

ČÁST I - Ú V O D

1. Předmět fyziky
2. Rozdělení fyziky
3. Fyzikální pojmy a veličiny
4. Mezinárodní soustava jednotek - SI

1 PŘEDMĚT FYZIKY

Každá věda - a fyzika bezpochyby vědou je - musí mít definován svůj předmět, tj. okruh problémů, se kterými se zabývá. Jakou vlastnost objektivní reality zkoumá fyzika? Při formulování odpovědi na tuto zdánlivě jednoduchou otázku se setkáváme s určitou paradoxní situací (a to platí nejen pro fyziku) - čím víc je určitá věda rozvinutá, tím obtížněji se definuje její předmět. Abychom dokázali toto tvrzení, připomeňme si několik etap rozvoje fyziky od jejích začátků až po současnost.

Na začátku rozvoje fyziky jí bylo vymezeno zkoumání pohybu neživé přírody. Rozumělo se tím hlavně hledání zákonitostí pohybu částic a těles, takže předmět fyziky se v tomto období redukoval na oblast problémů, které nazýváme mechanikou. V souvislosti s objevením gravitačního zákona, elektrických a magnetických jevů dostala se do fyziky oblast problémů, které dnes označujeme jako fyziku polí. To již se problém vlastního pohybu dostává do pozadí a zkoumání se soustřeďuje na vlastnosti rozličných polí, jejich vzájemné interakce mezi poli a částicemi. I v této situaci však ještě bylo možno jednoznačně "odlišit" fyziku od ostatních přírodních společenských věd, např. od chemie, biologie atd., protože všechny uvedené vědy měly jednoznačně definován svůj předmět - chemie zkoumání prvků, sloučenin a hlavně vazeb, biologie zkoumání procesů v živých organizmech a společenské vědy zkoumání pohybu ve vysoce organizovaných systémech, tj. v lidské společnosti.

S rozvojem nových metod výzkumu ve 20. století ve fyzice, zejména s rozvojem kvantové fyziky a termodynamiky, začal se předmět fyziky rozšiřovat na úkor ostatních věd. Tak např. fyzika objasnila povahu chemických sil a vyřešila tím základní problém chemie, kvantová a statistická fyzika za pomoci termodynamiky začala postupně objasňovat i procesy, které se do té doby připisovaly jen projevům života, např. mechanismus šíření "vzruchů", transformaci energií, mechanismus ovládnutí svalstva, dýchání, dokonce i mechanismus vzniku některých chorob. Tím se fyzika dostala na pole, které dosud patřilo biologii a příbuzným vědám.

V poslední době se fyzika dostává i do oblastí, ze kterých byla na začátku století a priori vyloučená - do oblasti společenských věd. Pomocí moderních metod, zejména pomocí tzv. nerovnovážné termodynamiky, začíná řešit i tak závažné otázky, jako je nevyhnutelnost evolučních a revolučních změn a trendy vývoje. Uvedené "zasahování" fyziky do problematiky jiných věd se dnes zahrnuje pod názvy "chemická fyzika", "lékařská fyzika", "biofyzika", atd..

Zatím nemůžeme předpovídat, do jakého stupně se podaří fyzice vyřešit hlavní problémy jiných věd, které jsou v rámci těchto věd dosud neřešitelné. Jisté však je, že dosti velký okruh problémů se již podařilo uspokojivě vyřešit, proto již dnes můžeme vyslovit hypotézu, že vývoj předmětu fyziky spěje od situace, kdy fyzika byla jedinou vědou o přírodě k situaci, kdy bude základnou, na které se spojí všechny přírodní vědy. Bude zahrnovat nejen všechny problémy neživé přírody, ale i velkou část živých organizmů.

2 ROZDĚLENÍ FYZIKY

Každá věda vyžaduje určitou vnitřní systematiku, aby bylo možné jednotlivé jevy jednoznačně zařadit. Podle jakých kritérií roztřídit předmět fyziky? Nejjednodušeji se nám jeví kritérium historické protřídění jevu podle toho, jak na sebe historicky navazovaly. Takové tradiční a v současnosti hodně používané stanovisko vede

k rozdělení fyziky na mechaniku, termiku a termodynamiku, nauku o elektřině a magnetizmu, optiku, teorii relativity, atomistiku a kvantovou fyziku. Toto rozdělení má svoje přednosti v tom, že čtenář se stává účastníkem velmi zajímavého a často i dramatického úsilí fyziků o poznávání světa a zejména se mu poskytují velmi přesvědčivé argumenty, proč bylo nevyhnutelné zavrhnout starý názor a vybudovat novou teorii. Nevýhodou takového dělení však je, že látka se končí tím, čím by vlastně měla začínat - kvantovou fyzikou jako jedinou správnou teorií mikrosvěta. Kromě toho takový postup vyžaduje i neúměrnou "spotřebu" času, protože všechny problémy se probírají dvakrát - jednou tak, jak se vykládaly při jejich objevu, jednou tak, jak se nám jeví z hlediska současně uznávané teorie. Tento fakt se v souvislosti s neúměrným narůstáním našich poznatků stává velmi vážným argumentem proti "historickému" dělení fyziky.

