1. MECHANIKA

Studium předmětu Fyzika je nejlepší začít částí zvanou **Mechanika**. Mluví pro to hned několik důvodů – zaprvé je to nejstarší obor fyziky zabývající se zákonitostmi mechanického pohybu těles známý již ve starověku. Za druhé je pro studujícího nejsnáze pochopitelný, protože na mechanické jevy naráží každý den. Ne že by se běžně nesetkával i s jinými fyzikálním jevy a zákonitostmi, ale ty nejsou často na první pohled tak zřejmé. A konečně za třetí **se bez znalosti zákonitosti mechaniky neobejdete při studiu jiných partií fyziky** a uplatníte je i u velmi složitých jevů jako je třeba pohyb kosmické lodi či čtecího zařízení CD přehrávače.

Mechanika se dělí na více částí. **Kinematika** se zabývá pouze **popisem pohybu tělesa**, zatímco **Dynamika** vyšetřuje **příčiny** tohoto **pohybu**. Samostatně se probírají kapitoly **Mechanická práce a energie, Gravitační pole** a **Tuhé těleso.**

Obr.1.1-1

1.1. Úvodní pojmy

Než se pustíte do studia nejen této kapitoly, ale i jiných částí fyziky, je třeba si zopakovat základní pojmy, které se v celé fyzice používají. Úplně na začátku se seznamte se soustavou fyzikálních veličin a jednotek, jejich znalost je nezbytná. Fyzika také pracuje se skalárními i vektorovými veličinami, je tedy nutné se naučit jejich odlišnosti a základní matematické operace s nimi.

1. Znát základní jednotky soustavy SI.
2. Znát předpony označující díly a násobky jednotek.
3. Umět rozepsat vedlejší jednotky pomocí jednotek základních.
4. Vědět, že do vztahů je vhodné dosazovat jednotky soustavy SI, výsledek pak vyjde také v jednotkách SI.
5. Definovat a rozlišit skalární a vektorovou veličinu.
6. Umět sečíst a odečíst algebraicky i graficky dva a více vektorů.
7. Rozložit vektor do libovolných směrů.
8. Umět vyjádřit vektor pomocí jeho složek a souřadnic.
9. Vynásobit skalárně jeden vektor druhým.
10. Vynásobit vektorově jeden vektor druhým, umět určit směr výsledného vektoru.

1.1.1. Soustava fyzikálních veličin a jednotek

Postupem času při rozvoji fyzikálních Postupem času při rozvoji fyzikálních stupem času při rozvoji fyzikálních poznatků se používalo k vyjádření velikostí fyzikálních veličin nejrůznějších jednotek. Vzpomeňte si z dějepisu na starověké délkové míry – Římané vyjadřovali vzdálenosti ve stádiích, již od středověku používají Angličané míle ať už pozemní, nebo námořní, v Rusku byl vžit pojem versta.

Jak se „globalizoval“ svět, ukázala se nutnost sjednotit všechny jednotky. A tak od roku 1971 byla zavedena **Mezinárodní soustava jednotek** označovaná zkratkou **SI** (z francouzského Systéme International des Unités).

Soustava SI obsahuje sedm **základních fyzikálních jednotek** a tomu odpovídajících sedm **základních veličin**. Tyto základní jednotky jsou přehledně uspořádány s příslušnými veličinami a značkami v následující tabulce:

Základní fyzikální jednotky soustavy SI

jednotka	*značka*	*název veličiny*	*značka*
metr	m	délka	l
kilogram	kg	hmotnost	m
sekunda	s	čas	t
ampér	A	elektrický proud	I
kelvin	K	termodynamická teplota	T
mol	mol	látkové množství	n
kandela	cd	svítivost	I

Dále soustava SI obsahuje **odvozené jednotky.** Tyto jednotky jsou odvozeny na základě definičních vztahů příslušných veličin. Například veličinu hustota ρ definujeme jako hmotnost jednotkového objemu vztahem

$$\rho = \frac{m}{V},$$

Protože jednotkou hmotnosti m je kilogram (kg) a jednotkou objemu V je krychlový metr (m^3), jednotkou hustoty je kilogram na metr krychlový. Tuto jednotku pak můžeme zapsat ve dvou různých tvarech a to buď jako kg/m^3, nebo $kg.m^{-3}$.

Odvozené jednotky se často pojmenovávají po význačných fyzicích. Tak známe jednotku Newton, Pascal, Sievert atd.

