztah

$$\Omega = \frac{S}{R^2}.$$

Jednotky doplňkové

Steradián

1 sr je prostorový úhel (kužel), který na jednotkové kouli vytkne jednotkovou plochu.

Mezi velikostí prostorového úhlu Ω **ve steradiánech**, vyřatou plochou S a poloměrem koule R (viz obrázek) tedy platí vztah

$$\Omega = \frac{S}{R^2}.$$

Steradián je tedy také bezrozměrný, neboť

$$[\Omega] = \frac{[S]}{[R^2]} = \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2} = 1.$$

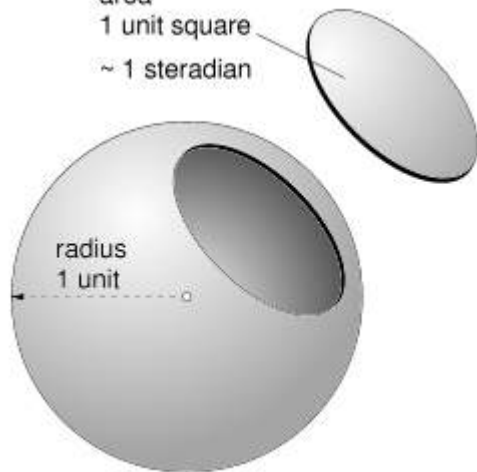
Jednotky doplňkové

Steradián

area

1 unit square

~ 1 steradian



Jednotky doplňkové

Plný rovinný a prostorový úhel

Protože plný rovinný úhel odpovídá celému obvodu kružnice, je jeho velikost

$$\varphi = \frac{s}{r} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad.}$$

Protože plný prostorový úhel odpovídá celému povrchu koule, je jeho velikost

$$\Omega = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ sr.}$$

Jednotky doplňkové

Přepočet radiánů na stupně

Používáme trojčlenku.

$$2\pi \text{ rad} \quad \dots \quad 360^\circ$$

$$\alpha \text{ rad} \quad \dots \quad \alpha^\circ$$

Odtud vyplývají vztahy

$$\alpha = \frac{2\pi}{360} \cdot \alpha^\circ, \quad \alpha^\circ = \frac{360}{2\pi} \cdot \alpha.$$

Jednotky násobné a dílčí

Jednotky násobné a dílčí

Jednotky násobné a dílčí

- ▶ vznikají přidáním předpony před základní nebo odvozenou jednotku
- ▶ předpony určují nějaký násobek deseti

Příklady

$$1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$3 \text{ km}^3 = 3\,000\,000\,000 \text{ m}^3$$

$$3 \text{ km}^3 = 3 \cdot (10^3 \text{ m})^3 = 3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Jednotky násobné a dílčí

deka	10^1
hekto	10^2
kilo	10^3
mega	10^6
giga	10^9
tera	10^{12}
peta	10^{15}
exa	10^{18}
zetta	10^{21}
yotta	10^{24}

deci	10^{-1}
centi	10^{-2}
mili	10^{-3}
mikro	10^{-6}
nano	10^{-9}
piko	10^{-12}
femto	10^{-15}
atto	10^{-18}
zepto	10^{-21}
yokto	10^{-24}

Jednotky násobné a dílčí ukázky otázek

Jednotky násobné a dílčí: otázky

Předpona mega (M) před značkou jednotky značí

(a) 10^{12}

(b) 10^8

(c) 10^6

(d) 10^{-9}

Jednotky násobné a dílčí: otázky

Předpona giga (G) před značkou jednotky značí

- (a) 10^5
- (b) 10^9
- (c) 10^{-6}
- (d) 10^{12}

Jednotky násobné a dílčí: otázky

Vyberte správná přiřazení předpon

- (a) deci — 10^{-1} , deka — 10^1 , centi — 10^{+2} , hekto — 10^{-2}
- (b) mili — 10^{-3} , mikro — 10^{-6} , kilo — 10^{+3} , mega — 10^{+6}
- (c) deci — 10^{+1} , deka — 10^{-1} , centi — 10^{-2} , hekto — 10^{-2}
- (d) deci — 10^{-1} , centi — 10^{-2} , mili — 10^{-3} , mikro — 10^{-4}

Jednotky násobné a dílčí: otázky

Vyberte správná přiřazení předpon

- (a) deka — 10^{+1} , kilo — 10^{+2} , mega — 10^{+3} , giga — 10^{+6}
- (b) deka — 10^{+1} , kilo — 10^{+3} , mega — 10^{+6} , giga — 10^{+9}
- (c) deci — 10^{+1} , deka — 10^{-1} , centi — 10^{-2} , hekto — 10^{+2}
- (d) deci — 10^{-1} , centi — 10^{-2} , mili — 10^{-3} , mikro — 10^{-4}

Jednotky násobné a dílčí: otázky

Vyberte správná přiřazení předpon

- (a) centi — 10^{-2} , mili — 10^{-3} , nano — 10^{-6} , piko — 10^{-9}
- (b) deci — 10^{-1} , mikro — 10^{-6} , nano — 10^{-9} , piko — 10^{-12}
- (c) deci — 10^{+1} , centi — 10^{-2} , mili — 10^{-3} , mikro — 10^{-6}
- (d) nano — 10^{-9} , piko — 10^{-12} , mega — 10^{+9} , giga — 10^{+12}

Jednotky vedlejší

Jednotky vedlejší

- ▶ nepatří do soustavy SI
- ▶ používají se z tradičních nebo praktických důvodů

Příklady

Jednotky vedlejší

- ▶ nepatří do soustavy SI
- ▶ používají se z tradičních nebo praktických důvodů

Příklady

- ▶ čas: minuta, hodina, den, rok ...

Jednotky vedlejší

- ▶ nepatří do soustavy SI
- ▶ používají se z tradičních nebo praktických důvodů

Příklady

- ▶ *čas*: minuta, hodina, den, rok ...
- ▶ *úhly*: úhlová minuta, (úhlový) stupeň, (úhlová) vteřina, ...

Jednotky vedlejší

- ▶ nepatří do soustavy SI
- ▶ používají se z tradičních nebo praktických důvodů

Příklady

- ▶ *čas*: minuta, hodina, den, rok ...
- ▶ *úhly*: úhlová minuta, (úhlový) stupeň, (úhlová) vteřina, ...
- ▶ *míry*: yard, stopa, palec, libra, unce, ...

Jednotky vedlejší

- ▶ nepatří do soustavy SI
- ▶ používají se z tradičních nebo praktických důvodů

Příklady

- ▶ *čas*: minuta, hodina, den, rok ...
- ▶ *úhly*: úhlová minuta, (úhlový) stupeň, (úhlová) vteřina, ...
- ▶ *míry*: yard, stopa, palec, libra, unce, ...
- ▶ *vesmírné vzdálenosti*: AU, parsek, světelný rok, světelná vteřina ...

Jednotky vedlejší

- ▶ nepatří do soustavy SI
- ▶ používají se z tradičních nebo praktických důvodů

Příklady

- ▶ *čas*: minuta, hodina, den, rok ...
- ▶ *úhly*: úhlová minuta, (úhlový) stupeň, (úhlová) vteřina, ...
- ▶ *míry*: yard, stopa, palec, libra, unce, ...
- ▶ *vesmírné vzdálenosti*: AU, parsek, světelný rok, světelná vteřina ...
- ▶ *teplota*: °C, °F, °R, ...

Jednotky vedlejší

- ▶ nepatří do soustavy SI
- ▶ používají se z tradičních nebo praktických důvodů

Příklady

- ▶ *čas*: minuta, hodina, den, rok ...
- ▶ *úhly*: úhlová minuta, (úhlový) stupeň, (úhlová) vteřina, ...
- ▶ *míry*: yard, stopa, palec, libra, unce, ...
- ▶ *vesmírné vzdálenosti*: AU, parsek, světelný rok, světelná vteřina ...
- ▶ *teplota*: °C, °F, °R, ...
- ▶ *elektřina*: voltampér (sporné!), wattsekunda (sporné!), kilowatthodina, ...

Jednotky vedlejší

- ▶ nepatří do soustavy SI
- ▶ používají se z tradičních nebo praktických důvodů

Příklady

- ▶ *čas*: minuta, hodina, den, rok ...
- ▶ *úhly*: úhlová minuta, (úhlový) stupeň, (úhlová) vteřina, ...
- ▶ *míry*: yard, stopa, palec, libra, unce, ...
- ▶ *vesmírné vzdálenosti*: AU, parsek, světelný rok, světelná vteřina ...
- ▶ *teplota*: °C, °F, °R, ...
- ▶ *elektřina*: voltampér (sporné!), wattsekunda (sporné!), kilowatthodina, ...
- ▶ *jaderná fyzika*: elektronvolt, ...

