

Škola: Škola pre mimoriadne nadané deti a Gymnázium
Predmet: Fyzika
Skupina:
Trieda:
Dátum:

Fyzikálne veličiny a ich jednotky

Obsah a metódy fyziky, Veličiny a jednotky sústavy SI, Násobky a diely fyzikálnych veličín
Vektorové a skalárne veličiny - úvod

1.1 Obsah a metódy fyziky

Fyzika je prírodná veda. Pôvodne bola fyzika náukou o celej prírode. S rozvojom poznatkov o prírode sa oblasť jej skúmania stále zužovala a z pôvodnej prírodovedy sa vyčlenil celý rad odborov – biológia, chémia, astronómia, Čo je presne obsahom štúdia fyziky nie je jednoduché definovať, ale pokúsime sa vytvoriť si obraz tými najzákladnejšími témami.

Základným pojmom fyziky je **hmota**. Hmotné objekty môžu existovať v dvoch základných formách:

1. **látka** – látkovú formu majú všetky bežne známe telesá (pevné, kvapalné, plynné), molekuly, atómy a častice, z ktorých sa atómy skladajú.
2. **pole** – napríklad pole gravitačné, elektrické, magnetické,

Definovať pole nie je jednoduché, pretože sa jedná o vysoko abstraktný pojem. Pole je možné priblížiť (s istými nepresnosťami) pomocou rôznych analógií, ktoré pomôžu pojem pole lepšie pochopiť.

Všetky objekty sú v neustálom pohybe. Pod týmto pojmom rozumieme nielen skutočnosť, že tieto objekty neustále menia s časom svoju polohu vzhľadom k určitému telesu, ale tiež zmeny ich vlastností a stavov (ktoré môžu prebiehať vo vnútornej štruktúre látok a polí). Možno teda povedať, že **obsahom fyziky je štúdium najvšeobecnejších vlastností, stavov a zmien hmotných objektov**.

Hmotné objekty existujú v priestore. Určitý priestor zaberá napríklad svojim objemom každé teleso, elektrické pole v okolí nabitého telesa, Vyššie spomenuté zmeny hmotných objektov prebiehajú v čase (napríklad zvukový signál potrebuje určitý čas na prejdienie vzdialenosti od zdroja k pozorovateľovi, zohriatie vody do bodu varu trvá určitý čas, ...). Preto možno povedať, že **priestor a čas sú formy existencie hmoty**.

Dôležité je, akými postupmi prichádzame vo fyzike k našim poznatkom. Poznáme tieto metódy:

1. **Pozorovanie** – sledovanie určitého javu v jeho prirodzených podmienkach, bez toho aby sme do priebehu javu akokoľvek zasahovali (pohyb padajúceho kameňa, blesky pri búrke, východ Slnka, ...).
2. **Experiment (pokús)** – sledovanie javu v umelo pripravených podmienkach v laboratóriu. Pri pokuse vyvoláme určitý jav umelo, meníme počiatočné podmienky a sledujeme vplyv týchto počiatočných podmienok na priebeh javu.

Ako príklad experimentu možno spomenúť púšťanie kameňa voľným pádom z rôznych výšok a pomocou zmerania výšky a času dopadu určujeme veľkosť tiažového zrýchlenia; súčasne s kameňom púšťame vtáčie pierko a snažíme sa zdôvodniť, prečo pierko dopadne neskôr ako kameň;

3. **Vytváranie hypotéz** – buď na základe pozorovania a experimentu alebo na základe základných znalostí daného javu vytvárame vedecky odôvodnenú predstavu o priebehu a príčinách skúmaného javu, ktorého pravdivosť overujeme.

Ak vyjadríme priebeh experimentu alebo pozorovania matematickými prostriedkami, vykonávame **fyzikálne meranie**. Ake v priebehu tohoto merania získame zákonitý vzťah medzi počiatočnými podmienkami a výsledkom pozorovania alebo experimentu, dochádzame k **fyzikálnemu zákonu**. Pozorovanie a pokus sú zdrojom tzv. empirického poznania, teda poznania založeného na skúsenosti (empírii).

Okrem empirických poznatkov pracuje fyzika aj s teoretickými poznatkami. To sú zákony a vzťahy medzi fyzikálnymi veličinami (to je „to“, čomu študenti bežne hovoria „vzorčeky“), ... získané len na základe teoretického odvodzovania, počítačových modelov a simulácií,

Pri overovaní hypotéz pracujeme často s myšlienkovými konštrukciami – modelmi (napríklad hmotný bod, tuhé teleso; grafy, diagramy, rovnice, ...), ktoré vyjadrujú len určité zjednodušené vlastnosti skúmaného javu. Overená hypotéza tvorí **fyzikálnu teóriu**. Vytváranie a overovanie hypotéz patrí k teoretickým metódam fyziky.

Fyziku delíme podľa pracovných metód na dve základné časti, ktoré sa ale vzájomne dopĺňujú o ovplyvňujú:

1. **Experimentálna fyzika** – vyvodzuje nové poznatky na základe pozorovania a experimentu.
2. **Teoretické fyzika** – vychádza z fyzikálnych teórií, na základe ktorých vyslovuje a overuje hypotézy.

Obe časti fyziky spolu súvisia. Ak objaví experimentálny fyzik neočakávaný dôsledok fyzikálneho javu, je nutné teoreticky vysvetliť, prečo k tomuto javu došlo. Ak odvodí teoretický fyzik určitú zákonitosť, je nutné ju overiť experimentálne. Teoretik môže v údajoch z experimentu nájsť chyby a upozorniť na nepresnosť merania; rovnako tiež môže experimentátor nájsť nesúlady v teórii.