U 1.1.-1 Jednotka Newton (N) je odvozenou jednotkou pro sílu. *Vyjádřete tuto jednotku pomocí základních jednotek.*

V praxi je často výhodné používat **násobky** a **díly jednotek.** Proto vzdálenost ujetou autem vyjadřujeme v kilometrech (km) a ne v metrech, malé hodnoty elektrického proudu měříme v miliampérech (mA) a ne v ampérech. Zase jde o použití zásad soustavy SI, která určuje násobky a díly pomocí třetích mocnin základu 10. Jednotlivé násobky a díly jsou označeny předponami. V předchozích příkladech jsme tak použili dvě předpony a to kilo (značka k) pro označení násobku 10^3 a mili (značka m) pro 10^{-3}.

Ostatní díly a násobky jednotek najdete v následující tabulce Dekadické násobky jednotek soustavy SI . Někdy se používají ještě další předpony, které nepatří do soustavy SI jako je centi- se značkou c (1 cm = 10^{-2}m), deci-, značka d (1 dm = 10^{-1}m) a hekto- , značka h (1 hPa = 100 Pa).

Přehled dekadických násobků a dílů jednotek soustavy SI

Předpona	**Značka**	**Znamená výchozích jednotek**
exa	*E*	10^{18}
peta	*P*	10^{15}
tera	*T*	10^{12}
giga	*G*	10^{9}
mega	*M*	10^{6}
kilo	*k*	10^{3}
hekto x)	*h*	10^{2}
deka x)	*da*	10^{1}
		10^{0}
deci x))	*d*	10^{-1}
centi x)	*c*	10^{-2}
mili	*m*	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	*a*	10^{-9}
piko	*p*	10^{-12}
femto	*f*	10^{-15}
atto	*a*	10^{-18}
Násobky a díly označené x) se používají jen ve zvláštních případech		

Při používání násobků a dílů jednotek si musíme dávat velký pozor při výpočtech. Například máme vypočítat kolik váží krychle železa o hraně 2 cm. Hustota železa (najdeme v tabulkách) je $7{,}9.10^3$ kg.m^{-3}.

Vyjdeme z definičního vztahu pro hustotu a vyjádříme z něj hmotnost.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \ .$$

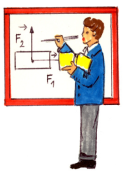
Když teď dosadíme přímo hodnoty bez ohledu na jednotky dostaneme: $m = 7{,}9.10^3 2^3 = 63{,}2.10^3\,kg = 63{,}2\ tun.$ Tedy zřejmý nesmysl, malá krychlička asi tolik neváží.

Vše vzniklo tím, že jsme **nedosazovali veličiny důsledně v jednotkách SI**. Hustota byla dosazena správně, ale délkový rozměr železné krychle jsme dosadili v centimetrech a ne v metrech. Správný výpočet by tedy vypadal takto:

$m = 7{,}9.10^3\ 0{,}02^3 = 63{,}2.10^{-3}\,kg = 63{,}2g.$ A to už je výsledek odpovídající našim zkušenostem.

Stále se ještě setkáváme s jednotkami, které nepatří do soustavy SI. Je to dáno jejich praktickým významem, zde patří jednotky jako minuta, hodina, tuna, litr. A nebo tradicí – anglicky mluvící národy se těžko zbavují mílí, stop či liber. Těmto jednotkám se říká **vedlejší jednotky.**

Při převodu jednotek se často dopouštíme chyb. Následující řešený příklad si nejdříve vypočítejte sami a pak si teprve zkontrolujte řešení.



Kolik čtverečných metrů má les o výměře 5 km^2?

Při řešení si musíte uvědomit, že pracujeme s mocninou jednotky. Nejlepší je si jednotku rozepsat jako součin a pak převést každý činitel zvlášť. Takže:

5 km^2 = 5 (km) (km) = 5 (1000 m) (1000 m) = 5.10^6 m^2.

U 1.1.-2 *Napište převodní vztah*y mezi minutou, hodinou, tunou a litrem a příslušnými jednotkami soustavy SI.

U 1.1.-3 Zátka z korku má hmotnost 1g a objem 5 cm^3. *Jaká je hustota korku?*

U 1.1.-4 *Vyjádřete pomocí mocnin* o základu 10 následující jednotky: mA, GJ, nm, μV, pF.

1.1.2. Skalární a vektorové fyzikální veličiny

Fyzikální veličiny můžeme rozdělit do dvou skupin. Prvou skupinu tvoří veličiny jako je čas, hmotnost, teplota, energie. U těchto veličin určujeme pouze jejich velikost a samozřejmě i s příslušnou jednotkou. Jestliže řeknu, že cesta z Ostravy do Prahy trvá vlakem 5 hodin, není třeba nic dodávat (pokud nenadávám na ČD, že zase měl vlak zpoždění). V tomto případě hovořím o skalární veličině.

Skalární fyzikální veličina, krátce **skalár,** je určena svou velikostí a příslušnou jednotkou.