Jednotky vedlejší ukázky otázek

Jednotky vedlejší: otázky

Z uvedených jednotek je v soustavě SI jednotkou vedlejší:

- (a) minuta
- (b) newton
- (c) radián
- (d) mol

Jednotky vedlejší: otázky

Z uvedených jednotek jsou v soustavě SI jednotkami vedlejšími:

- (a) elektronvolt
- (b) volt
- (c) mol
- (d) rok

Jednotky vedlejší: otázky

Vteřina je:

- (a) šedesátinou hodiny
- (b) jednotkou rovinného úhlu
- (c) základní jednotkou času
- (d) dříve používanou jednotkou času, odpovídající sekundě

Jednotky vedlejší: otázky

Světelný rok je jednotkou jedné z následujících fyzikálních veličin:

- (a) času
- (b) délky
- (c) osvětlení
- (d) světelného toku

Jednotky vedlejší: otázky

Označte správná tvrzení:

- (a) 1 foot (ft) neboli stopa je angloamerická jednotka délky
- (b) 1 foot (ft) neboli stopa je rovna přibližně 30,5 cm
- (c) 1 inch (in) neboli palec je roven $1/12$ ft (stopy)
- (d) 1 inch (in) neboli palec je roven 25,4 mm

Jednotky vedlejší: otázky

1 pound (lb) neboli libra je:

- (a) angloamerická základní jednotka hmotnosti
- (b) rovna 16 oz
- (c) rovna přibližně 0,45 kg
- (d) ve světě dosud běžně používaná, mezinárodně uzákoněná (ISO) jednotka

Jednotky vedlejší: otázky

1 ounce (oz) je:

- (a) angloamerická odvozená jednotka hmotnosti
- (b) rovna $1/16$ lb
- (c) rovna přibližně 28 g
- (d) ve světě dosud běžně používaná, mezinárodně uzákoněná (ISO) jednotka angloamerických zemí

Jednotky vedlejší: otázky

Označte správná tvrzení:

- (a) pound force per square inch (lb./sq.in.) neboli libra na čtverečný palec je angloamerická odvozená jednotka tlaku
- (b) libra na čtverečný palec se rovná tlaku, který vyvolá tíha závaží 1 lb. působící na ploše 1 in².
- (c) libra na čtverečný palec je zkráceně označována jako 1 psi.
- (d) stupeň Fahrenheita (1°F) je angloamerická jednotka teploty

Převody jednotek: základní převody

Převody jednotek

Míry

Převody jednotek

Míry

- ▶ délka: $1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}, \dots$

Převody jednotek

Míry

- ▶ délka: $1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}, \dots$
- ▶ váha: $1 \text{ kg} = \underline{100 \text{ dkg}} = 1000 \text{ g}, \dots$

Převody jednotek

Míry

- ▶ délka: $1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}, \dots$
- ▶ váha: $1 \text{ kg} = \underline{100 \text{ dkg}} = 1000 \text{ g}, \dots$
- ▶ plocha:
 $1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha}, 1 \text{ ha} = 100 \text{ ar}, 1 \text{ ar} = 100 \text{ m}^2, \dots$
 $1 \text{ km}^2 = 1\,000\,000 \text{ m}^2, 1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2$
 $= 1\,000\,000 \text{ mm}^2$

Převody jednotek

Míry

- ▶ délka: $1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}, \dots$
- ▶ váha: $1 \text{ kg} = \underline{100 \text{ dkg}} = 1000 \text{ g}, \dots$
- ▶ plocha:
 $1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha}, 1 \text{ ha} = 100 \text{ ar}, 1 \text{ ar} = 100 \text{ m}^2, \dots$
 $1 \text{ km}^2 = 1\,000\,000 \text{ m}^2, 1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2$
 $= 1\,000\,000 \text{ mm}^2$
- ▶ objem
 $1 \text{ km}^3 = 1\,000\,000\,000 \text{ m}^3, 1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ dm}^3, 1 \text{ dm}^3 =$
 $1\,000 \text{ cm}^3, 1 \text{ cm}^3 = 1\,000 \text{ mm}^3.$
 $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3, 1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3, 1 \text{ hl} = 100 \text{ l}$
(pro litr lze od 1979 používat i značku L)

Převody jednotek

Rychlost

Převody jednotek

Rychlost

► $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Převody jednotek

Rychlost

► $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Odvození

Převody jednotek

Rychlost

► $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Odvození

► $1 \text{ m} = \frac{1}{1000} \text{ km}, 1 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ min} = \frac{1}{3600} \text{ s}$

Převody jednotek

Rychlost

► $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Odvození

► $1 \text{ m} = \frac{1}{1000} \text{ km}, 1 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ min} = \frac{1}{3600} \text{ h}$

► $1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{\frac{1}{1000} \text{ km}}{\frac{1}{3600} \text{ h}} = \frac{3600}{1000} \frac{\text{km}}{\text{h}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Převody jednotek

Hustota

► $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Převody jednotek

Hustota

► $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Odvození

Převody jednotek

Hustota

► $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Odvození

► $1 \text{ g} = \frac{1}{1000} \text{ kg}, 1 \text{ cm}^3 = \frac{1}{1000} \text{ dm}^3 = \frac{1}{1000000} \text{ m}^3$

Převody jednotek

Hustota

► $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Odvození

► $1 \text{ g} = \frac{1}{1000} \text{ kg}, 1 \text{ cm}^3 = \frac{1}{1000} \text{ dm}^3 = \frac{1}{1000000} \text{ m}^3$

► $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = \frac{\frac{1}{1000} \text{ g}}{\frac{1}{1000000} \text{ m}^3} = \frac{1000000}{1000} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Převody jednotek: základní převody

ukázky otázek

Základní převody: otázky

Vyberte správný převod: 200 ml =

(a) 2000 mm³

(b) 2 l

(c) 200 cm³

(d) 0,02 l

Základní převody: otázky

Vyberte správný převod: 50 ml =

(a) 500 mm^3

(b) $0,2 \text{ dm}^3$

(c) 200 cm^3

(d) $5 \cdot 10^{-2} \text{ l}$

Základní převody: otázky

Vyberte správný převod: $20 \text{ m}^3 =$

- (a) 2000 dm^3
- (b) 20 l
- (c) 200 hl
- (d) 2000 hl

Základní převody: otázky

Vyberte správný převod: 0,2 l =

- (a) 2000 mm³
- (b) 0,02 hl
- (c) 200 cm³
- (d) 0,02 dm³

Základní převody: otázky

Vyberte platnou rovnost:

- (a) $1 \text{ km}^2 = 10^{10} \text{ cm}^2$
- (b) $1 \text{ km}^2 = 1\,000 \text{ m}^2$
- (c) $1 \text{ km}^2 = 100\,000 \text{ m}^2$
- (d) $1 \text{ km}^2 = 10^5 \text{ cm}^2$

Základní převody: otázky

Vyberte platnou rovnost:

(a) $1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ mm}^3$

(b) $1 \text{ dm}^3 = 0,01 \text{ m}^3$

(c) $1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$

(d) $1 \text{ dm}^3 = 0,0001 \text{ m}^3$

Základní převody: otázky

Vyberte platnou rovnost:

(a) $1 \text{ cm}^3 = 10^6 \text{ m}^3$

(b) $1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$

(c) $1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ dm}^2$

(d) $1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ cm}^2$

Základní převody: otázky

Vyberte správný převod: $10 \text{ m/s} =$

- (a) 36 km/h
- (b) 3,6 km/h
- (c) 2,78 km/h
- (d) 27,8 km/h

Základní převody: otázky

Vyberte správný převod: $1,8 \text{ km/h} =$

- (a) 65 m/s
- (b) $6,5 \text{ m/s}$
- (c) 5 m/s
- (d) $0,5 \text{ m/s}$

Základní převody: otázky

Vyberte správný převod: $600 \text{ km/min} =$

- (a) 1000 m/s
- (b) 3600 km/s
- (c) 3600 m/s
- (d) 10 km/s

Základní převody: otázky

Vyberte správný převod: $600 \text{ km/min} =$

- (a) 6 km/h
- (b) $36\,000 \text{ km/h}$
- (c) 1000 km/h
- (d) 167 km/h

Základní převody: otázky

*Rychlost ultrazvuku v kostech je přibližně 3360 m/s.
Označte postup, který vede k vyjádření téže
rychlosti v km/h:*

(a) $3360 \cdot 3,6 \text{ (km/h)} = 12\,096 \text{ km/h}$

(b) $3360 / 3,6 \text{ (km/h)} = 933 \text{ km/h}$

(c) $3360 \cdot 60 \text{ (km/h)} = 201\,600 \text{ km/h}$

(d) $3360 / 60 \text{ (km/h)} = 56 \text{ km/h}$

Základní převody: otázky

Hustota zlata $19,32 \text{ g/cm}^3$ je po převedení do základních jednotek rovna

- (a) $19,32 \text{ kg/m}^3$
- (b) $1\,932 \text{ kg/m}^3$
- (c) $193,2 \text{ kg/m}^3$
- (d) $19\,320 \text{ kg/m}^3$

Převody jednotek: obecné postupy

(rozšiřující učivo)

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $2 \text{ MN} = ? \text{ N}$; $38,6 \text{ N} = ? \text{ TN}$

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $2 \text{ MN} = ? \text{ N}$; $38,6 \text{ N} = ? \text{ TN}$
- ▶ 1. případ: nahradíme předponu mocninou

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $2 \text{ MN} = ? \text{ N}$; $38,6 \text{ N} = ? \text{ TN}$
- ▶ 1. případ: nahradíme předponu mocninou
 $2 \text{ MN} = 2 \cdot 10^6 \text{ N}$

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $2 \text{ MN} = ? \text{ N}$; $38,6 \text{ N} = ? \text{ TN}$
- ▶ 1. případ: nahradíme předponu mocninou
 $2 \text{ MN} = 2 \cdot 10^6 \text{ N}$
- ▶ 2. případ: převádíme-li ze základní jednotky na jednotku s předponou, přidáme mocninu odpovídající předponě s opačným znaménkem.