Podľa povahy skúmaných javov delíme fyziku nasledovne:

1. Mechanika
2. Molekulová fyzika a termodynamika
3. Elektrizácia a magnetizmus
4. Optika
5. Kvantová fyzika
6. Atómová fyzika
7. Jadrová fyzika
8. Teória relativity
9. Astronómia a kozmológia
10. ...

Všetky tieto oblasti sa vzájomne prekrývajú a dopĺňujú. Nie je možné stanoviť presnú hranicu medzi nimi. S rozvojom fyzikálnej vedy naviac vznikajú fyzikálne odbory. Napríklad v 17. storočí položil anglický fyzik Isaac Newton základy (klasickej) mechaniky, na začiatku 20. storočia Albert Einstein ukázal, že newtonovská mechanika je len špeciálnym prípadom všeobecnejšej teórie: špeciálnej teórie relativity; a tá je špeciálnym prípadom všeobecnej teórie relativity.

Podľa veľkosti skúmaných objektov delíme fyziku na tieto odbory:

1. Fyzika mikrosvetu – poznatky z molekulovej fyziky, termodynamiky, kvantovej fyziky, atómovej a jadrovej fyziky.
2. Fyzika makrosvetu – poznatky o pevných, kvapalných a plynných látkach.
3. Fyzika megasvetu – poznatky o vesmíre.

Fyzika má veľký význam pre ostatné prírodné vedy (chémia, biológia, meteorológia, ...) a pre rozvoj techniky (elektrické spotrebiče v domácnostiach, prístrojové vybavenie laboratórií, dopravné prostriedky, oznamovacia technika, ...). Väzba fyziky a techniky je vzájomná – fyzika ovplyvňuje techniku, ale tiež sama využíva rôzne technické prostriedky pri svojej

výskumnej práci. Naviac stále rastú požiadavky techniky, inšpirujú fyziku k hľadaniu nových fyzikálnych zákonitostí (napríklad požiadavka na neustále rastúce kapacity pamätí, zmenšovanie rozmerov mobilných telefónov a zlepšovanie ich technológií, ...).

1.2 Fyzikálne veličiny a ich jednotky

Fyzikálne vlastnosti, stavy a zmeny hmotných objektov, ktoré je možné odmerať (napríklad objem, hmotnosť a teplota u pevných telies, rýchlosť pre telesá v pohybe, elektrický náboj pre nabité telesá, ...), vyjadrujeme **fyzikálnymi veličinami**.

Aby sme sa v jednotlivých fyzikálnych veličinách dobre orientovali, používame dohodnuté značky pre jednotlivé fyzikálne veličiny: napríklad objem V , hmotnosť m , teplota T , rýchlosť v , elektrický náboj Q , sila F , Značky vznikli väčšinou ako prvé písmeno z anglického názvu príslušnej fyzikálnej veličiny.

Merateľ fyzikálnu veličinu znamená určiť jej hodnotu. Tú určíme tak, že ju porovnáme s určitou vopred dohodnutou hodnotou veličiny rovnakého druhu, ktorú zvolíme za **meraciu jednotku (jednotku fyzikálnej veličiny)**. Táto jednotka predstavuje stálu a pevnú hodnotu veličiny, s ktorou potom porovnáваме veličiny rovnakého druhu. Výsledkom porovnania meranej fyzikálnej veličiny so zvolenou meracou jednotkou je číselná hodnota.

Číselná hodnota fyzikálnej veličiny udáva, koľkokrát je hodnota meranej veličiny väčšia ako zvolená meracia jednotka.

V skutočnosti je to jednoduchšie. Napríklad meracia jednotka dĺžky je meter. 1 meter je presne definovaný a je nemenný. Ak budeme chcieť určiť dĺžku stola, vezmeme dĺžkové meradlo. Pomocou neho – po jeho priložení k stolu – si na ňom prečítame, že stôl je dlhý 1,5 metra. A to je číselná hodnota fyzikálnej veličiny *dĺžka*; táto číselná hodnota hovorí, že dĺžka stola je 1,5krát väčšia ako jeden meter (meracia jednotka).

Hodnota fyzikálnej veličiny je určená číselnou hodnotou a príslušnou meracou jednotkou.
Hodnota fyzikálnej veličiny = číselná hodnota . jednotka

Ak je X hodnota fyzikálnej veličiny, $\{X\}$ jej číselná hodnota a $[X]$ meracia jednotka, platí:
 $X = \{X\}[X]$. Číselná hodnota $\{X\}$ označuje kvantitu (množstvo), meracia jednotka $[X]$ druh fyzikálnej veličiny, teda kvalitu (jednotku).

Ak platí napríklad pre veľkosť rýchlosti: $v = 15 \text{ m.s}^{-1}$, tak $\{v\} = 15$ a $[v] = \text{m.s}^{-1}$.

Číselná hodnota nemá sama o sebe žiaden zmysel, lebo hodnotu fyzikálnej veličiny môžeme vyjadriť v rôznych jednotkách. **Preto je NUTNÉ uvádzať číselnú hodnotu fyzikálnej veličiny vždy s jej jednotkou.**

Napríklad zápis $l = 25$ nemá zmysel (predpokladáme, že l označuje dĺžku). Nie je uvedená jednotka – hodnota môže byť $l = 25 \text{ mm}$ alebo $l = 25 \text{ cm}$ alebo $l = 25 \text{ m}$ alebo Zápis bez jednotiek nie je prípustný, lebo vedie k nejednoznačnosti.

