

1 Úvod

1.1 Obsah a rozdělení fyziky

Fyzika je přírodní věda, tedy věda, která zkoumá přírodní jevy a zákonitosti a vytváří teorie o celku přírody i o jejích jednotlivých oblastech. Její název je odvozen od řeckého slova fyzis (příroda). V minulosti byla vědou o živé i neživé přírodě, tj. souhrnem všech přírodních věd. Postupným hromaděním poznatků při současném rozvoji metod zkoumání a diferenciaci objektů zkoumání se z fyziky oddělily biologie, geologie, chemie a další vědy.

Fyzika zkoumá základní přírodní jevy, obecné vlastnosti látek a polí, vyšetřuje jejich příčinné souvislosti a objasňuje jejich zákonitosti. Získané poznatky umožňují přejít k obecným kvantitativním zákonům, které se logicky třídí tak, aby z nich dedukcí vyplývaly dané jevy a aby byly též využitelné i v jiných vědních oborech.

V minulosti se poznatky o přírodě získávaly pozorováním přírodních dějů, tj. dějů probíhajících samovolně, bez lidského zásahu. Později fyzika přešla též ke studiu dějů, probíhajících za podmínek experimentátorem cílevědomě připravených nebo i měněných; tyto děje se nazývají experimenty čili pokusy. Získané výsledky experimentů fyzika analyzuje, klasifikuje a syntézou (shrnutím) skupin souvisejících poznatků dospívá k obecným závěrům. Výsledek tohoto postupu od jednotlivých případů k obecným závěrům (tj. zobecněním, abstrakcí), zvaném indukci, fyzika formuluje jako fyzikální zákon.

Klasická fyzika obvykle zahrnuje fyzikální poznatky získané do konce 19. století, především klasickou mechaniku, akustiku, elektrodynamiku, termodynamiku a optiku.

První dochovaná kniha pod názvem „Fyzika“ pochází ze 4. stol. př. n. l. a jejím autorem je Aristoteles. I když její myšlenky zcela neodpovídají dnešním poznatkům, úvahy o pohybech a hmotě byly základem pro další rozvoj fyziky. Za velkého fyzika můžeme považovat bezesporu Archiméda, který přinesl první exaktní poznatky o staticce kapalin a těles, pokoušel se určit vesmírné vzdálenosti a využíval k tomu efektivně matematiky.

Nový pohled na fyzikální jevy přinesli v 16. a 17. století M. Koperník, po něm G. Galilei, J. Kepler a vše dovršil I. Newton vytvořením ucelené teorie mechanických pohybů a gravitačního působení. Největší popularitě se i mezi laickou veřejností v 18. století těšilo zkoumání elektrických a magnetických jevů (například Ch. Coulomb, A. Volta). V 19. století dochází k pochopení zákonů elektromagnetismu hlavně díky M. Faradayovi, na něhož navázal J.C. Maxwell. Maxwellova teorie sjednocuje popis jevů náležejících dosud optice, elektřině a magnetismu.

Koncem 19. a počátkem 20. století dochází k objevu radioaktivity, rentgenových paprsků a díky tomu se otevřel další obrovský prostor pro výzkum atomů a subatomárních částic. Bylo nutno spojit nové poznatky mechaniky, elektromagnetismu a statistické fyziky a přihlídnout přitom k novým objevům.

1. ÚVOD

Jedna část výzkumu vycházela ze zjištění, že atomy, jejich jádra nebo elementární částice se chovají úplně jinak než planety, hvězdy a galaxie. To bylo zcela nové a zásadní pro další vývoj moderních technologií. M. Planck, E. Schrödinger, W. Heisenberg a další fyzikové přišli se zcela novými poznatky a novou kapitolou fyziky – kvantovou fyzikou a při tom objevili řadu zvláštností a paradoxů, které nás dodnes nepřestávají udivovat.

Druhou z cest byla formulace speciální (1905) a později obecné teorie relativity (1915) A. Einsteinem. Popsal gravitaci jako projev zakřivení prostoročasu a otevřel tím cestu k modernímu zkoumání vývoje vesmíru a jeho objektů. Existence gravitačních vln, kterou předpověděl, byla potvrzena v roce 2016.