Je zvyk ještě převést číslo na takový tvar, aby desetinná čárka následovala ihned za první nenulovou číslicí.

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $2 \text{ MN} = ? \text{ N}$; $38,6 \text{ N} = ? \text{ TN}$
- ▶ 1. případ: nahradíme předponu mocninou
$$2 \text{ MN} = 2 \cdot 10^6 \text{ N}$$
- ▶ 2. případ: převádíme-li ze základní jednotky na jednotku s předponou, přidáme mocninu odpovídající předponě s opačným znaménkem.
$$38,6 \text{ N} = 38,6 \cdot 10^{-12} \text{ TN}$$

Je zvyk ještě převést číslo na takový tvar, aby desetinná čárka následovala ihned za první nenulovou číslicí.

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $2 \text{ MN} = ? \text{ N}$; $38,6 \text{ N} = ? \text{ TN}$
- ▶ 1. případ: nahradíme předponu mocninou
$$2 \text{ MN} = 2 \cdot 10^6 \text{ N}$$
- ▶ 2. případ: převádíme-li ze základní jednotky na jednotku s předponou, přidáme mocninu odpovídající předponě s opačným znaménkem.

$$38,6 \text{ N} = 38,6 \cdot 10^{-12} \text{ TN}$$

Je zvyk ještě převést číslo na takový tvar, aby desetinná čárka následovala ihned za první nenulovou číslicí.

$$38,6 \cdot 10^{-12} \text{ TN} = 3,86 \cdot 10^1 \cdot 10^{-12} \text{ TN} = 3,86 \cdot 10^{-11} \text{ TN}$$

Obecné převody: ukázka otázky

Jeden TPa je:

(a) 10^9 Pa

(b) 10^{-15} Pa

(c) 10^{12} Pa

(d) 10^{15} Pa

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$, $5 \text{ MN} = ? \text{ PN}$

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$, $5 \text{ MN} = ? \text{ PN}$
- ▶ 1. možnost: přidávat mocniny, resp. nuly

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$, $5 \text{ MN} = ? \text{ PN}$
- ▶ 1. možnost: přidávat mocniny, resp. nuly
- ▶ 2. možnost: nahrazení předpon mocninou v řádku

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$, $5 \text{ MN} = ? \text{ PN}$
- ▶ 1. možnost: přidávat mocniny, resp. nuly
- ▶ 2. možnost: nahrazení předpon mocninou v řádku
$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{12} \text{ pN} = 5 \cdot 10^{18} \text{ pN}$$

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

▶ Příklad: máme převést $5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$, $5 \text{ MN} = ? \text{ PN}$

▶ 1. možnost: přidávat mocniny, resp. nuly

▶ 2. možnost: nahrazení předpon mocninou v řádku

$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{12} \text{ pN} = 5 \cdot 10^{18} \text{ pN}$$

$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-15} \text{ PN} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ PN}$$

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$, $5 \text{ MN} = ? \text{ PN}$
- ▶ 1. možnost: přidávat mocniny, resp. nuly
- ▶ 2. možnost: nahrazení předpon mocninou v řádku
$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{12} \text{ pN} = 5 \cdot 10^{18} \text{ pN}$$
$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-15} \text{ PN} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ PN}$$
- ▶ 3. možnost: nahrazení předpon mocninou v rovnici
$$5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$$

Na levé i pravé straně je stejná jednotka.
Otazník je tedy $5 \cdot 10^{18}$.

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$, $5 \text{ MN} = ? \text{ PN}$
- ▶ 1. možnost: přidávat mocniny, resp. nuly
- ▶ 2. možnost: nahrazení předpon mocninou v řádku
$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{12} \text{ pN} = 5 \cdot 10^{18} \text{ pN}$$
$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-15} \text{ PN} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ PN}$$
- ▶ 3. možnost: nahrazení předpon mocninou v rovnici
$$5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$$
$$5 \cdot 10^6 \text{ N} = ? \cdot 10^{-12} \text{ N} \quad (\text{změna strany} -$$

Na levé i pravé straně je stejná jednotka.
Otazník je tedy $5 \cdot 10^{18}$.

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

▶ Příklad: máme převést $5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$, $5 \text{ MN} = ? \text{ PN}$

▶ 1. možnost: přidávat mocniny, resp. nuly

▶ 2. možnost: nahrazení předpon mocninou v řádku

$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{12} \text{ pN} = 5 \cdot 10^{18} \text{ pN}$$

$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-15} \text{ PN} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ PN}$$

▶ 3. možnost: nahrazení předpon mocninou v rovnici

$$5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$$

$$5 \cdot 10^6 \text{ N} = ? \cdot 10^{-12} \text{ N} \quad (\text{změna strany} -$$

$$5 \cdot 10^6 \cdot 10^{+12} \text{ N} = ? \text{ N} \quad - \text{změna znaménka})$$

Na levé i pravé straně je stejná jednotka.

Otazník je tedy $5 \cdot 10^{18}$.

Převody jednotek

Převod jedné neumocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést 5 MN = ? pN, 5 MN = ? PN

- ▶ 1. možnost: přidávat mocniny, resp. nuly

- ▶ 2. možnost: nahrazení předpon mocninou v řádku

$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{12} \text{ pN} = 5 \cdot 10^{18} \text{ pN}$$

$$5 \text{ MN} = 5 \cdot 10^6 \text{ N} = 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-15} \text{ PN} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ PN}$$

- ▶ 3. možnost: nahrazení předpon mocninou v rovnici

$$5 \text{ MN} = ? \text{ pN}$$

$$5 \cdot 10^6 \text{ N} = ? \cdot 10^{-12} \text{ N} \quad (\text{změna strany} -$$

$$5 \cdot 10^6 \cdot 10^{+12} \text{ N} = ? \text{ N} \quad - \text{změna znaménka})$$

$$5 \cdot 10^{18} \text{ N} = ? \cdot \text{N}$$

Na levé i pravé straně je stejná jednotka.

Otazník je tedy $5 \cdot 10^{18}$.

Převody jednotek

Převod umocněné jednotky

Převody jednotek

Převod umocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $7 \text{ mm}^2 = ? \text{ m}^2$, $6 \text{ km}^5 = ? \text{ TM}^5$

Převody jednotek

Převod umocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $7 \text{ mm}^2 = ? \text{ m}^2$, $6 \text{ km}^5 = ? \text{ TM}^5$
- ▶ Nejprve nahradíme (resp. přidáme předpony) a poté umocníme. Sledujte výpočty:

První příklad:

Druhý příklad:

Převody jednotek

Převod umocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $7 \text{ mm}^2 = ? \text{ m}^2$, $6 \text{ km}^5 = ? \text{ TM}^5$
- ▶ Nejprve nahradíme (resp. přidáme předpony) a poté umocníme. Sledujte výpočty:

První příklad:

$$7 \text{ mm}^2 = 7 \cdot (10^{-3} \text{ m})^2 = 7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Druhý příklad:

Převody jednotek

Převod umocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $7 \text{ mm}^2 = ? \text{ m}^2$, $6 \text{ km}^5 = ? \text{ TM}^5$
- ▶ Nejprve nahradíme (resp. přidáme předpony) a poté umocníme. Sledujte výpočty:

První příklad:

$$7 \text{ mm}^2 = 7 \cdot (10^{-3} \text{ m})^2 = 7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Druhý příklad:

$$6 \text{ km}^5 = 6 \cdot (10^3 \text{ m})^5 = 6 \cdot 10^{15} \text{ m}^5 =$$

Převody jednotek

Převod umocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $7 \text{ mm}^2 = ? \text{ m}^2$, $6 \text{ km}^5 = ? \text{ TM}^5$
- ▶ Nejprve nahradíme (resp. přidáme předpony) a poté umocníme. Sledujte výpočty:

První příklad:

$$7 \text{ mm}^2 = 7 \cdot (10^{-3} \text{ m})^2 = 7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Druhý příklad:

$$6 \text{ km}^5 = 6 \cdot (10^3 \text{ m})^5 = 6 \cdot 10^{15} \text{ m}^5 =$$

a pokračujeme přidáním předpony společně s mocninou

Převody jednotek

Převod umocněné jednotky

- ▶ Příklad: máme převést $7 \text{ mm}^2 = ? \text{ m}^2$, $6 \text{ km}^5 = ? \text{ Tm}^5$
- ▶ Nejprve nahradíme (resp. přidáme předpony) a poté umocníme. Sledujte výpočty:

První příklad:

$$7 \text{ mm}^2 = 7 \cdot (10^{-3} \text{ m})^2 = 7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Druhý příklad:

$$6 \text{ km}^5 = 6 \cdot (10^3 \text{ m})^5 = 6 \cdot 10^{15} \text{ m}^5 =$$

a pokračujeme přidáním předpony společně s mocninou

$$6 \cdot 10^{15} (10^{-12} \text{ Tm})^5 = 6 \cdot 10^{15} \cdot 10^{-60} \text{ Tm}^5 = 6 \cdot 10^{-45} \text{ Tm}^5.$$

Převody jednotek

Jak zacházet se složitějšími jednotkami? Například, jak převést

$$3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = ? \text{ mN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Každou jednotku převádíme zvlášť.