1.3 Sústavy fyzikálnych veličín a jednotiek

Meracie jednotky je možné voliť pre rôzne fyzikálne veličiny ľubovoľne a navzájom nezávisle. Rozvoj fyziky ukázal, že niektoré veličiny spolu súvisia. Preto sa na začiatku 19. storočia fyzici snažili vytvoriť vhodne usporiadanú sústavu fyzikálnych veličín a zodpovedajúcu sústavu jednotiek. Zamedzilo sa značnej nejednotnosti, ktorá panovala pri používaní starých jednotiek. Napríklad existovalo niekoľko „laktov“, ktoré sa líšili v jednotlivých geografických oblastiach. Rozdiel bol síce minimálny, ale pri obchodovaní medzi rôznymi mestami alebo štátmi sa vyskytli problémy.

Pri vytváraní takejto sústavy sa vyberie niekoľko fyzikálnych veličín, ktoré sa považujú ďalej za základné, a k nim sa stanovujú príslušné základné jednotky. Všetky ostatné fyzikálne veličiny

(resp. jednotky) sa potom určujú na základe týchto základných veličín (resp. jednotiek). Tak kedysi vznikla sústava CGS, ktorej základom boli veličiny *dĺžka, hmotnosť a čas* a príslušnými jednotkami *centimeter, gram a sekunda*.

U nás a v ďalších európskych krajinách bola na základe medzinárodných dohôd zavedená a uzákonená **Medzinárodná sústava jednotiek** označovaná ako **SI** (Système International d'Unités). Používanie jednotiek sústavy SI umožňuje jednoduchú komunikáciu a spoluprácu pracovníkov z oblasti vedy a techniky z rôznych krají Európy a sveta.

Medzinárodne garantuje definície jednotiek a uchovanie etalónov Medzinárodný úrad pre miery a váhy v Sèvres vo Francúzsku. Na Slovensku je to Slovenský metrologický ústav. Jednotky, ktoré je možné na Slovensku používať, vrátane jednotiek SI, sú definované Vyhláškou Úradu pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR č. 206/2000 Z.z. o zákonných meracích jednotkách.

Medzinárodnú sústavu jednotiek tvoria tieto skupiny jednotiek:

1. **Základné jednotky SI** – sedem jednotiek: *m* - meter (dĺžka), *kg* - kilogram (hmotnosť), *s* - sekunda (čas), *A* - ampér (elektrický prúd), *K* - kelvin (termodynamická teplota), *mol* - mól (látkové množstvo), *cd* - kandela (svietivosť)

Meno	Symbol	Veličina	Definícia
meter	m	dĺžka	Meter je dĺžka dráhy, ktorú prejde svetlo vo vákuu za 1/299792458 sekundy (podľa 17. CGPM, 1983).
kilogram	kg	hmotnosť	Kilogram sa rovná hmotnosti medzinárodného prototypu kilogramu (platino - irídiový valec), ktorý je umiestnený v Medzinárodnom úrade pre miery a váhy (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM) v Paríži (podľa 1. CGPM, 1889). Povedzte si, že kilogram je <i>základná jednotka SI</i> s predponou; gram je definovaný ako odvodená jednotka, rovná 1/1000 kilogramu; predpony ako <i>mega</i> sa pridávajú ku gramu, nie kilogramu; napr. <i>Mg</i> , nie <i>Mkg</i> . Je to tiež jediná jednotka doteraz definovaná prototypom namiesto merateľného prírodného úkazu.
sekunda	s	čas	Sekunda je trvanie presne 9192631770 periód žiarenia, ktoré zodpovedá prechodu medzi dvoma hladinami veľmi jemnej štruktúry základného stavu cézia (¹³³ Cs) pri teplote 0 kelvinov (podľa 13. CGPM, 1967-1968).
ampér	A	elektrický prúd	Ampér je stály elektrický prúd, ktorý pri prechode dvoma priamymi rovnobežnými nekonečne dlhými vodičmi zanedbateľného kruhového prierezu, umiestnenými vo vákuu vo vzdialenosti 1 meter od seba, vyvolá silu 2×10^{-7} newtonu na 1 meter dĺžky vodičov (podľa 9. CGPM, 1948). Jednotka je pomenovaná podľa Andrého Maria Ampéra (1775-1836).
kelvin	K	termodynamická teplota	Kelvin je 1/273,16 termodynamickej teploty trojného bodu vody (podľa 13. CGPM, 1967). Jednotka je pomenovaná podľa Williama Thomsona lorda Kelvina (1824-1907).
mól	mol	látkové množstvo	Mól je látkové množstvo sústavy, ktorá obsahuje práve toľko elementárnych jedincov (entít), koľko je atómov v 0,012 kilogramu čistého uhlíka (¹² C) (podľa 14. CGPM, 1971). Pri udávaní látkového množstva treba elementárne častice (entity) špecifikovať; môžu to byť atómy, molekuly, ióny, elektróny, iné častice alebo bližšie určené zoskupenia častíc. Ide približne o $6,02214199 \times 10^{23}$ entít.
kandela	cd	svietivosť	Kandela je svietivosť zdroja, ktorý v danom smere vysiela monochromatické žiarenie s frekvenciou 540×10^{12} hertzov, a ktorého žiarivosť v tomto smere je 1/683 wattu na steradián (podľa 16. CGPM, 1979).