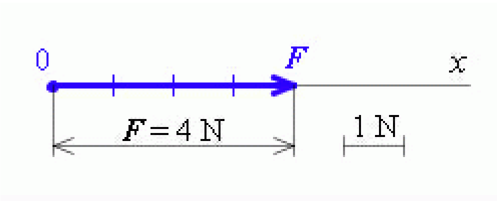
Skalární fyzikální veličina a skalární veličina nejsou rovnocenné pojmy. Pokud hovoříme pouze o skalární veličině jako matematickém pojmu, pak je tato veličina určena jen svou velikostí. U skalární fyzikální veličiny musíme vždy připojit ještě jednotku pokud, není bezrozměrná.

Skalární veličinu označujeme v textu kurzivou. Například čas zapíšeme jako *t*, hmotnost *m* atp.

Do druhé skupiny zařazujeme fyzikální veličiny jako je síla, rychlost, zrychlení, intenzita elektrického pole apod. Na rozdíl od skalárních veličin, u těchto vektorových veličin musíme brát v úvahu i jejich směr. Chceme-li roztlačit na vodorovné silnici auto, tak samozřejmě působíme silou. Pokud budeme tlačit na auto shora, ani s ním nehneme. Z fyzikálního pohledu působíme silou ve směru kolmém na směr pohybu. Ze zkušenosti víme, že nejúčinnější bude, budeme-li tlačit ve směru vodorovném (síla působí ve směru pohybu).

Vektorová fyzikální veličina, zkráceně **vektor,** je veličina, která má určitou velikost, směr a orientaci. A protože se jedná o fyzikální vektorovou veličinu, je nutné připojit i jednotku.

Vektorovou veličinu označujeme zpravidla kurzívou a to tučnou nebo šipkou nad jejím symbolem. Například sílu zapíšeme jako ***F***, nebo $\vec{F}$. Vektorovou veličinu znázorňujeme úsečkou určité délky a určitého orientovaného směru. Délka této úsečky určuje **velikost vektoru –** je to skalár. Velikost vektoru ***A*** zapisujeme jako $A = |\boldsymbol{A}|$. ***Směr* vektoru** je dán přímkou ve které vektor leží**.** A konečně **orientaci vektoru** nám určuje počáteční (*O*) a koncový bod vektoru. Na obrázku Obr.1.1.-2 vidíme znázorněnu sílu ***F*** velikosti F = 4 N působící ve směru osy *x*. Na tomto obrázku je také znázorněn důležitý bod *O* – počáteční bod vektoru označovaný jako **umístění vektoru.**



Obr.1.1.-2

Ke každému vektoru existuje **opačný vektor**. Opačný vektor má stejnou velikost, stejný směr, ale opačnou orientaci. Vektor opačný k vektoru ***a*** značíme jako ***–a***.

Pro počítání s vektory platí některá odlišná pravidla než při počítání se skaláry (čísly) tzv. **pravidla vektorového počtu**:

► **Sčítání vektorů.** Vektory sčítáme **vektorovým součtem.** Na rozdíl od sčítání dvou čísel musíme v tomto případě vzít v úvahu nejen velikost vektorů, ale i jejich směr. Matematický zápis pro vektorový součet je:

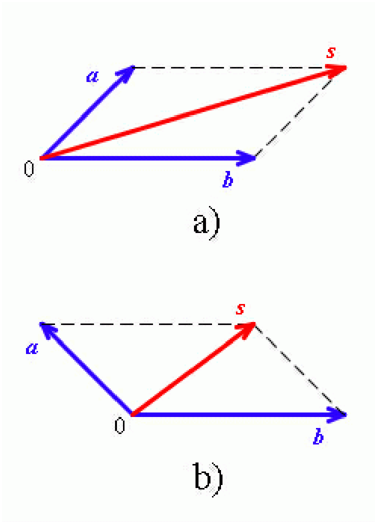
$\boldsymbol{s} = \boldsymbol{a} + \boldsymbol{b}$, $\boldsymbol{s} = \boldsymbol{b} + \boldsymbol{a}$ 1.1.-1

Výsledný vektor **s** nazýváme **výslednice vektorů**, sčítané vektory ***a*** a ***b*** jsou **složky.**

Všimněte si, že výsledkem je opět vektor a že nezáleží na pořadí sčítání.

Názornější je grafické sčítání vektorů. V tomto případě konstruujeme tzv. **vektorový rovnoběžník**. Výslednice vektorů ***s*** je úhlopříčkou rovnoběžníku o stranách tvořených sčítanými vektory - složkami ***a*** a ***b***. Toto sčítání je znázorněno na obrázku Obr.1.1-4.