Postup s využitím mocnin

Převody jednotek

Jak zacházet se složitějšími jednotkami? Například, jak převést

$$3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = ? \text{ mN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Každou jednotku převádíme zvlášť.

Postup s využitím mocnin

► $1 \text{ N} = 1000 \text{ mN} = 10^3 \text{ mN}$

Převody jednotek

Jak zacházet se složitějšími jednotkami? Například, jak převést

$$3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = ? \text{ mN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Každou jednotku převádíme zvlášť.

Postup s využitím mocnin

▶ $1 \text{ N} = 1000 \text{ mN} = 10^3 \text{ mN}$

▶ $1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm} \implies$

$$1 \text{ m}^{-2} = (1 \text{ m})^{-2} = (10^2 \text{ cm})^{-2} = 10^{-4} \text{ cm}^{-2}$$

Převody jednotek

Jak zacházet se složitějšími jednotkami? Například, jak převést

$$3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = ? \text{ mN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Každou jednotku převádíme zvlášť.

Postup s využitím mocnin

- ▶ $1 \text{ N} = 1000 \text{ mN} = 10^3 \text{ mN}$
- ▶ $1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm} \implies$
 $1 \text{ m}^{-2} = (1 \text{ m})^{-2} = (10^2 \text{ cm})^{-2} = 10^{-4} \text{ cm}^{-2}$
- ▶ $3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 3 \cdot 10^3 \text{ mN} \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-2} =$
 $= 3 \cdot 10^{-1} \text{ mN} \cdot \text{cm}^{-2} = 0,3 \text{ mN} \cdot \text{cm}^{-2}$

Obecné převody: ukázka otázky

Tlak 10 N/cm^2 lze pomocí jednotky pascal vyjádřit jako:

- (a) 100 000 Pa
- (b) 10 000 Pa
- (c) 10^7 Pa
- (d) 10^{-3} Pa

Rozměrové zkoušky

Rozměrová zkouška

- ▶ Při řešení úloh hledáme matematický vztah, kterým neznámou veličinu vyjadřujeme pomocí zadaných veličin.

Rozměrová zkouška

- ▶ Při řešení úloh hledáme matematický vztah, kterým neznámou veličinu vyjadřujeme pomocí zadaných veličin.
- ▶ Výsledný vztah nemůže být libovolný: při dosazení za jednotky musíme dostat tu správnou.

Rozměrová zkouška

- ▶ Při řešení úloh hledáme matematický vztah, kterým neznámou veličinu vyjadřujeme pomocí zadaných veličin.
- ▶ Výsledný vztah nemůže být libovolný: při dosazení za jednotky musíme dostat tu správnou.

Význam rozměrové zkoušky

Rozměrová zkouška

- ▶ Při řešení úloh hledáme matematický vztah, kterým neznámou veličinu vyjadřujeme pomocí zadaných veličin.
- ▶ Výsledný vztah nemůže být libovolný: při dosazení za jednotky musíme dostat tu správnou.

Význam rozměrové zkoušky

- ▶ Kontrola výsledku složitějších úloh

Rozměrová zkouška

- ▶ Při řešení úloh hledáme matematický vztah, kterým neznámou veličinu vyjadřujeme pomocí zadaných veličin.
- ▶ Výsledný vztah nemůže být libovolný: při dosazení za jednotky musíme dostat tu správnou.

Význam rozměrové zkoušky

- ▶ Kontrola výsledku složitějších úloh
- ▶ Dají se tak řešit otázky na správné jednotky fyzikálních veličin
(u některých veličin totiž existuje více možností, např. povrchové napětí se udává v jednotkách:
 $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{Pa} \cdot \text{m}$, $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ a dalších...)

Rozměrová zkouška

- ▶ Při řešení úloh hledáme matematický vztah, kterým neznámou veličinu vyjadřujeme pomocí zadaných veličin.
- ▶ Výsledný vztah nemůže být libovolný: při dosazení za jednotky musíme dostat tu správnou.

Význam rozměrové zkoušky

- ▶ Kontrola výsledku složitějších úloh
- ▶ Dají se tak řešit otázky na správné jednotky fyzikálních veličin
(u některých veličin totiž existuje více možností, např. povrchové napětí se udává v jednotkách:
 $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{Pa} \cdot \text{m}$, $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ a dalších...)
- ▶ Používá se na vyjádření jednotky v jednotkách SI

Rozměrová zkouška

- ▶ Při řešení úloh hledáme matematický vztah, kterým neznámou veličinu vyjadřujeme pomocí zadaných veličin.
- ▶ Výsledný vztah nemůže být libovolný: při dosazení za jednotky musíme dostat tu správnou.

Význam rozměrové zkoušky

- ▶ Kontrola výsledku složitějších úloh
- ▶ Dají se tak řešit otázky na správné jednotky fyzikálních veličin
(u některých veličin totiž existuje více možností, např. povrchové napětí se udává v jednotkách:
 $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{Pa} \cdot \text{m}$, $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ a dalších...)
- ▶ Používá se na vyjádření jednotky v jednotkách SI
- ▶ Můžete si pamatovat podstatně méně jednotek

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotky $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{Pa} \cdot \text{m}$, $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ pomocí základních jednotek soustavy SI.

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotky $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{Pa} \cdot \text{m}$, $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ pomocí základních jednotek soustavy SI.

Řešení

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotky $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{Pa} \cdot \text{m}$, $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ pomocí základních jednotek soustavy SI.

Řešení

1. Jednotka $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ už je správně vyjádřena.

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotky $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{Pa} \cdot \text{m}$, $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ pomocí základních jednotek soustavy SI.

Řešení

1. Jednotka $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ už je správně vyjádřena.
2. Platí, že $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, a tudíž

$$\text{N} \cdot \text{m}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotky $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{Pa} \cdot \text{m}$, $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ pomocí základních jednotek soustavy SI.

Řešení

1. Jednotka $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ už je správně vyjádřena.
2. Platí, že $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, a tudíž

$$\text{N} \cdot \text{m}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}.$$

3. Platí, že $\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$, a tudíž

$$\text{Pa} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m}^{-1} \text{ a dále viz řádek výše...}$$

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotky $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{Pa} \cdot \text{m}$, $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ pomocí základních jednotek soustavy SI.

Řešení

1. Jednotka $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ už je správně vyjádřena.
2. Platí, že $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, a tudíž

$$\text{N} \cdot \text{m}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}.$$

3. Platí, že $\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$, a tudíž

$$\text{Pa} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m}^{-1} \text{ a dále viz řádek výše...}$$

4. Platí, že $\text{J} = \text{N} \cdot \text{m}$, a tudíž

$$\text{J} \cdot \text{m}^{-2} = \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^{-2} = \text{N} \cdot \text{m}^{-1} = \dots$$

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotku veličiny

$$X = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot d$$

kde $[\Delta p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $[\Delta t] = \text{s}$, $[d] = \text{m}$.

Řešení

$$[X] = \frac{[\Delta p]}{[\Delta t]} \cdot [d] =$$

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotku veličiny

$$X = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot d$$

kde $[\Delta p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $[\Delta t] = \text{s}$, $[d] = \text{m}$.

Řešení

$$[X] = \frac{[\Delta p]}{[\Delta t]} \cdot [d] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{s}} \cdot \text{m} =$$

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotku veličiny

$$X = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot d$$

kde $[\Delta p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $[\Delta t] = \text{s}$, $[d] = \text{m}$.

Řešení

$$\begin{aligned} [X] &= \frac{[\Delta p]}{[\Delta t]} \cdot [d] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{s}} \cdot \text{m} = \\ &= \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m} = \end{aligned}$$

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotku veličiny

$$X = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot d$$

kde $[\Delta p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $[\Delta t] = \text{s}$, $[d] = \text{m}$.