S rozvojem kvantové fyziky dochází i k rozvoji různých technologií, které nacházejí široké uplatnění v dalším výzkumu i v běžném životě. Jsou to například nanotechnologie, jejichž počátek můžeme datovat od známého výroku Richarda Feynmana „There is plenty of room on the bottom“, („Tam dole je spousta místa“), který vyslovil 29. prosince 1959 na ročním setkání Americké společnosti fyziků na Kalifornském Institutu technologií (Caltech). Touto úvahou rozpoutal snahu fyziků v oblasti zkoumání materiálů na úrovni nanometrů. Nanotechnologie se uplatňují v mnoha oborech lidské činnosti od automobilového a leteckého průmyslu po lékařství, stavebnictví a informační technologie. Aby fyzikové mohli tento obor rozvíjet, je samozřejmě třeba posunout i hranice jiných oborů, například mikroskopie. Prvním zařízením, které v umělo „vidět“ atomy, byl elektronový mikroskop, který byl zkonstruován už v roce 1931. Dalším pokrokem v pozorování atomů bylo sestrojení tzv. rastrovacího tunelovacího mikroskopu a mikroskopu atomárních sil (80. léta 20. století).

Současný stav fyziky lze shrnout tak, že existuje tzv. „standardní model“ dobře popisující vlastnosti elementárních částic a jejich elektromagnetických, slabých a silných interakcí. Cílem je ale dojít k hlubšímu sjednocení, zahrnujícímu i gravitační interakci, což by znamenalo sjednocení kvantové teorie nejen se speciální, ale i s obecnou teorií relativity. To by znamenalo, že i prostor a čas fungují v rámci kvantových principů.

Fyzikální veličiny a jejich jednotky

Fyzikální veličina je pojem používaný ke kvalitativnímu i kvantitativnímu popisu fyzikálních jevů, stavů nebo jejich vlastností. Je jednoznačně určena svojí velikostí a fyzikální jednotkou. Fyzikální veličiny zapisujeme ve tvaru:

$$X = \{X\} [X], \quad (1.1)$$

kde X je symbol fyzikální veličiny, $\{X\}$ je číselná hodnota a $[X]$ je její jednotka.

V historii bylo k popisu veličin používáno mnoho různých jednotek, z nichž některé jsou platné dodnes (například stopa, palec, míle). Z praktických důvodů bylo na základě mezinárodních dohod postupně vybráno sedm vzájemně nezávislých veličin, které se nazývají základní veličiny a byly

1. ÚVOD

definovány jejich jednotky, nazvané základní jednotky. Ty byly zvoleny za základ Mezinárodní soustavy jednotek SI (Système International d'Unités).

Tabulka 1.1 Základní veličiny a základní jednotky soustavy SI

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

Přehled základních veličin a jejich jednotek je uveden v tabulce 1.1. Všechny ostatní veličiny nazýváme odvozené veličiny a jejich jednotky odvozené jednotky.

Soustava jednotek SI založená na těchto sedmi základních jednotkách byla zavedena v roce 1960 na 11. Všeobecné konferenci o mírách a váhách (CGPM). Sedmá základní jednotka, mol, byla přijata až na 14. konferenci CGPM v roce 1971. Definice jednotek se samozřejmě s rozvojem přesnosti měření postupně vyvíjely. V roce 1983 byla definice metru provázána s rychlostí světla ve vakuu a rychlost světla byla zafixována na hodnotě $299\,792\,458\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zafixování rychlosti světla byl krok, který vyvolal otázky, zda by nešlo zafixovat i některé další základní konstanty a pomocí nich definovat základní jednotky. Návrh byl motivován hlavně předefinováním kilogramu (a prostřednictvím jeho i molu, kelvinu a ampéru a jejich vazby na hmotný etalon). Otázky vyvolaly diskuzi probíhající několik desetiletí. Ta nakonec vyústila v koncept nové soustavy jednotek SI přijatý v roce 2011 na 24. konferenci, který byl přijat v roce 2018 na 26. konferenci CGPM a začal platit od 20.5.2019. Jednotky jsou odvozeny od pevně zafixovaných základních konstant:

- frekvence záření, které vzniká při přechodu atomu ^{133}Cs mezi dvěma energetickými hladinami velmi jemné struktury základního stavu: $\Delta f_{\text{Cs}} = 9\,192\,631\,770\,\text{Hz}$
- rychlost světla ve vakuu: $c = 299\,792\,458\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Planckova konstanta: $h = 6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34}\,\text{J}\cdot\text{s}$
- elementární náboj: $e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}\,\text{C}$
- Boltzmannova konstanta: $k = 1,380\,649 \cdot 10^{-23}\,\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$
- Avogadrova konstanta: $N_A = 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$
- světelná účinnost monochromatického záření o frekvenci 540 THz: $K_{\text{cd}} = 683\,\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$

1. ÚVOD

Odvozené veličiny, odvozené jednotky

Vztah mezi fyzikálními veličinami můžeme zapsat pomocí písmenných značek veličin. Definiční veličinová rovnice je rovnice, která definuje odvozenou fyzikální veličinu pomocí ostatních veličin téže soustavy.

Příklad: průměrná rychlost

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t} \quad (1.2)$$

Odvozenou veličinu průměrnou rychlost v definujeme pomocí dvou základních veličin, délky Δl a času Δt . Vyjadřování veličin (někdy říkáme též hodnot veličin) ve tvaru (1.1) je nutno dodržovat nejen v údajích veličin, např. délky dráhy $\Delta l = 20 \text{ m}$, času $\Delta t = 5 \text{ s}$, ale i při počítání s nimi. Při výpočtu průměrné rychlosti z těchto údajů podle rovnice (1.2) uvedeme všechny číselné údaje vždy s příslušnými jednotkami

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{20 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 4 \text{ m.s}^{-1} \quad (1.3)$$

Veličinová rovnice (1.2) udává současně vztah jak mezi číselnými hodnotami veličin, tak i vztah mezi jednotkami. Každý z těchto dílčích vztahů lze vyjádřit samostatně, a to rovnicí číselných hodnot

$$v = \frac{\{\Delta l\}}{\{\Delta t\}} = \frac{20}{5} = 4, \quad (1.4)$$

a zároveň i rovnicí jednotkovou

$$[v] = \frac{[\Delta l]}{[\Delta t]} = \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m.s}^{-1}. \quad (1.5)$$

Odvozené jednotky SI jsou odvozeny ze základních jednotek SI pomocí jednotkových rovnic, vyplývajících z definičních rovnic a známých zákonů pro příslušné veličiny, a to tak, že v jednotkové rovnici (odvozené) veličiny se dosadí značky jednotek příslušných veličin

Příklad: Pro velikost zrychlení a síly určíme jejich jednotku

$$[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{\text{m.s}^{-1}}{\text{s}} = \text{m.s}^{-2}$$

$$[F] = [m] \cdot [a] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{newton} = \text{N}.$$

1. ÚVOD

Tabulka 1.2 Předpony SI

<i>Předpona</i>			<i>Předpona</i>		
Název	Značka	Poměr k hlavní jednotce	Název	Značka	Poměr k hlavní jednotce
exa	E	10^{18}	mili	m	10^{-3}
peta	P	10^{15}	mikro	μ	10^{-6}
tera	T	10^{12}	nano	n	10^{-9}
giga	G	10^9	pico	p	10^{-12}
mega	M	10^6	femto	f	10^{-15}
kilo	k	10^3	atto	a	10^{-18}
+ další používané násobky					
hekto	h	10^2	deci	d	10^{-1}
deka	da	10^1	centi	c	10^{-2}

Soustavu jednotek SI doplňují dvě doplňkové jednotky a to: jednotka rovinného úhlu radián (rad) a jednotka prostorového úhlu steradián (sr). Podle uvážení lze tyto jednotky použít nebo nepoužít ve výrazech pro odvozené jednotky SI. Například jednotku úhlové rychlosti lze vyjádřit jako $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ nebo jen s^{-1} . Z výchozích jednotek, tj. ze základních jednotek SI a všech odvozených jednotek SI se zvláštními názvy, se pomocí předpon SI a jejich značek tvoří násobky a díly jednotek (tab. 1.2). Každá z těchto předpon se spojuje s názvem výchozí jednotky v jedno slovo a označuje její násobek nebo díl. Jeho značka vznikne připojením (bez mezer) značky předpony SI před značku výchozí jednotky, např. kW (kilowatt).