



Výfučení: Podivné fyzikální jednotky

Většina fyziků dnes používá soustavu fyzikálních jednotek SI. Ačkoliv má tato soustava mnoho výhod, v některých vědeckých oborech se ke známým jednotkám přidávají také další, poněkud zvláštní jednotky. Nejdříve si připomeneme, co je soustava SI, a pak si některé netradiční jednotky představíme.

Soustava SI

Mezinárodní soustava jednotek SI (z francouzského „Système International“) čítá celkem sedm základních jednotek: metr (délka), sekunda (čas), kilogram (hmotnost), kelvin (teplota), ampér (elektrický proud), kandela (svítivost) a mol (látkové množství). Násobky jednotek vznikají přidáním předpony (kilometr = 1 000 m, milikelvin = 0,001 K) a dále odvozené jednotky vznikají kombinací základních jednotek (newton, volt, joule).

Pomocí jednotek systému SI lze popsat libovolnou fyzikální veličinu. Někdy je však jejich použití nepraktické, neboť přírodní děje fungují na velmi širokých délkových a časových měřítkách.

Délkové jednotky

Základní jednotkou soustavy SI je metr. Pro většinu lidí metr a jeho násobky dostatečně pokrývají všechny potřebné délkové škály. Nejmenší potřebné délky měříme v nanometrech, pouze několik atomů měří 1 nm. Ty největší zase měříme v kilometrech (například obvod Země je asi 40 000 km).

Fyzici někdy potřebují popsat ale i vzdálenosti mnohem menší než 1 nm a také mnohem větší než 1 km. Není proto divu, že jsou zdefinovány a používány i další délkové jednotky.

Subatomární vzdálenosti

V mikrosvětě se pracuje s délkami mnohem menšími než jsou nanometry, a tak fyzici používají netradiční délkové jednotky. Z historických i praktických důvodů byla definována jednotka ångstrom. Její značka je Å a platí $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm}$. Navíc jeden ångstrom zhruba odpovídá průměru atomu vodíku.

Jednotky vzdálenosti v astronomii

Typické vzdálenosti objektů ve vesmíru (planet, hvězd, galaxií) jsou mnohem větší než pozemské vzdálenosti. Pro popis objektů uvnitř sluneční soustavy se dobře hodí vzdálenosti planet od Slunce. Astronomové si proto zdefinovali *astronomickou jednotku*, která odpovídá střední vzdálenosti Země od Slunce. Platí $1 \text{ AU} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$.

Na měření mezihvězdných vzdáleností se používají *světelné roky* (značka ly z anglického názvu „light year“), jež představují vzdálenost, kterou urazí světlo ve vakuu za jeden rok. Přibližně platí $1 \text{ ly} = 9,47 \cdot 10^{15} \text{ km}$, což je již opravdu nepředstavitelná délka. Na druhou stranu, nejbližší hvězda ke Slunci, Proxima Centauri, je od nás vzdálena více než 4,2 ly!

Jednotky tlaku

Odvozenou jednotkou SI je pascal. 1 Pa je docela malá jednotka. Například běžný atmosférický tlak u hladiny moře je 101 325 Pa. Užitečnější by bylo takovéto tlaky zapisovat pomocí větších jednotek.

Nejjednodušší je proto stanovit novou jednotku tlaku, která by alespoň přibližně odpovídala právě tlaku atmosféry. Těto jednotce se říká bar a platí pro ni převodní vztah $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$. V barech se kupříkladu měří tlaky v pneumatikách (jednotky barů) nebo tlaky v tlakových lahvích (průmyslové lahve se typicky plní do tlaku 200 bar).

Další, tentokrát historická, jednotka je založena na Torricelliho pokusu. Tento italský fyzik změřil, že tlak atmosféry odpovídá tlaku rtuťového sloupce s výškou 76 mm. Na jeho počest se pak zavedla jednotka tlaku torr, která odpovídá tlaku 0,1 mm rtuťového sloupce. Jinými slovy, atmosférický tlak je přesně 760 torr.

Torr se spolu s bary tedy používá na popis zpravidla vyšších tlaků. Naopak pascaly se používají při měření velmi malých tlaků ve vakuové fyzice. „Nejprázdnější“ neboli nejlépe vyčerpané prostory mají tlak asi 10^{-10} Pa .

Energie a hmotnosti ve fyzice částic

Jak jsme se již zmínili, atomy a částice všeobecně představují svět malých rozměrů, ale také malých hmotností a energií. Je tedy vhodné zavést i dostatečně malou jednotku energie.

Vhodné jednotce se říká elektronvolt a využívá poznatky získané z urychlování nabitých částic. Urychlíme-li nabitou částici s nábojem jednoho elektronu¹ v elektrickém poli, které vznikne přiložením napětí 1 V, dodáme jí tím pohybovou energii rovnou součinu jeho náboje a napětí, tedy

$$E = 1 \text{ e} \cdot 1 \text{ V} = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Typický rozsah energií ve fyzice mikročástic se pohybuje od mikroelektronvoltů (energie magnetického pole jader) až po teraelektronvolty (energie srážek ve Velkém hadronovém urychlovači ve švýcarském CERNu). Ačkoliv je teraelektronvolt skutečně obrovská energie ve světě částic, v lidském měřítku je to stále jen zlomek joulu. Kupříkladu kinetická energie komára s hmotností 2,5 mg a rychlostí $50 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ je přibližně 2 TeV.

Elementární částice jsou také velmi lehké. Například proton váží pouze $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Očekávali byste, že i pro hmotnosti částic bude zavedena nějaká vlastní jednotka, nicméně tomu tak není. Fyzici tuto potřebu překonali tím, že hmotnosti vyjadřují v elektronvoltech.

Jak je ale možné, že hmotnosti vyjadřujeme prostřednictvím jednotky energie? Pomůžeme si slavným Einsteinovým vztahem $E = mc^2$ propojujícím hmotnost m a energii E (c zde značí rychlost světla ve vakuu). Těto energii říkáme *klidová energie*. Například klidová energie protonu je

$$E_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2 = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 938 \text{ MeV}.$$

Odpovídající hmotnost je pak $m_p = 938 \text{ MeV}/c^2$, přičemž jednotka MeV/c^2 sama naznačuje, že se jedná o podíl klidové energie a druhé mocniny rychlosti světla. Nicméně fyzici jsou líní a člen s rychlostí světla vynechávají. Ve výsledku tak třeba dostaneme, že hmotnost nově objeveného Higgsova bosonu je 125 GeV.

¹Náboji elektronu říkáme *elementární náboj*. Jeho velikost je jen $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (coulomb).

Závěrem

Ukázali jsme si, že kromě základních a odvozených jednotek SI existuje několik jednotek, které jsou v některých oblastech fyziky užitečné. Použití jednotek „šitých na míru“ usnadňuje představitelnost a praktickou stránku jednotlivých oborů. Bylo by totiž velice náročné bavit se o srážkách částic a mluvit přitom v kilogramech a joulech, anebo popisovat v metrech galaktické vzdálenosti.

Z tohoto přístupu se můžete poučit i vy. Při řešení fyzikálních úloh, ať už z Výfuku, fyzikální olympiády, anebo ve škole, se snažte používat ne příliš malé ani velké jednotky. O problému se vám pak bude lépe přemýšlet!

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.