2. **Odvodené jednotky a doplnkové jednotky** – odvodzujú sa zo základných jednotiek pomocou definičných vzťahov zodpovedajúcich fyzikálnych veličín: $\frac{m}{s} = m \cdot s^{-1}$, $kg \cdot m^{-3}$, Niektoré z nich majú svoje názvy podľa význačných fyzikov – napríklad $N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$ (newton), $J = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$ (joule), Medzi odvodené jednotky patria tiež dve **doplnkové jednotky**: *rad* - radián (rovinný uhol), *sr* - steradián (priestorový uhol). Tieto dve dôležité jednotky nemožno vyjadriť pomocou základných jednotiek – považujeme ich za bezrozmerné.

Ak je napríklad α označenie rovinného uhlu, je možné písať $\alpha = \pi \cdot \text{rad}$, ale pri prepise do sústavy SI sa píše len $\alpha = \pi$, to znamená $[\alpha] = 1$.

Odvođené jednotky sa tvoria kombináciou základných jednotiek, kvôli dĺžke a zložitosti sa niektoré z nich označujú novým názvom. Príklad odvođených jednotiek: coulomb, kilogram na meter kubický, meter štvorcový, meter kubický, meter za sekundu, newton, ohm, pascal, volt, watt,

Jeden **Pascal** (značka **Pa**) je odvođená jednotka pre tlak tlaku podľa medzinárodnej sústavy SI.

$$[Pa] = \left[\frac{N}{m^2} \right] = [N \cdot m^{-2}] = \left[\frac{kg}{m \cdot s^2} \right] = [kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}]$$

Jeden Pa je tlak, ktorý vyvoláva sila 1 newtonu rovnomerne rozložená na rovinatej ploche s obsahom 1 m², kolmej k smeru sily. Jednotka bola pomenovaná po francúzskom matematikovi, fyzikovi a filozofovi Blaise Pascalovi za jeho experimenty s barometrom. Jednotka Pa sa používa na meranie tlaku, pevnosti v ťahu, pevnosti v tlaku.

Jeden **Newton** (značka **N**) je množstvo sily, ktoré udeľuje telesu s hmotnosťou 1 kilogram zrýchlenie 1 m·s⁻²

$$[N] = \left[kg \cdot \frac{m}{s^2} \right] = [kg \cdot m \cdot s^{-2}]$$

Jeden **Hertz** (**Hz**) je odvođenou jednotkou frekvencie v sústave SI. Jednotka je pomenovaná podľa profesora Heinricha Rudolfa Hertza, bádateľa v oblasti elektromagnetických vln. Jednotka vyjadruje, koľko pravidelných dejov sa odohrá za jednu sekundu. Jeden hertz

znamená „jeden krát za sekundu“ ($\frac{1}{s}$, s⁻¹). Jednotka sa môže použiť na popis ľubovoľného

periodického deja. V staršej literatúre sa môžete dočítať o cykloch.

Meno hertz bolo prijaté organizáciou CGPM (Conférence générale des poids et mesures) v roku 1960, nahradilo predchádzajúce meno tejto jednotky, *cyklus za sekundu* (cycles per second - cps), spolu s príslušnými násobkami (kilocykly, megacykly a tak ďalej). V bežnom použití nahradil Hertz meno *cykly za sekundu* do roku 1970.

Stupeň Celzia (značka **°C**) je vedľajšia jednotka teploty SI, ktorú v roku 1742 vytvoril švédsky astronóm Anders Celsius.

Celsius zaviedol dva pevné body:

- 100 °C pre teplotu tuhnutia vody,
- 0 °C pre teplotu varu vody

(obidva pri tlaku vzduchu 1 013,25 hPa).

Carl Linné stupnicu neskôr otočil a preto je dnes bod tuhnutia 0 °C a bod varu ° 100 °C.

Dnes je Celziova stupnica (ako vedľajšia jednotka sústavy SI) definovaná pomocou trojného bodu vody, ktorému je priradená teplota 0,01 °C a tým, že absolútna veľkosť jedného dielika teplotnej stupnice (1 °C) sa rovná 1 K.

Kelvinova stupnica

$$[^{\circ}C] = [K] - 273,15 ; [K] = [^{\circ}C] + 273,15$$

kde K je teplota v kelvinoch, C je teplota v stupňoch Celzia.

Fahrenheitova stupnica

$$[^{\circ}F] = \left[\frac{9 \cdot ^{\circ}C}{5} + 32 \right] ; [^{\circ}C] = \left[\frac{5 \cdot (^{\circ}F - 32)}{9} \right]$$

kde F je teplota v stupňoch Fahrenheita, C je teplota v stupňoch Celzia.

Radián (**rad**) je v sústave SI jednotka rovinného uhla. Patrí medzi doplnkové jednotky SI.

Radián je definovaný ako *rovinný uhol, ktorý s vrcholom v strede kružnice vytína na obvode tejto kružnice oblúk dĺžky rovnajúcej sa jej polomeru*. Keďže obvod tejto kružnice je $2\pi r$, uhol, ktorý jeden raz "obtáča" kružnicu, má veľkosť 2π .

Radián je bezrozmerný, lebo $[1\text{rad}] = \left[\frac{m}{m} \right] = [1]$. Je dôležité rozlišovať medzi bezrozmernými

hodnotami rôzneho druhu, takže sa v praxi používa symbol "rad", kdekoľvek to je vhodné. Ak nie sú explicitne udané jednotky uhlov, vo vedeckej teórii i praxi sa predpokladá použitie oblúčovej miery, teda hodnoty uhlov sú v radiánoch. Uhly v stupňoch sa odlišujú používaním symbolu $^{\circ}$ (stupeň).