Řešení

$$\begin{aligned} [X] &= \frac{[\Delta p]}{[\Delta t]} \cdot [d] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{s}} \cdot \text{m} = \\ &= \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m} = \end{aligned}$$

Rozměrová zkouška

Příklad

Vyjádřete jednotku veličiny

$$X = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot d$$

kde $[\Delta p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $[\Delta t] = \text{s}$, $[d] = \text{m}$.

Řešení

$$\begin{aligned} [X] &= \frac{[\Delta p]}{[\Delta t]} \cdot [d] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{s}} \cdot \text{m} = \\ &= \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J} \end{aligned}$$

Rozměrová zkouška

Příklad

Ledová krychle o straně a je ponořena do vody. Jaká je výška h části krychle neponořené do vody?

Řešení

$$mg = F_{vz}$$

$$a^3 \rho_l g = (a - h) a^2 \rho_v g$$

$$h = \frac{a(\rho_v - \rho_l)}{\rho_v} = a \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_v} \right)$$

Rozměrová zkouška:

$$[h] = \text{m} \cdot \left(1 - \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) = \text{m}$$

Rozměrová zkouška

Příklad

Betonová krychle o straně a je ponořena zčásti do vody. Jaká je výška h části krychle je ve vodě, pokud lano držící krychli je napínáno silou F ?

Řešení

$$mg = F + F_{vz}$$

$$a^3 \rho_b g = F + h a^2 \rho_v g$$

$$h = \frac{a^3 \rho_b g - F}{a^2 \rho_v g}$$

(Pokračování na další stánce.)

Rozměrová zkouška

(pokračování úlohy)

$$h = \frac{a^3 \rho_b g - F}{a^2 \rho_v g}$$

Rozměrová zkouška

$$\begin{aligned} [h] &= \frac{\text{m}^3 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} - \text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}} = \\ &= \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} - \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}} = \\ &= \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}} = \text{m} \end{aligned}$$

Rozměrové zkoušky

ukázky otázek

Rozměry: otázky

Vyznačte, které převodní vztahy platí: $9,81 \text{ Pa} =$:

- (a) 1 N
- (b) $9,81 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- (c) $9,81 \text{ N} \cdot \text{m}^2$
- (d) $9,81 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$

Rozměry: otázky

Rozhodněte, který převodní vztah platí: $1 \text{ J} =$

(a) $1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

(b) $1 \text{ W} \cdot \text{s}^{-1}$

(c) $1 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$

(d) $1 \text{ N} \cdot \text{m}^2$

Rozměry: otázky

Rozhodněte, které převodní vztahy platí: $1 \text{ W} =$

(a) $1 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

(b) $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

(c) $1 \text{ J} \cdot \text{s}$

(d) $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$

Rozměry: otázky

Jednotka $J \cdot kg^{-1}$ je rovna:

- (a) $m^2 \cdot s^{-2}$
- (b) $N \cdot m \cdot kg^{-1}$
- (c) $N \cdot m^{-1} \cdot kg^{-1}$
- (d) $m \cdot s^{-2}$

Rozměry: otázky

Označte správné převody mezi jednotkami:

(a) $1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

(b) $1 \text{ W} = 1 \text{ Pa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

(c) $1 \text{ Pa} = 1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$

(d) $1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3}$

Rozměry: otázky

Určete správný převodní vztah: $(5 \text{ m}^{-1})^{-1} =$

- (a) 0,2 m
- (b) 0,2 m²
- (c) -5 m^{-2}
- (d) 5 m^{-2}

Skalární a vektorové veličiny

Skalární a vektorové veličiny

Fyzikální veličiny dělíme na

- ▶ **skalární**
- ▶ **vektorové**

Skalární veličiny = skaláry (čísla)

Skalární a vektorové veličiny

Fyzikální veličiny dělíme na

- ▶ **skalární**
- ▶ **vektorové**

Skalární veličiny = skaláry (čísla)

- ▶ např. hmotnost, délka, objem, ...

Skalární a vektorové veličiny

Fyzikální veličiny dělíme na

- ▶ **skalární**
- ▶ **vektorové**

Skalární veličiny = skaláry (čísla)

- ▶ např. hmotnost, délka, objem, ...
- ▶ jsou plně určeny svou číselnou hodnotou a jednotkou

Skalární a vektorové veličiny

Fyzikální veličiny dělíme na

- ▶ **skalární**
- ▶ **vektorové**

Skalární veličiny = skaláry (čísla)

- ▶ např. hmotnost, délka, objem, ...
- ▶ jsou plně určeny svou číselnou hodnotou a jednotkou

Vektorové veličiny = vektory (šipky)

Skalární a vektorové veličiny

Fyzikální veličiny dělíme na

- ▶ **skalární**
- ▶ **vektorové**

Skalární veličiny = skaláry (čísla)

- ▶ např. hmotnost, délka, objem, ...
- ▶ jsou plně určeny svou číselnou hodnotou a jednotkou

Vektorové veličiny = vektory (šipky)

- ▶ např. síla, posunutí, rychlost, zrychlení, ...

Skalární a vektorové veličiny

Fyzikální veličiny dělíme na

- ▶ **skalární**
- ▶ **vektorové**

Skalární veličiny = skaláry (čísla)

- ▶ např. hmotnost, délka, objem, ...
- ▶ jsou plně určeny svou číselnou hodnotou a jednotkou

Vektorové veličiny = vektory (šipky)

- ▶ např. síla, posunutí, rychlost, zrychlení, ...
- ▶ kromě velikosti a jednotky je k jejich určení potřeba ještě znát jejich **umístění, směr a orientaci**.

Skalární a vektorové veličiny

1. Dejte pozor!

- ▶ **skalár** může znamenat i obyčejné číslo, ne veličinu

Skalární a vektorové veličiny

1. Dejte pozor!

- ▶ **skalár** může znamenat i obyčejné číslo, ne veličinu
- ▶ **vektorová veličina = vektor** ve fyzice znamená něco trochu jiného, než vektor v matematice

Skalární a vektorové veličiny

1. Dejte pozor!

- ▶ **skalár** může znamenat i obyčejné číslo, ne veličinu
- ▶ **vektorová veličina = vektor** ve fyzice znamená něco trochu jiného, než vektor v matematice

2. Pamatujte si!

Skalární a vektorové veličiny

1. Dejte pozor!

- ▶ **skalár** může znamenat i obyčejné číslo, ne veličinu
- ▶ **vektorová veličina = vektor** ve fyzice znamená něco trochu jiného, než vektor v matematice

2. Pamatujte si!

- ▶ sčítat a odčítat lze pouze dvě skalární veličiny stejného druhu

Skalární a vektorové veličiny

1. Dejte pozor!

- ▶ **skalár** může znamenat i obyčejné číslo, ne veličinu
- ▶ **vektorová veličina = vektor** ve fyzice znamená něco trochu jiného, než vektor v matematice

2. Pamatujte si!

- ▶ sčítat a odčítat lze pouze dvě skalární veličiny stejného druhu
- ▶ sčítat a odčítat lze pouze dvě vektorové veličiny stejného druhu a se stejným umístěním.

Skalární a vektorové veličiny

1. Dejte pozor!

- ▶ **skalár** může znamenat i obyčejné číslo, ne veličinu
- ▶ **vektorová veličina = vektor** ve fyzice znamená něco trochu jiného, než vektor v matematice

2. Pamatujte si!

- ▶ sčítat a odčítat lze pouze dvě skalární veličiny stejného druhu
- ▶ sčítat a odčítat lze pouze dvě vektorové veličiny stejného druhu a se stejným umístěním.
 - ▶ pravidlo "o stejném umístění" má své "výjimky", pokud je možné vektor přenášet (např. v tuhém tělese)

Vektor

Vektor (vektorová veličina) ve fyzice je určen

- ▶ velikostí a jednotkou

Vektor

Vektor (vektorová veličina) ve fyzice je určen

- ▶ velikostí a jednotkou
- ▶ umístěním, směrem a orientací

Vektor

Vektor (vektorová veličina) ve fyzice je určen

- ▶ velikostí a jednotkou
- ▶ umístěním, směrem a orientací

Značíme je písmeny se šipkou $\vec{v}$ nebo polotučnou kurzívou ***v***.

Vektor

Vektor (vektorová veličina) ve fyzice je určen

- ▶ velikostí a jednotkou
- ▶ umístěním, směrem a orientací

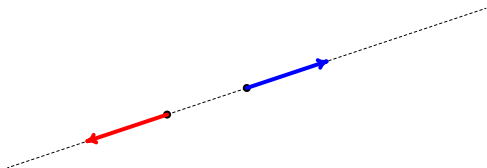
Značíme je písmeny se šipkou $\vec{v}$ nebo polotučnou kurzívou $\mathbf{v}$.
Velikost vektoru je skalár a značíme ji kurzívou v nebo svislými závorkami $|\vec{v}|$ či $|\mathbf{v}|$.