Samozřejmě můžeme sčítat více vektorů. Sečteme nejdříve prvé dva, k jejich výslednici přičteme další vektor atd. Názorně je vidět postupné sčítání vektorů na animaci.



Obr.1.1.-4

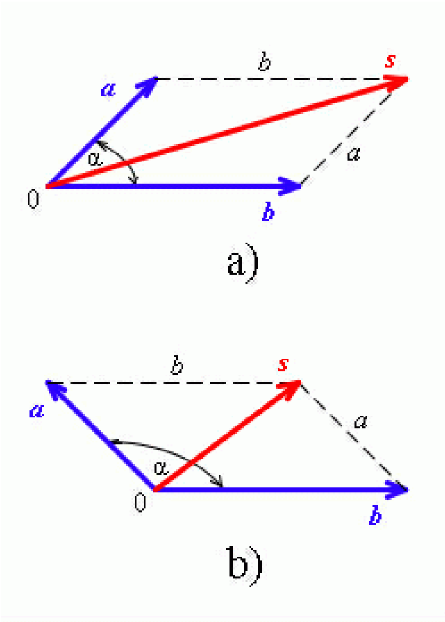
Velikost výslednice vektoru můžeme také vypočítat, určit algebraicky. Pomůže nám obrázek Obr.1.1.-5 a kosinová věta.

$s^2 = a^2 + b^2 + 2\, a\, b \cos \alpha$

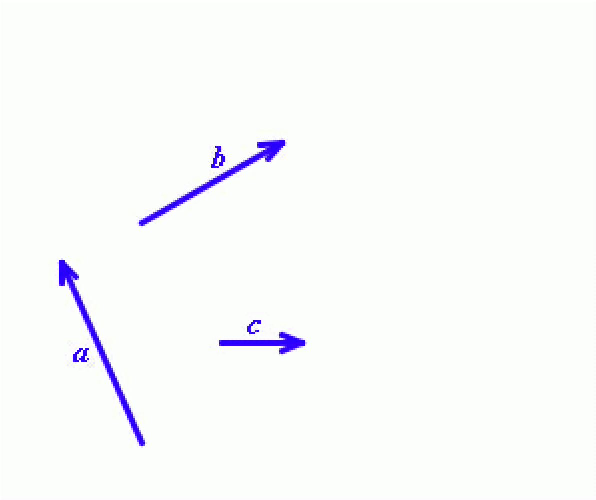
U 1.1.-5 *Určete výsledný vektor **c*** vzniklý sečtením vektoru ***a*** velikosti 4 m a majícího směr osy *x* s vektorem ***b*** velikosti 3 m ležícího ve směru osy *y*. Řešte graficky a početně.

U 1.1. -6 *Určete graficky* vektor ***e***, který je součtem vektorů ***a,b,c*** znázorněných na obrázku Obr.1.1.-7.

U 1.1. -7 Dvě skupiny se přetahují lanem. Přetahování je nerozhodné, obě skupiny zřejmě táhnou stejnou silou v opačných směrech. *Jaká je výslednice sil? Nakreslete schematický obrázek.*



Obr.1.1.-5

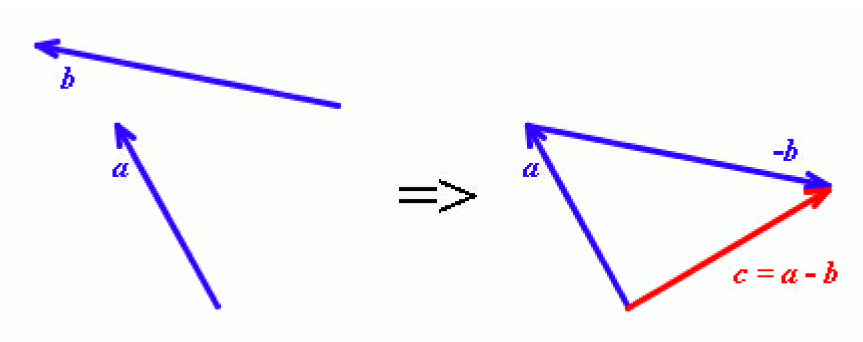


Obr.1.1.-7

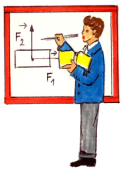
► **Odčítání vektorů.** Pokud se naučíme sčítat vektory, umíme již vektory také odečítat. Máme-li odečíst od vektoru ***a*** vektor ***b***, pak to uděláme tak, že k vektoru ***a*** přičteme vektorově opačný vektor **–*b*.** Matematický zápis této operace je:

$\boldsymbol{c} = \boldsymbol{a} + (-\boldsymbol{b})$, nebo $\boldsymbol{c} = \boldsymbol{a} - \boldsymbol{b}$ 1.1.-2