Príkladom odvodennej jednotky obsahujúcej radián je uhlová rýchlosť, ktorá má rozmer $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$, resp. len s^{-1} .

Meranie uhla v oblúčovej miere - radiánoch

Uhol môžeme merať pomocou rôznych jednotiek. V každodennej praxi zvykneme veľkosť uhla vyjadrovať pomocou jednotiek stupeň ($^{\circ}$). Z geometrie vieme, že plný uhol má 360° , priamy uhol 180° , pravý uhol 90° .

Vo fyzike pracujeme s *oblúčovou mierou uhla*, v ktorej je jednotkou uhla „radián“ (značka rad).

$$\varphi = \frac{s}{r} \text{ [rad]}$$

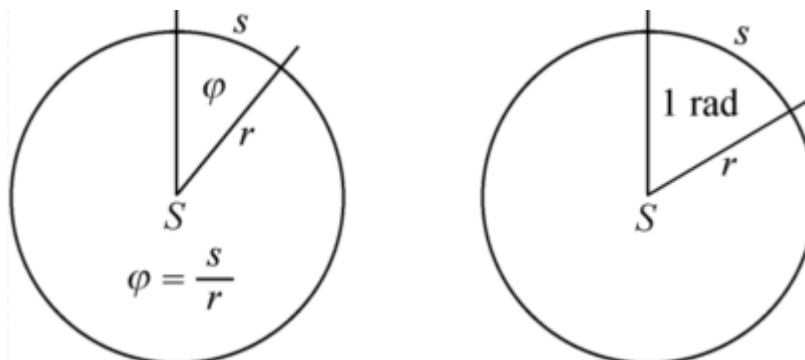
Uhol v oblúčovej miere vyjadríme ako podiel dĺžky oblúka a polomeru kružnice. Pre plný uhol (360° v stupňovej miere) platí

$$\text{Plný uhol [v stupňoch]} \approx \frac{\text{Obvod kružnice „s“}}{\text{Polomer kružnice „r“}} \text{ [rad]}$$

Príklad: 360° [v stupňoch] zodpovedá 2π [v radiánoch]

180° [v stupňoch] zodpovedá π [v radiánoch]

90° [v stupňoch] zodpovedá $\frac{\pi}{2}$ [v radiánoch]



K definícii uhla v oblúčovej miere: Radián je stredový uhol, ktorého ramená vymedzia na obvode kružnice oblúk, ktorého dĺžka sa rovná polomeru kružnice $r = s$.

Steradián (sr) je v sústave SI jednotka priestorového uhla. Názov je odvodený z gréckeho *stereos* – pevný, priamy.

Steradián je definovaný ako „priestorový uhol, ktorý s vrcholom v strede gule vytína na povrchu tejto gule plochu s obsahom rovnajúcim sa druhej mocnine polomeru gule.“ Keďže plocha tejto gule je $4\pi r^2$, definícia implikuje, že guľa meria 4π steradiánov.

Steradián je bezrozmerný, lebo $1\text{sr} = \frac{m^2}{m^2} = 1$. Je ale užitočné rozlišovať medzi bezrozmernými

hodnotami rôzneho druhu, takže sa v praxi symbol používa symbol „sr“, kdekoľvek to je vhodné, namiesto odvodennej jednotky „1“ alebo žiadnej jednotky. Príklad odvodennej jednotky je intenzita žiarenia sa dá merať vo wattoch na steradián ($\text{W} \cdot \text{sr}^{-1}$).

3. **Násobky a diely jednotiek** – tvoria sa zo základných a odvodených jednotiek pomocou mocnín so základom 10. Prehľad predpôn násobkov a dielov jednotiek je uvedený v tabuľke. V niektorých prípadoch je možné tiež použiť predpôn *centi-* (s

$$1\text{cm} = 0,01 \quad , \quad 1\text{dm} = 0,1\text{m} \quad , \quad 1\text{hl} = 100\text{l} \quad .$$

Pozor! Je tu jedna výnimka: kilogram je základná jednotka, nie násobok základnej jednotky (príslušná násobná jednotka je *1tona* - pozri vedľajšie jednotky).

skr.	názov	pôvod	hodn.	hodnota	názov
Y	yotta	tal. <i>otto</i> = osem	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000	kvadrilión
Z	zetta	tal. <i>sette</i> = sedem	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000	triliarda
E	exa	gr. <i>εξάκις, hexákis</i> = šesťkrát	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000	trilión
P	peta	gr. <i>pentákis</i> = päťkrát	10^{15}	1 000 000 000 000 000	biliarda
T	tera	gr. <i>τέρας, téras</i> = tetrákis = štyrikrát	10^{12}	1 000 000 000 000	bilión
G	giga	gr. <i>γίγας, gígas</i> = obrovský	10^9	1 000 000 000	miliarda
M	mega	gr. <i>μέγας, mégas</i> = veľký	10^6	1 000 000	milión
k	kilo	gr. <i>χίλιοι, chílioi</i> = tisíc	10^3	1 000	tisíc
h	hekto	gr. <i>εκατόν, hekatón</i> = sto	10^2	100	sto
da	deka	gr. <i>δέκα, déka</i> = desať	10^1	10	desať
-	----		10^0	1	jeden
d	deci	lat. <i>decimus</i> = desatina	10^{-1}	0,1	desatina
c	centi	lat. <i>centesimus</i> = stotina	10^{-2}	0,01	stotina
m	mili	lat. <i>millesimus</i> = tisícina	10^{-3}	0,001	tisícina
μ	mikro	gr. <i>μικρός, mikrós</i> = malý	10^{-6}	0,000 001	milióntina
n	nano	gr. <i>νάνος, nános</i> = trpaslík	10^{-9}	0,000 000 001	miliartina
p	piko	tal. <i>piccolo</i> = malý	10^{-12}	0,000 000 000 001	bilióntina
f	femto	škand. <i>femton</i> = pätnásť	10^{-15}	0,000 000 000 000 001	biliartina
a	atto	škand. <i>arton</i> = osemnásť	10^{-18}	0,000 000 000 000 000 001	trilióntina
z	zepto	lat. <i>septem</i> = sedem	10^{-21}	0,000 000 000 000 000 000 001	triliartina
y	yokto	lat. <i>octo</i> = osem	10^{-24}	0,000 000 000 000 000 000 000 001	kvadrilióntina