Vektor

Vektor (vektorová veličina) ve fyzice je určen

- ▶ velikostí a jednotkou
- ▶ umístěním, směrem a orientací

Značíme je písmeny se šipkou $\vec{v}$ nebo polotučnou kurzívou $\mathbf{v}$.
Velikost vektoru je skalár a značíme ji kurzívou v nebo svislými závorkami $|\vec{v}|$ či $|\mathbf{v}|$.



Jako směr označujeme celou přímkou, v níž vektor leží. Modrý a červený vektor mají stejný směr, ale opačnou orientaci.

Operace s vektory

- ▶ sčítání (= skládání) a odčítání (nulový a opačný vektor)

Operace s vektory

- ▶ sčítání (= skládání) a odčítání (nulový a opačný vektor)
- ▶ rozklad vektoru do více směrů

Operace s vektory

- ▶ sčítání (= skládání) a odčítání (nulový a opačný vektor)
- ▶ rozklad vektoru do více směrů
- ▶ násobení skalárem (číslem)

Operace s vektory

- ▶ sčítání (= skládání) a odčítání (nulový a opačný vektor)
- ▶ rozklad vektoru do více směrů
- ▶ násobení skalárem (číslem)
- ▶ skalární součin

Operace s vektory

- ▶ sčítání (= skládání) a odčítání (nulový a opačný vektor)
- ▶ rozklad vektoru do více směrů
- ▶ násobení skalárem (číslem)
- ▶ skalární součin
- ▶ vektorový součin

Sčítání vektorů

Ve fyzice lze sčítat pouze vektory se stejným umístěním!

- *Proč je nutné stejné umístění? Dobrý příklad je dvojice sil.*

1. metoda

- ▶ vektory doplníme na rovnoběžník

Sčítání vektorů

Ve fyzice lze sčítat pouze vektory se stejným umístěním!

- *Proč je nutné stejné umístění? Dobrý příklad je dvojice sil.*

1. metoda

- ▶ vektory doplníme na rovnoběžník
- ▶ součet vektorů je **vektor** určený úhlopříčkou rovnoběžníku

Sčítání vektorů

Ve fyzice lze sčítat pouze vektory se stejným umístěním!

- *Proč je nutné stejné umístění? Dobrý příklad je dvojice sil.*

1. metoda

- ▶ vektory doplníme na rovnoběžník
- ▶ součet vektorů je **vektor** určený úhlopříčkou rovnoběžníku mající počátek v bodě, kde jsou vektory umístěny.

Sčítání vektorů

Ve fyzice lze sčítat pouze vektory se stejným umístěním!

- *Proč je nutné stejné umístění? Dobrý příklad je dvojice sil.*

1. metoda

- ▶ vektory doplníme na rovnoběžník
- ▶ součet vektorů je **vektor** určený úhlopříčkou rovnoběžníku mající počátek v bodě, kde jsou vektory umístěny.



Máme sečíst modrý a červený vektor.

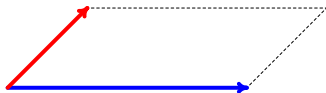
Sčítání vektorů

Ve fyzice lze sčítat pouze vektory se stejným umístěním!

- *Proč je nutné stejné umístění? Dobrý příklad je dvojice sil.*

1. metoda

- ▶ vektory doplníme na rovnoběžník
- ▶ součet vektorů je **vektor** určený úhlopříčkou rovnoběžníku mající počátek v bodě, kde jsou vektory umístěny.



Doplníme na rovnoběžník.

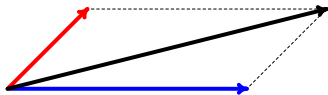
Sčítání vektorů

Ve fyzice lze sčítat pouze vektory se stejným umístěním!

- *Proč je nutné stejné umístění? Dobrý příklad je dvojice sil.*

1. metoda

- ▶ vektory doplníme na rovnoběžník
- ▶ součet vektorů je **vektor** určený úhlopříčkou rovnoběžníku mající počátek v bodě, kde jsou vektory umístěny.



Černý vektor je součtem modrého a červeného.

Sčítání vektorů

Sčítat jde pouze vektory se stejným umístěním.

2. metoda

- ▶ druhý z vektorů rovnoběžně přesuneme na konec prvního

Sčítání vektorů

Sčítat jde pouze vektory se stejným umístěním.

2. metoda

- ▶ druhý z vektorů rovnoběžně přesuneme na konec prvního
- ▶ součet vektorů je **vektor**

Sčítání vektorů

Sčítat jde pouze vektory se stejným umístěním.

2. metoda

- ▶ druhý z vektorů rovnoběžně přesuneme na konec prvního
- ▶ součet vektorů je **vektor** mající počátek v počátku prvního vektoru a koncový bod v koncovém bodě druhého přesunutého vektoru.

Sčítání vektorů

Sčítat jde pouze vektory se stejným umístěním.

2. metoda

- ▶ druhý z vektorů rovnoběžně přesuneme na konec prvního
- ▶ součet vektorů je **vektor** mající počátek v počátku prvního vektoru a koncový bod v koncovém bodě druhého přesunutého vektoru.



Máme sečíst modrý a červený vektor.

Sčítání vektorů

Sčítat jde pouze vektory se stejným umístěním.

2. metoda

- ▶ druhý z vektorů rovnoběžně přesuneme na konec prvního
- ▶ součet vektorů je **vektor** mající počátek v počátku prvního vektoru a koncový bod v koncovém bodě druhého přesunutého vektoru.



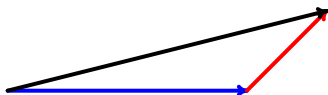
Červený vektor rovnoběžně přesuneme na konec modrého.

Sčítání vektorů

Sčítat jde pouze vektory se stejným umístěním.

2. metoda

- ▶ druhý z vektorů rovnoběžně přesuneme na konec prvního
- ▶ součet vektorů je **vektor** mající počátek v počátku prvního vektoru a koncový bod v koncovém bodě druhého přesunutého vektoru.



Černý vektor je součtem modrého a červeného.

Nulový a opačný vektor

Nulový vektor je vektor s nulovou velikostí (je to vlastně bod).

Opačný vektor k jinému vektoru je vektor se

- ▶ stejnou velikostí

Nulový a opačný vektor

Nulový vektor je vektor s nulovou velikostí (je to vlastně bod).

Opačný vektor k jinému vektoru je vektor se

- ▶ stejnou velikostí
- ▶ stejným umístěním

Nulový a opačný vektor

Nulový vektor je vektor s nulovou velikostí (je to vlastně bod).

Opačný vektor k jinému vektoru je vektor se

- ▶ stejnou velikostí
- ▶ stejným umístěním
- ▶ stejným (!) směrem a opačnou (!) orientací

Nulový a opačný vektor

Nulový vektor je vektor s nulovou velikostí (je to vlastně bod).

Opačný vektor k jinému vektoru je vektor se

- ▶ stejnou velikostí
- ▶ stejným umístěním
- ▶ stejným (!) směrem a opačnou (!) orientací



Máme najít opačný vektor k červenému vektoru.

Nulový a opačný vektor

Nulový vektor je vektor s nulovou velikostí (je to vlastně bod).

Opačný vektor k jinému vektoru je vektor se

- ▶ stejnou velikostí
- ▶ stejným umístěním
- ▶ stejným (!) směrem a opačnou (!) orientací



Najdeme jej tak, že původní vektor "otočíme o 180° ".
Černý vektor je opačným vektorem k červenému.

Odčítání vektorů

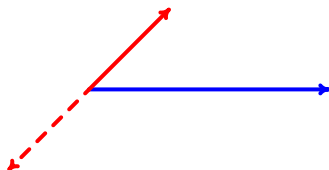
Odečíst vektor znamená **přičíst vektor opačný**.



Máme od modrého odečíst červený vektor.

Odčítání vektorů

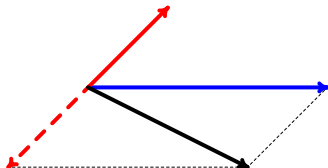
Odečíst vektor znamená **přičíst vektor opačný**.



K červenému vektoru najdeme vektor opačný (na obrázku je čárkovaný).

Odčítání vektorů

Odečíst vektor znamená **přičíst vektor opačný**.



Černý vektor je rozdílem modrého a červeného (tj. součtem modrého a opačného červeného).

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **kladným číslem** k je

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **kladným číslem** k je

- ▶ vektor

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **kladným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, stejný směr a stejnou orientaci

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **kladným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, stejný směr a stejnou orientaci
- ▶ jehož velikost je k -násobkem velikosti původní

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **kladným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, stejný směr a stejnou orientaci
- ▶ jehož velikost je k -násobkem velikosti původní
 - ▶ pro $k = 1$ je stejný, pro $0 < k < 1$ kratší a pro $k > 1$ delší

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **kladným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, stejný směr a stejnou orientaci
- ▶ jehož velikost je k -násobkem velikosti původní
 - ▶ pro $k = 1$ je stejný, pro $0 < k < 1$ kratší a pro $k > 1$ delší

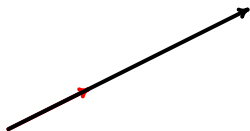


Máme vynásobit červený vektor číslem 3.