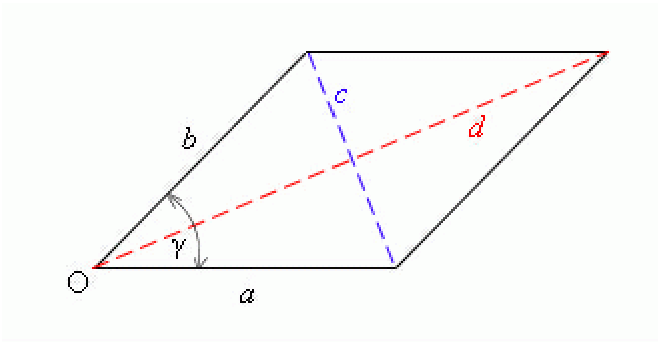
Graficky máte odečítání dvou vektorů znázorněno na obrázku Obr.1.1.-10.



Obr.1.1.-10



Na obrázku Obr.1.1.-11 je zobrazen rovnoběžník o stranách *a* a *b*, které svírají úhel γ. *Můžeme vypočítat úhlopříčky rovnoběžníku s využitím vektorového počtu?*



Obr.1.1.-11

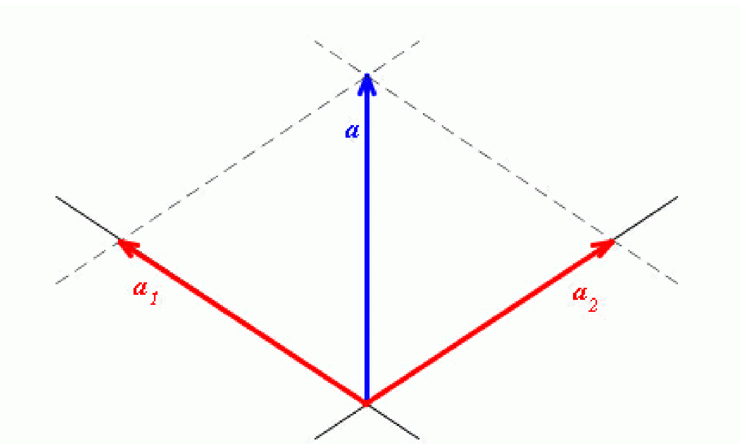
Tento příklad byl zvolen právě proto, aby ukázal, jak lze vektorového počtu použít pro řešení některých geometrických úloh. Představíme si strany *a*, *b* jako vektory ***a, b*** se společným počátkem v bodě *O*. **Delší úhlopříčka** (červená) *d* **je** vlastně velikost **výslednice vektorového součtu** obou vektorů ***a, b***.

$d^2 = a^2 + b^2 + 2ab\cos\gamma.$

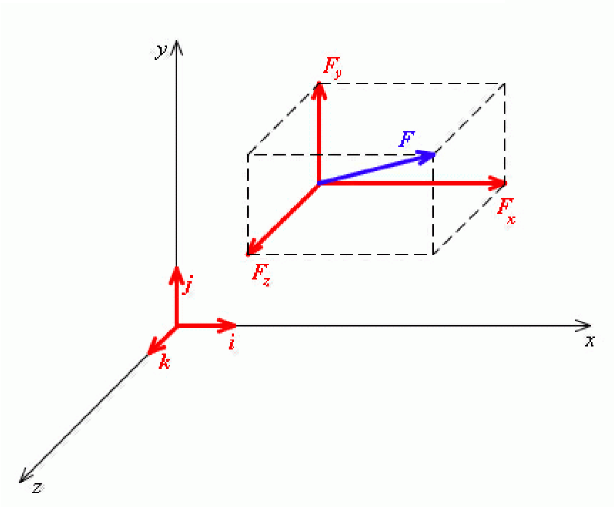
Kratší úhlopříčka (modrá) *c* **je velikost výslednice vektorového rozdílu** obou vektorů.

$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma.$

► **Rozklad vektoru**. Rozklad vektoru je ve fyzice velice užitečná operace. Vektor rozkládáme do dvou nebo více různoběžných směrů. Na obrázku Obr.1.1.-14 vidíme rozložení vektoru ***a*** na dva vektory $\boldsymbol{a_1}$ a $\boldsymbol{a_2}$. Vektory $\boldsymbol{a_1}$ a $\boldsymbol{a_2}$ jsou tzv. **složky vektoru *a*.** Jejich vektorovým součtem ($\boldsymbol{a_1} + \boldsymbol{a_2} = \boldsymbol{a}$) opět dostaneme vektor ***a***.