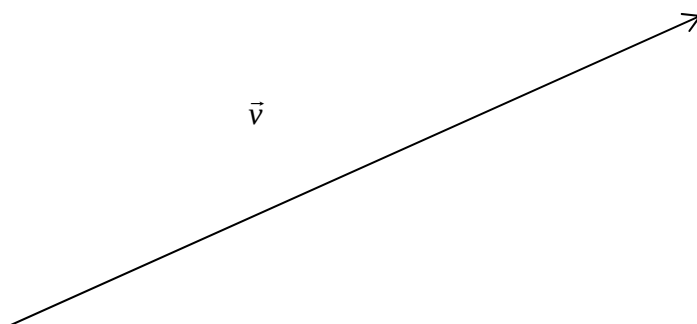
4. **Vedľajšie jednotky** – ich používanie je dovolené príslušnou technickou normou, aj keď do sústavy SI nepatria. Povolenie bolo udelené z praktických dôvodov. Jedná sa napríklad o tieto jednotky: minúta (min), hodina (h), liter (l), tona (t), Pri výpočtoch ich prepočítavame na jednotky sústavy SI.

Skaláry a vektory

Skalár je fyzikálna veličina, ktorá je charakterizovaná iba veľkosťou, je to číslo. Príkladom skalárov sú dĺžka, čas, teplota, hmotnosť, hustota, energia, moment zotrvačnosti, atď.

Vektor je fyzikálna veličina, ktorá má veľkosť aj smer. Vektormi sú napr. rýchlosť, moment hybnosti, intenzita elektrického poľa, uhlové zrýchlenie, atď. Geometricky vektor znázorňujeme rovnou čiarou so šípku na jej jednom konci. Dĺžka čiary udáva veľkosť vektora, jej smer udáva smer vektora v priestore a šípka udáva jeho orientáciu.

Ak vektor premiestnime bez zmeny jeho veľkosti, smeru a orientácie, je to stále ten istý vektor.



Skalárni a vektorové fyzikální veličiny

Veličiny, s nimiž se setkáváme při studiu fyziky, je možné rozdělit do dvou základních skupin:

1. skalární fyzikální veličiny (skaláry) - jsou fyzikální veličiny, které jsou plně určeny jen číselnou hodnotou a měřicí jednotkou. Mezi skaláry patří např. hmotnost, čas, délka, objem, teplota, ...
2. vektorové fyzikální veličiny (vektory) - jsou fyzikální veličiny, k jejichž úplnému určení je nutno znát nejen jejich číselnou hodnotu a měřicí jednotku, ale i směr - např. rychlost, zrychlení, síla, ...

Vektorové fyzikální veličiny zobrazujeme geometricky orientovanou úsečkou, jejíž délka znázorňuje velikost vektoru (tj. hodnotu veličiny), její orientace pak směr vektoru.

U vektorových fyzikálních veličin je třeba rozlišovat veličinu jako takovou a její velikost. Tvzení „Rychlost auta je 50 km h^{-1} “ je z fyzikálního hlediska nesmyslné! Správně je „Velikost rychlosti auta je 50 km h^{-1} “. Rychlost je totiž vektorová veličina a číselnou hodnotu má jen velikost! Směr číselnou hodnotu nemá!

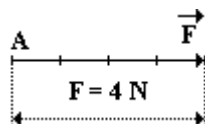
Fyzikální veličiny mohou být i záporné - a to i takové, u kterých to není běžné. Znaménko „mínus“ má totiž ve fyzice i trochu jiný význam než v matematice. Zvláště u vektorových fyzikálních veličin. Vyjde-li velikost vektorové fyzikální veličiny záporná, znamená to, že vektor této veličiny míří opačným směrem, než jsme předpokládali, než byl zobrazen v obrázku, ... Při měření této veličiny příslušným přístrojem, bychom získali velikost veličiny kladnou.

Např. teplota -10°C je v pořádku a snad každý s ní má zkušenost. Když se ale objeví, že velikost rychlosti je -50 km h^{-1} , může to na první pohled vypadat podivně. Ve skutečnosti je to v pořádku, pokud si uvědomíme, že rychlost jako taková je vektorová fyzikální veličina. Informace $v = -50 \text{ km h}^{-1}$ říká, že velikost rychlosti pohybu hmotného bodu je 50 km h^{-1} , ale hmotný bod se pohybuje opačným směrem, než jsme předpokládali, než druhý hmotný bod, ...