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **kladným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, stejný směr a stejnou orientaci
- ▶ jehož velikost je k -násobkem velikosti původní
 - ▶ pro $k = 1$ je stejný, pro $0 < k < 1$ kratší a pro $k > 1$ delší



Výsledkem je černý, "3x" delší vektor.

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **kladným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, stejný směr a stejnou orientaci
- ▶ jehož velikost je k -násobkem velikosti původní
 - ▶ pro $k = 1$ je stejný, pro $0 < k < 1$ kratší a pro $k > 1$ delší



Máme vynásobit červený vektor číslem $\frac{1}{4}$.

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **kladným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, stejný směr a stejnou orientaci
- ▶ jehož velikost je k -násobkem velikosti původní
 - ▶ pro $k = 1$ je stejný, pro $0 < k < 1$ kratší a pro $k > 1$ delší



Výsledkem je černý, "čtvrtinový" vektor.

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **záporným číslem** k je

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **záporným číslem** k je

- ▶ vektor

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **záporným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, **stejný (!)** směr a **opačnou** orientaci

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **záporným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, **stejný (!)** směr a **opačnou** orientaci
- ▶ jehož velikost je $|k|$ -násobkem velikosti původní

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **záporným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, **stejný (!)** směr a **opačnou** orientaci
- ▶ jehož velikost je $|k|$ -násobkem velikosti původní

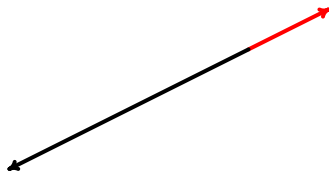


Máme vynásobit červený vektor číslem -3 .

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **záporným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, **stejný (!)** směr a **opačnou** orientaci
- ▶ jehož velikost je $|k|$ -násobkem velikosti původní



Výsledkem je černý, "3x" delší vektor s opačnou orientací.

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **záporným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, **stejný (!)** směr a **opačnou** orientaci
- ▶ jehož velikost je $|k|$ -násobkem velikosti původní



Máme vynásobit červený vektor číslem $-\frac{1}{4}$.

Násobení vektoru skalárem

Výsledkem násobení vektoru **záporným číslem** k je

- ▶ vektor
- ▶ mající stejné umístění, **stejný (!)** směr a **opačnou** orientaci
- ▶ jehož velikost je $|k|$ -násobkem velikosti původní



Výsledkem je černý, "čtvrtinový" vektor s opačnou orientací.

Rozklad vektoru v rovině

Vektor v rovině můžeme rozložit = vyjádřit jako součet dvou vektorů = vždy, pokud jej rozkládáme do dvou nezávislých směrů (různoběžných přímk).

Rozklad vektoru v rovině

Vektor v rovině můžeme rozložit = vyjádřit jako součet dvou vektorů = vždy, pokud jej rozkládáme do dvou nezávislých směrů (různoběžných přímk).

Vektory rozkladu budou

Rozklad vektoru v rovině

Vektor v rovině můžeme rozložit = vyjádřit jako součet dvou vektorů = vždy, pokud jej rozkládáme do dvou nezávislých směrů (různoběžných přímk).

Vektory rozkladu budou

- ▶ mít stejné umístění jako původní vektor

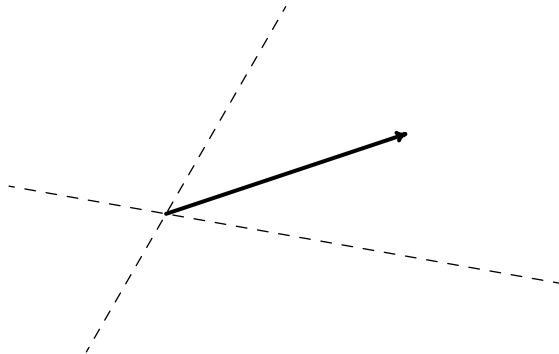
Rozklad vektoru v rovině

Vektor v rovině můžeme rozložit = vyjádřit jako součet dvou vektorů = vždy, pokud jej rozkládáme do dvou nezávislých směrů (různoběžných přímk).

Vektory rozkladu budou

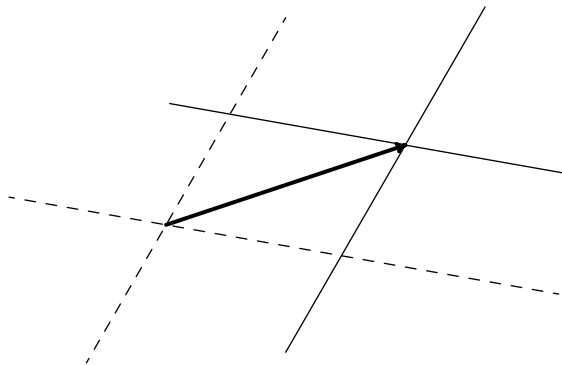
- ▶ mít stejné umístění jako původní vektor
- ▶ tvořit strany rovnoběžíku, jehož je původní vektor úhlopříčkou

Rozklad vektoru v rovině



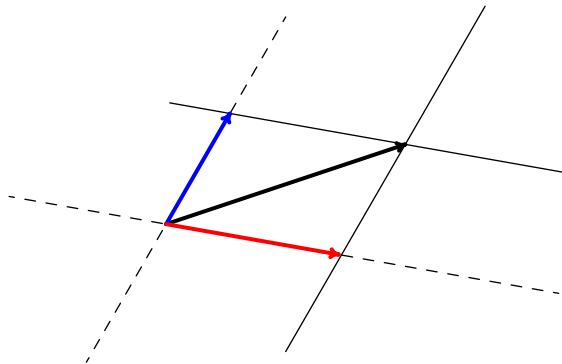
Máme rozložit černý vektor do směrů naznačených čárkovanými přímkami.

Rozklad vektoru v rovině



Sestrojíme rovnoběžky s oběma přímkami procházejícími koncovým bodem černého vektoru.

Rozklad vektoru v rovině



Průsečíky přímek značí koncové body vektorů rozkladu (červený a modrý).

Rozklad vektoru v rovině

Obvykle používáme rozklad do navzájem kolmých směrů. Lze ho zkonstruovat jednodušeji koncového bodu kolmým promítáním do jednotlivých přímk. Nakreslete si příslušný obrázek v tomto speciálním případě.

Rozklad vektoru v prostoru

- Lze provést podobně do **trojice** přímek, z nichž každé dvě jsou různoběžné a třetí neleží ve stejné rovině.

Rozklad vektoru v prostoru

- Lze provést podobně do **trojice** přímek, z nichž každé dvě jsou různoběžné a třetí neleží ve stejné rovině.
- Rozkládaný vektor je úhlopříčkou rovnoběžnostěnu, jehož stěny leží v rovinách určených dvojicemi přímek.

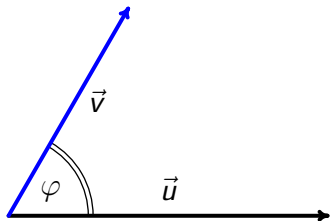
Rozklad vektoru v prostoru

- Lze provést podobně do **trojice** přímek, z nichž každé dvě jsou různoběžné a třetí neleží ve stejné rovině.
- Rozkládaný vektor je úhlopříčkou rovnoběžnostěnu, jehož stěny leží v rovinách určených dvojicemi přímek.
- Rozklad lze zkonstruovat pomocí tří rovin rovnoběžných s každou ze tří dvojic přímek – průsečíky rovin a přímek určují koncové body vektorů rozkladu.

Rozklad vektoru v prostoru

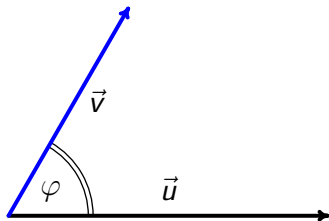
- Lze provést podobně do **trojice** přímek, z nichž každé dvě jsou různoběžné a třetí neleží ve stejné rovině.
- Rozkládaný vektor je úhlopříčkou rovnoběžnostěnu, jehož stěny leží v rovinách určených dvojicemi přímek.
- Rozklad lze zkonstruovat pomocí tří rovin rovnoběžných s každou ze tří dvojic přímek – průsečíky rovin a přímek určují koncové body vektorů rozkladu.
- **Rozklad do kolmých směrů lze provést snáz kolmým promítáním koncového bodu do jednotlivých přímek.**

Skalární součin



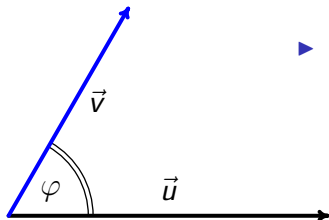
Skalární součin

- Výsledkem *skalárního součinu* dvou vektorů je **číslo** (ne vektor).