Obr.1.1.-14



Obr.1.1.-15

Často rozkládáme vektor na složky ležící v jednotlivých osách pravoúhlé soustavy souřadnic *Oxyz*. Velikostem těchto složek pak říkáme **souřadnice vektoru.** Vezměme například vektor síly ***F***. Jeho rozklad na složky $\boldsymbol{F_x}$, $\boldsymbol{F_y}$ a $\boldsymbol{F_z}$ je znázorněn na obrázku Obr.1.1.-15

Pro velikost vektoru ***F*** vyjádřenou pomocí jeho souřadnic platí vztah:

$$|\boldsymbol{F}| = F = \sqrt{\left(F_x^2 + F_y^2 + F_z^2\right)}. \qquad 1.1.\text{-}3$$

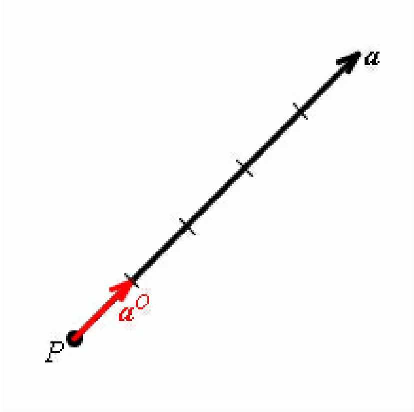
Složky vektoru v pravoúhlé soustavě souřadnic můžeme také vyjádřit pomocí jeho souřadnic a **jednotkových vektorů.** Tak jednotkový vektor $\boldsymbol{a}^o$ vektoru $\boldsymbol{a}$ je vektor, který má směr vektoru $\boldsymbol{a}$ a velikost rovnu 1. Platí tedy $|\boldsymbol{a}^o| = 1$. Situace je znázorněna na Obr.1.1.-16. Jednotkové vektory ve směrech souřadných os *x, y, z* pravoúhlé souřadné soustavy *Oxyz* se označují jako ***i, j, k.***

Například složky vektoru $\boldsymbol{F}$ zapsané pomocí jeho souřadnic jsou:

$\boldsymbol{F}_x = F_x\, \boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{F}_y = F_y\, \boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{F}_z = F_z\, \boldsymbol{k}$,

A vektor $\boldsymbol{F}$ pak jako jejich vektorový součet vyjádříme:

$\boldsymbol{F} = F_x\, \boldsymbol{i} + F_y\, \boldsymbol{j} + F_z\, \boldsymbol{k}$

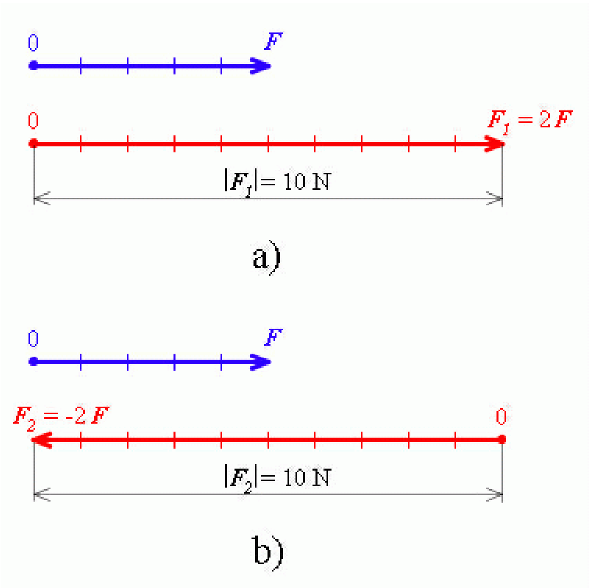


Obr.1.1.-16

► **Násobení vektoru reálným číslem.** Vynásobíme-li vektor $\boldsymbol{A_0}$ reálným číslem n, dostaneme vektor stejného směru $\boldsymbol{A_1}$. Jeho velikost bude n násobkem původní velikosti.

$\boldsymbol{A}_1 = n\, \boldsymbol{A_o}$, $A_1 = n\, A_o$ 1.1.-4

Je-li n kladné, má výsledný vektor $\boldsymbol{A}_1$ stejný směr i orientaci jako původní vektor $\boldsymbol{A}_o$. Bude-li n záporné číslo, má výsledný vektor orientaci opačnou. Ale pozor, velikost výsledného vektoru bude kladná, délky úseček vyjadřujeme vždy kladnými čísly. Příklad grafického řešení násobení vektoru síly číslem máte na obrázku Obr.1.1.-3.