Operace s vektory

Uvažujme například vektor síly $\vec{F}$. Na obr. 1 je znázorněna síla $\vec{F}$ o velikosti 4 N. Tuto skutečnost zapisujeme zápisem: $|\vec{F}| = F = 4 \text{ N}$. Velikost každého vektoru je skalár.

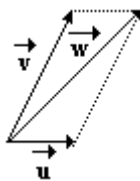
Počáteční bod vektoru (bod A) určuje umístění vektoru, přímka procházející počátečním a koncovým bodem se nazývá **vektorová přímka**.



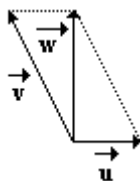
Obr. 1

S vektory lze provádět některé matematické operace:

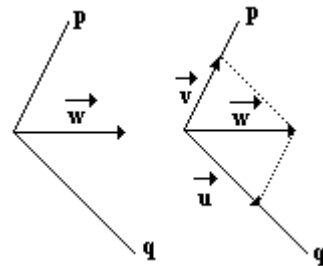
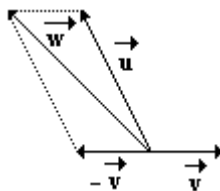
1. násobení vektoru $\vec{v}$ nenulovým reálným číslem k (skalárem) - výsledný vektor $k\vec{v}$ je k -násobkem původního vektoru $\vec{v}$. Výsledný vektor je rovnoběžný s původním vektorem $\vec{v}$ a má stejný směr jako vektor $\vec{v}$, je-li k kladné. Pokud je k záporné, je výsledný vektor orientován opačně. Velikost výsledného vektoru je $|k\vec{v}| = |k| |\vec{v}|$.
2. sčítání dvou vektorů - ve fyzice má jisté omezení: sčítat lze jen fyzikální veličiny téhož druhu (např. nelze sčítat sílu a rychlost, ...). Součet dvou různoběžných vektorů $\vec{u}$ a $\vec{v}$ - vektor $\vec{w}$ - sestojíme jako úhlopříčku vektorového rovnoběžníku, jehož strany tvoří vektory $\vec{u}$ a $\vec{v}$. Výsledek vektorového sčítání závisí nejen na velikosti jednotlivých vektorů, ale také na jejich směrech, tj. na úhlu, který oba vektory svírají (viz obr. 2). Jsou-li vektory $\vec{u}$ a $\vec{v}$ rovnoběžné, stačí např. vektor $\vec{u}$ přenést na vektorovou přímku vektoru $\vec{v}$ tak, aby počáteční bod vektoru $\vec{u}$ byl totožný s koncovým bodem vektoru $\vec{v}$.
3. rozdíl vektorů - platí stejné omezení jako u sčítání vektorů: opět lze odčítat pouze fyzikální veličiny stejného druhu. Rozdíl $\vec{u} - \vec{v}$ různoběžných vektorů $\vec{u}$ a $\vec{v}$ sestojíme tak, že k vektoru $\vec{u}$ přičteme vektor opačný k vektoru $\vec{v}$, tj. provedeme operaci $\vec{u} - \vec{v} = \vec{u} + (-\vec{v})$ (viz obr. 3). V případě rovnoběžných vektorů se jejich rozdíl provádí analogicky jako jejich součet.
4. rozklad vektoru do dvou daných směrů - operace, která se ve fyzice používá velice často. V tomto případě hledáme dva takové vektory, které leží v daných směrech a jejichž vektorovým součtem dostaneme zadaný vektor. Máme-li např. vektor $\vec{w}$ rozložit do směrů daných polopřímkami p a q , (viz obr. 4), uvědomíme si, že při sčítání dvou vektorů (dva nalezené vektory musí po sečtení dát vektor $\vec{w}$) využíváme vektorového rovnoběžníku. V tomto případě postupujeme „odzadu“: koncovým bodem vektoru $\vec{w}$ vedeme rovnoběžky s polopřímkami p , q . Průsečíky sestrojených rovnoběžek s polopřímkami p a q určí koncové body hledaných vektorů $\vec{u}$ a $\vec{v}$. Vektor $\vec{w}$ jsme tedy rozložili na dvě složky $\vec{u}$ a $\vec{v}$, pro něž platí: $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$.



Obr. 2



Obr. 3

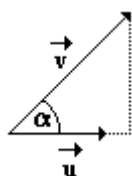


Obr. 4

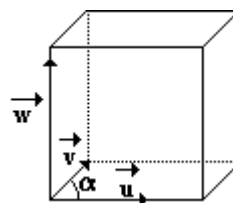
Ve fyzice se používají ještě další dvě operace s vektory. A to skalární a vektorový součin.

Skalární součin dvou vektorů $\vec{u}$ a $\vec{v}$ je definován takto: $\vec{u} \cdot \vec{v} = u_1 v_1 + u_2 v_2 + u_3 v_3$, kde příslušné vektory mají souřadnice $\vec{u} = (u_1, u_2, u_3)$ a $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3)$. Skalární součin je možné určit také vztahem $\vec{u} \cdot \vec{v} = |\vec{u}| |\vec{v}| \cos \alpha$, kde α je úhel, který tyto vektory svírají. Jedná se vlastně o součin velikosti jednoho z vektorů a kolmého průmětu druhého vektoru do směru prvního vektoru (viz obr. 5). Výsledkem skalárního součinu dvou vektorů je tedy číslo. Budou-li vektory $\vec{u}$ a $\vec{v}$ nenulové, pak $\vec{u} \cdot \vec{v} = 0$ v případě, že vektory jsou na sebe vzájemně kolmé, $\vec{u} \cdot \vec{v} > 0$ jestliže příslušné vektory svírají ostrý úhel a $\vec{u} \cdot \vec{v} < 0$ v případě, že svírají úhel tupý. Skalární součin lze aplikovat i na dva vektory v rovině.