Skalární součin

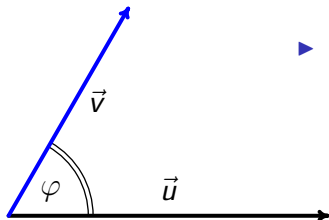
- ▶ Výsledkem *skalárního součinu* dvou vektorů je **číslo** (ne vektor).
- ▶ Vypočte se jako součin velikostí obou vektorů a kosinu úhlu, který svírají.



$$\vec{u} \cdot \vec{v} = |\vec{u}| |\vec{v}| \cos \varphi$$

Skalární součin

- ▶ Výsledkem *skalárního součinu* dvou vektorů je **číslo** (ne vektor).
- ▶ Vypočte se jako součin velikostí obou vektorů a kosinu úhlu, který svírají.

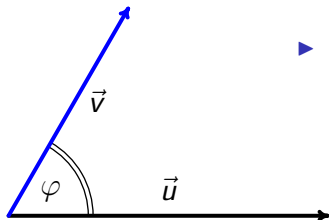


$$\vec{u} \cdot \vec{v} = |\vec{u}| |\vec{v}| \cos \varphi$$

- ▶ Má smysl v rovině i v prostoru.

Skalární součin

- ▶ Výsledkem *skalárního součinu* dvou vektorů je **číslo** (ne vektor).
- ▶ Vypočte se jako součin velikostí obou vektorů a kosinu úhlu, který svírají.



$$\vec{u} \cdot \vec{v} = |\vec{u}| |\vec{v}| \cos \varphi$$

- ▶ Má smysl v rovině i v prostoru.
- ▶ Dva úhly jsou navzájem kolmé, právě když jejich skalární součin je roven nule.

Vektorový součin

- ▶ Má smysl **pouze v prostoru**.

Vektorový součin

- ▶ Má smysl **pouze v prostoru**.
- ▶ Značíme jej $\vec{u} \times \vec{v}$

Vektorový součin

- ▶ Má smysl **pouze v prostoru**.
- ▶ Značíme jej $\vec{u} \times \vec{v}$
- ▶ Výsledkem *vektorového součinu* dvou vektorů je **vektor**, který

Vektorový součin

- ▶ Má smysl **pouze v prostoru**.
- ▶ Značíme jej $\vec{u} \times \vec{v}$
- ▶ Výsledkem *vektorového součinu* dvou vektorů je **vektor**, který
 - ▶ má stejné umístění jako násobené vektory

Vektorový součin

- ▶ Má smysl **pouze v prostoru**.
- ▶ Značíme jej $\vec{u} \times \vec{v}$
- ▶ Výsledkem *vektorového součinu* dvou vektorů je **vektor**, který
 - ▶ má stejné umístění jako násobené vektory
 - ▶ má směr kolmý na oba násobené vektory a

$$|\vec{u} \cdot \vec{v}| = |\vec{u}| |\vec{v}| \sin \varphi$$

Vektorový součin

- ▶ Má smysl **pouze v prostoru**.
- ▶ Značíme jej $\vec{u} \times \vec{v}$
- ▶ Výsledkem *vektorového součinu* dvou vektorů je **vektor**, který
 - ▶ má stejné umístění jako násobené vektory
 - ▶ má směr kolmý na oba násobené vektory a

$$|\vec{u} \cdot \vec{v}| = |\vec{u}| |\vec{v}| \sin \varphi$$

- ▶ orientaci určujeme podle pravidla pravé ruky: pokud ji položíme tak, aby zahnuté prsty ukazovali směr od prvního k druhému, pak odchýlený palec určuje orientaci jejich vektorového součinu.
 $\implies$ ve vektorovém součinu **záleží na pořadí**.

$$\vec{u} \times \vec{v} = -\vec{v} \times \vec{u}$$

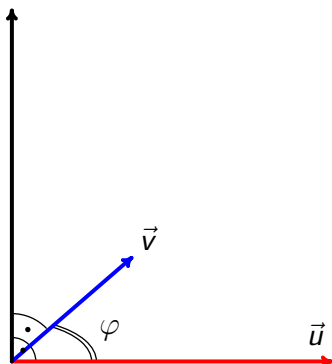
Vektorový součin

- ▶ Má smysl **pouze v prostoru**.
- ▶ Značíme jej $\vec{u} \times \vec{v}$
- ▶ Výsledkem *vektorového součinu* dvou vektorů je **vektor**, který
 - ▶ má stejné umístění jako násobené vektory
 - ▶ má směr kolmý na oba násobené vektory a

$$|\vec{u} \cdot \vec{v}| = |\vec{u}| |\vec{v}| \sin \varphi$$

- ▶ orientaci určujeme podle pravidla pravé ruky: pokud ji položíme tak, aby zahnuté prsty ukazovali směr od prvního k druhému, pak odchýlený palec určuje orientaci jejich vektorového součinu.
 - ⇒ ve vektorovém součinu **záleží na pořadí**.
- $$\vec{u} \times \vec{v} = -\vec{v} \times \vec{u}$$
- ▶ Vektorový součin rovnoběžných vektorů je nulový vektor.

Vektorový součin



Vektorový součin $\vec{u} \times \vec{v}$ je kolmý na oba vektory a má velikost $|\vec{u}| |\vec{v}| \sin \varphi$.

Jak by vypadal vektor $\vec{v} \times \vec{u}$?

Skaláry a vektory

ukázky otázek

Skaláry a vektory: otázky

Skalární veličiny se vyznačují tím, že

- (a) k jejich určení je třeba stanovit velikost, směr a působišťě,
- (b) k jejich úplnému určení postačí číselná hodnota, jednotka a směr,
- (c) k jejich úplnému určení postačí číselná hodnota a jednotka
- (d) k jejich úplnému určení stačí vždy jen číselná hodnota,

Skaláry a vektory: otázky

Z uvedených veličin je skalárem:

- (a) zrychlení
- (b) síla
- (c) rychlost
- (d) hustota

Skaláry a vektory: otázky

Vyberte správná tvrzení:

- (a) k určení skalární veličiny stačí číselná hodnota a jednotka
- (b) k určení vektorové veličiny postačí číselná hodnota a jednotka
- (c) k určení vektorové veličiny postačí číselná hodnota a působíště
- (d) součinem skaláru a vektoru je vektor

Skaláry a vektory: otázky

Vyberte správná tvrzení:

- (a) vektor násobený skalárem je skalár
- (b) vektor násobený skalárem je vektor
- (c) součet dvou vektorů je skalár
- (d) velikost vektoru je skalár

Skaláry a vektory: otázky

Vyberte správná tvrzení:

- (a) vektor násobený skalárem je vektor
- (b) čas je vektorová veličina
- (c) moment setrvačnosti je vektorová veličina
- (d) kinetická energie je vektor

Skaláry a vektory: otázky

Vyberte správná tvrzení:

- (a) hustota je skalární veličina
- (b) tlak je vektorová veličina
- (c) práce je vektorová veličina
- (d) velikost vektoru je skalár

Skaláry a vektory: otázky

Z uvedených veličin není vektorem:

- (a) síla
- (b) okamžitá rychlost
- (c) čas
- (d) hybnost

Skaláry a vektory: otázky

Označte pravdivé tvrzení:

- (a) tíha je vektor
- (b) intenzita elektrického pole je skalár
- (c) gravitační zrychlení je skalár
- (d) síla je vektor

Skaláry a vektory: otázky

Z uvedených veličin není skalárem:

- (a) dostředivé zrychlení
- (b) čas
- (c) tíha
- (d) velikost rychlosti

Skaláry a vektory: otázky

Označte pravdivé tvrzení:

- (a) velikost síly je vektor
- (b) moment síly je skalár
- (c) hybnost je skalár
- (d) čas je skalár

Skaláry a vektory: otázky

Označte nepravdivé tvrzení:

- (a) hmotnost je skalár
- (b) velikost rychlosti je vektor
- (c) velikost rychlosti je skalár
- (d) zrychlení je vektor

Skaláry a vektory: otázky

Označte pravdivé tvrzení:

- (a) vztlková síla je vektor
- (b) hydrostatický tlak je vektor
- (c) tlaková síla je skalár
- (d) tlak je vektor

Skaláry a vektory: otázky

Vyberte skupinu pouze skalárních veličin:

- (a) čas, délka, rychlost
- (b) magnetická indukce, napětí, hustota
- (c) hmotnost, zrychlení, síla
- (d) energie, teplota, teplo

Skaláry a vektory: otázky

Vyberte skupinu pouze vektorových veličin:

- (a) intenzita elektrického pole, zrychlení, hybnost
- (b) povrchové napětí, impuls síly, tlak
- (c) úhlová rychlost, úhlové zrychlení, elektrický náboj
- (d) měrné skupenské teplo, rychlost, účinnost