Obr.1.1.-3

► **Skalární součin dvou vektorů**. Jak název této operace napovídá, násobíme-li skalárně vektor $\boldsymbol{A}$ vektorem $\boldsymbol{B}$ je **výsledkem skalár** *C*. Skalární součin zapisujeme

$C = \boldsymbol{A} \,.\, \boldsymbol{B} = A\, B \cos\alpha$, 1.1.-5

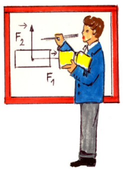
Kde *A* a *B* jsou velikosti obou vektorů a α je úhel, který vektory svírají. Všimněte si tečky mezi násobenými vektory na levé straně rovnice. Touto tečkou vyjadřujeme, že se jedná právě o skalární součin.

Skalární součiny jednotkových vektorů vypadají následovně:

$\boldsymbol{i} \,.\, \boldsymbol{i} = \boldsymbol{j} \,.\, \boldsymbol{j} = \boldsymbol{l} \,.\, \boldsymbol{k} = 1$, $\boldsymbol{i} \,.\, \boldsymbol{j} = \boldsymbol{j} \,.\, \boldsymbol{k} = \boldsymbol{k} \,.\, \boldsymbol{i} = 0$

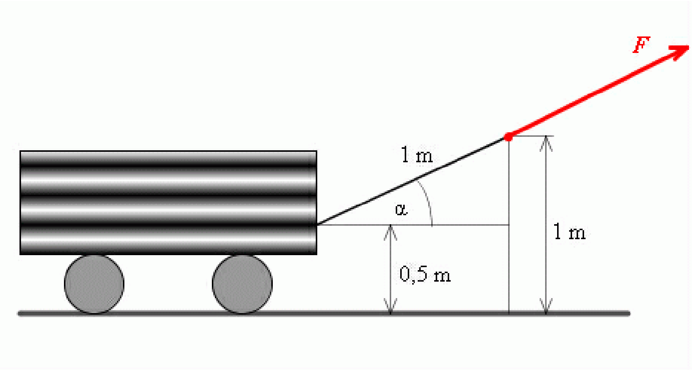
Skalární součin můžeme určit také pomocí souřadnic jednotlivých vektorů:

$$C = \vec{A} \,.\, \vec{B} = A_x\, B_x + A_y\, B_y + A_z\, B_z$$



Typickým fyzikálním příkladem na skalární součin je výpočet práce. Máme *vypočítat velikost vykonané práce* (skalár), táhneme-li vozík (Obr.1.1.-12) po vodorovné cestě silou 500 N (prvý vektor). Vozík táhneme pomocí 1m dlouhé šňůry po dráze 6m (druhý vektor). Šňůra je upevněna na vozík ve výšce 0,5m, naše ruce jsou ve výšce 1m (z těchto údajů vypočítáme úhel mezi oběma vektory).

Ze zkušenosti víme, že nejmenší námahu (nejmenší sílu) musíme vynaložit,



Obr.1.1.-12

táhneme-li vozík ve směru pohybu. Ale síla v našem případě působí pod úhlem α. Ve směru pohybu působí jen složka síly *F cosα*.

Možná si ještě pamatujete (když ne, tak se to zde později dovíte), že práce je „síla působící po dráze“. Jinak řečeno práci dostaneme jako součin působící síly a dráhy, po které se těleso během působení síly přemístí:

$$A = F\cos(\alpha)\, s \ .$$

Srovnáme-li tento vztah s výrazem pro skalární součin vektoru síly ***F*** a vektoru přemístění ***s*** (***F . s*** = *F s* cos*α*) zjistíme, že jde o stejné vztahy. Takže se můžeme konečně pustit do výpočtu hledané práce. V našem případě je úhel α roven 30°, jak jednoduše stanovíme z obrázku ($\sin\alpha = \frac{0{,}5}{1}$). Dosadíme nyní do vztahu pro skalární součin vektoru síly a dráhy:

$$A = \vec{F}.\vec{s} = F\ s\cos\alpha = 500\ \ 6\ \cos 30^{o}\ = 2600\ J\ .$$

Výsledek nám vyšel v joulech, v jednotce soustavy SI pro práci, protože jsme dosazovali hodnoty pro velikost síly i dráhy také v jednotkách patřících do soustavy SI..

U 1.1.-8 *Vypočítejte skalární součin* dvou vektorů ***a*** a ***b*** ve dvou extrémních případech:

a) vektory jsou rovnoběžné $\boldsymbol{a} \parallel \boldsymbol{b}$

b) vektory jsou na sebe kolmé $\boldsymbol{a} \perp \boldsymbol{b}$

► **Vektorový součin dvou vektorů.** Násobíme-li vektorově vektor ***A*** vektorem ***B***, je **výsledkem** tohoto součinu **vektor *D***.

***D* = *A* x *B* = - (*B* x *A*).** 1.1.-6

V tomto zápisu si všimněte symbolu pro vektorový součin „x“. Důležití je, že si musíme dát pozor i na pořadí vektorů. Vyměníme-li v součinu pořadí obou vektorů, dostaneme sice vektor stejné velikosti, ale opačné orientace.