Vektorový součin dvou vektorů $\vec{u}$ a $\vec{v}$ (viz obr. 6) $\vec{u} \times \vec{v} = \vec{w}$ je opět vektor, který je definován takto: $\vec{w} \perp \vec{u} \wedge \vec{w} \perp \vec{v}$, velikost $|\vec{w}|$ vektoru $\vec{w}$ je číselně rovna obsahu rovnoběžníku určeného vektory $\vec{u}$ a $\vec{v}$, tj. $|\vec{w}| = |\vec{u}| |\vec{v}| \sin \alpha$ (α je úhel, který svírají vektory $\vec{u}$ a $\vec{v}$) a $\vec{w}$ je orientován vůči rovině vektorů $\vec{u}$ a $\vec{v}$ podle pravidla pravé ruky. Souřadnice vektoru $\vec{w}$ jsou: $\vec{w} = (u_2 v_3 - u_3 v_2, u_3 v_1 - u_1 v_3, u_1 v_2 - u_2 v_1)$, kde $\vec{u} = (u_1, u_2, u_3)$ a $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3)$. Platí-li: $\vec{v} = k\vec{u}, k \in \mathbb{R} - \{0\}$, pak $\vec{w} = \vec{u} \times \vec{v} = \vec{u} \times k\vec{u} = 0$. Další podstatnou vlastností je $\vec{w} = \vec{u} \times \vec{v} = -\vec{v} \times \vec{u}$, tj. uvedená operace mezi vektory není komutativní. Vektorový součin je definován pouze pro dva vektory ze 3D prostoru.



Obr. 5



Obr. 6

Metody měření fyzikálních veličin

Měření je soubor činností, jejichž cílem je stanovit hodnotu měřené fyzikální veličiny. Způsob, kterým měření provádíme, se nazývá **metoda měření**. Každá metoda měření je založena na určitém **měřicím principu** - např. měření teploty je založeno na principu teplotní roztažnosti kapalin (resp. termoelektrický jev), měření síly siloměrem je založeno na závislosti prodloužení pružiny na působící síle, ...

Stejnou fyzikální veličinu je možné měřit různými způsoby, různými metodami. Kterou zvolíme pro konkrétní případ, závisí na druhu a povaze měřené veličiny a na tom která měřidla použijeme.

Metody měření je možné rozdělit do několika skupin:

1. přímé - metody, u nichž zjišťujeme hodnotu fyzikální veličiny přímo odečtením na stupnici použitého měřidla - měření teploty teploměrem, měření délky milimetrovým měřidlem, měření odporu kovového vodiče ohmmetrem ...
2. nepřímé - metody, u nichž hodnotu fyzikální veličiny stanovíme na základě určitého fyzikálního vztahu z hodnot jiných veličin (změřených jinou metodou)

Např. měřením hmotnosti m tělesa a jeho objemu V a výpočtem podle vztahu $\rho = \frac{m}{V}$ lze určit hustotu tělesa; měřením proudu I protékajícího kovovým vodičem a napětí U mezi konci tohoto vodiče lze určit pomocí vztahu $R = \frac{U}{I}$ odpor kovového vodiče; ...

Jiným dělením dostáváme metody:

1. absolutní - metody poskytující hodnotu měřené veličiny přímo v příslušné jednotce - čas v sekundách, hmotnost v kilogramech, elektrický proud v ampérech, ...
2. relativní (srovnávací) - měření spočívá v porovnání měřené veličiny s danou známou hodnotou veličiny téhož druhu, s tzv. normálem (etalonem). Normály jsou závaží, délková měřidla, ...

Existují i další typy metody měření:

1. statické - hodnotu měřené veličiny určujeme z klidového stavu měřidla

Např. měření délky, ...

2. dynamické - založeny na pohybových změnách měřícího zařízení

Např. určení tuhosti pružiny - na siloměr zavěsíme závaží známé hmotnosti, to rozkmitáme, změříme dobu kmitu a tuhost poté dopočítáme dle příslušného vztahu; ...

3. substituční - měřený objekt postupně nahrazujeme normály až dosáhneme na použitém měřidle stejného účinku jako u měřeného objektu

Např. měření odporu rezistoru - rezistor neznámého odporu postupně nahrazujeme rezistory známých odporů, až obvodem prochází stejný elektrický proud jako při zapojení rezistoru o neznámém odporu; ...

4. kompenzační metody - účinek měřeného objektu vyrovnáváme (kompenzujeme) stejně velkým účinkem normálu, ale opačného znaménka

Např. vážení na rovnoramenných vahách, ...

Při měření postupujeme zpravidla ve třech krocích:

1. příprava měření - seznámit se s poznatky, které se týkají měřené veličiny, zvolit vhodný postup měření a odpovídající metodu měření, vybrat potřebná měřidla a naučit se s nimi pracovat, zvážit vnější podmínky a jejich případný vliv na výsledky měření (teplota a tlak vzduchu, mechanické otřesy, tření, ...), naplánovat postup měření, ...
2. vlastní měření
3. zpracování výsledků měření

(dokument je nedokončený)