Výsledný vektor ***D*** je kolmý na rovinu tvořenou vektory ***A*** a ***B***. Je tedy kolmý jak na vektor ***A***, tak na vektor ***B***.

Vektorový součin je možné vyčíslit z determinantu ve tvaru

$$\boldsymbol{D} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} \qquad 1.1.\text{-}7$$

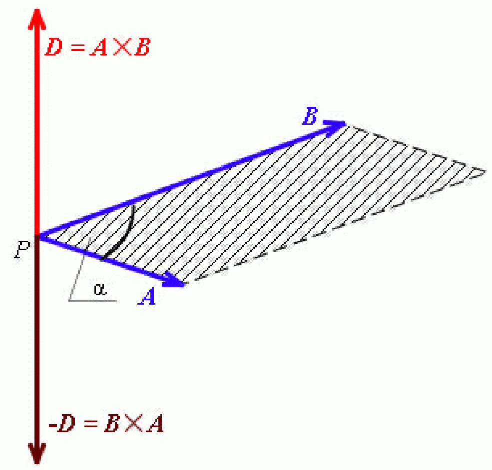
Důležité je znát pravidlo o vektorových součinech jednotkových vektorů ve směrech os:

i x ***j*** = ***k*,** ***j*** x ***k*** = ***i*,** ***k*** x ***i*** = ***j*,** ***i*** x ***i*** = ***j*** x ***j*** = ***k*** x ***k*** = 0

Pro praktické fyzikální výpočty nám často dostačuje znát velikost vektoru vzniklého jako vektorový součin. Tuto velikost vypočítáme jako součin velikostí obou vektorů a sinu úhlu jimi sevřeného:

$$D = A\,B \sin\alpha\,. \qquad 1.1.\text{-}8$$

Jedná se vlastně o plochu rovnoběžníka vymezeného násobenými vektory. Názorně je vektorový součin a jeho výsledek vidět na obrázku Obr.1.1.-13.



Obr.1.1.-13

U 1.1.-9. *Stanovte vektorový součin* dvou vektorů ***a*** a ***b*** ve dvou extrémních případech:

a) vektory jsou rovnoběžné $\boldsymbol{a} \parallel \boldsymbol{b}$

b) vektory jsou na sebe kolmé $\boldsymbol{a} \perp \boldsymbol{b}$

Klíč

U1.1.-1 kg.m.s^{-2}

Při odvozování vyjdeme z 2.Newtonova pohybového zákona, který definuje sílu jako součin hmotnosti a zrychlení: $F = ma \;\rightarrow$ N = kg.m/s^2

U1.1.-2 1 min = 60 s

1 h = 60 min = 3 600 s

1 t = 1 000 kg

1 l = 0,001 m^3

U1.1.-3 0,2 g/cm^3 = 200 kg.m^{-3}

U1.1.-4 1 mA = 10^{-3} A

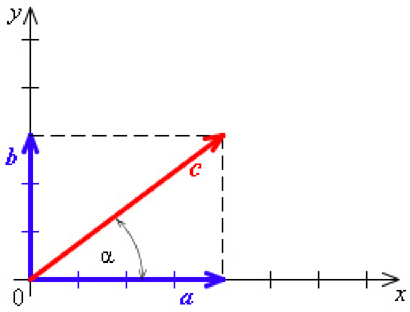
1 GJ = 10^6 J

1 nm = 10^{-9} m

1 μV = 10^{-6} V

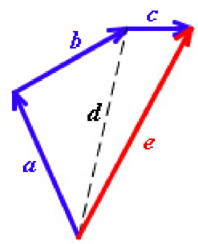
1 pF = 10^{-12} F

U1.1.-5 c = 5 m , tg α = 3/4, viz Obr.1.1.-6



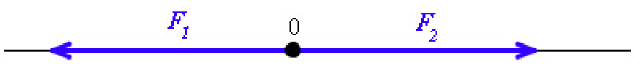
Obr.1.1.-6

U1.1.-6 viz Obr.1.1.-8



Obr.1.1.-8

U1.1. -7 $F_1 + F_2 = 0$, viz Obr.1.1.-9



Obr.1.1.-9

U1.1.-8 a) $\boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{b} = a\, b$

b) $\boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{b} = 0$

U1.1.-9 a) $|\boldsymbol{a} \times \boldsymbol{b}| = 0$ (α = 0)

b) $|\boldsymbol{a} \times \boldsymbol{b}| = a\, b$ (α = 90°), výsledný vektor je kolmý na rovinu tvořenou oběma vektory.