Jestliže přijmeme uvedený argument jako konstruktivní, potom se zdá problém dělení fyziky úplně jednoznačně řešitelný. Je nutno začít kvantovou fyzikou a všechny problémy fyziky vykládat z pozice této jednotné a spolehlivé teorie. Proti takovému postupu však můžeme postavit velmi přesvědčivou námitku. Na to, aby posluchač pochopil kvantovou teorii, musí již hodně znát z tzv. klasické fyziky. Jako nejvhodnější přístup se nám proto jeví kompromisní řešení. V prvních kapitolách je třeba probrat minimum fyzikálních poznatků potřebných k tomu, aby se mohly formulovat zákony kvantové fyziky. Potom již můžeme postupovat osvědčenou metodou od jednoduššího ke složitějšímu, tj. od problematiky izolovaných částic k atomům, molekulám, systémům volně pohyblivých částic (plynům a plazmatu), systémům pevně vázaných částic (kapalinám a pevným látkám) a konečně i astrofyzikálním systémům. Takový postup je použitý i v této učební pomůcce.

Připomeňme si, že jsou možné ještě i jiné "logiky" dělení fyziky. Jedna z nich vychází ze skutečnosti, že elementární částice se vyznačují především dvěma základními vlastnostmi - hmotností a elektrickým nábojem - proto za logické se může považovat rozdělení fyziky na fyziku částic a těles elektricky nenabitých a fyziku elektricky nabitých těles a částic. Zajímavé je i rozdělení fyziky podle čtyř základních interakcí elementárních částic: silných, slabých, elektromagnetických a gravitačních.

3 FYZIKÁLNÍ POJMY A VELIČINY

Fyzika, tak jako každá jiná věda, si musí vytvořit svůj vlastní "jazyk", který umožní předávat poznatky těm, kteří tomuto jazyku rozumějí. Fyzikální "jazyk" se skládá z pojmů a veličin (definice 3.1 a 3.2). Důležitými pojmy v této souvislosti je jednotka a rozměr určité veličiny (definice 3.3 až 3.6).

3.1

Pojem je význam (obsah) určitého slova, který lidé získávají zkušeností nebo vzájemnou dohodou.

3.2

Pojem se stává veličinou, jestliže ho umíme pomocí vhodně zvolené jednotky i kvantitativně vyjádřit.

Většina pojmů, které tvoří fyzikální jazyk, se získala ze zkušeností. Jsou dány historickým vývojem a jejich obsah umíme zpravidla jen velmi těžko definovat. Sem patří např. pojmy "svět", "příroda", "čas", "prostor", "síla" a jiné. Ve fyzice je nutno pracovat s pojmy, které umíme i kvantitativně zhodnotit. Za tím účelem si zvolíme vhodné jednotky, které jsou co do významu totožné s daným pojmem, ale jejich hodnota je +1. Tak se

3.3

Jednotka je dohodnutá míra příslušné veličiny, která má velikost +1.

3.4

Ve fyzice zavádíme skalární, vektorové a tenzorové veličiny. Každou skalární veličinu V můžeme vyjádřit součinem její velikosti $\{V\}$ a příslušné jednotky $[V]$, tj.

$$V = \{V\} [V] . \quad (3.1)$$

Obdobně i každou vektorovou veličinu můžeme vyjádřit ve tvaru

$$\mathbf{V} = \{V\} [V] \mathbf{V}_o , \quad (3.2)$$

kde navíc je \mathbf{V}_o jednotkový vektor se směrem vektoru \mathbf{V} .

3.5

Rozměr dané veličiny je definován jejím vztahem s veličinami, které jsme zvolili za základní.

3.6

Rozměr dané jednotky je definován jejím vztahem s jednotkami veličin, které jsme zvolili za základní.

Jestliže v definiční rovnici píšeme pro tam vystupující veličiny přímo jejich jednotky, dostaneme automaticky jednotku pro nově definovanou veličinu. Např. z definice práce $A = F \cdot s$, kde F je síla a s je dráha, vyplývá, že jednotka práce je $[A] = [F] \cdot [s] = \text{N m} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2} = \text{J}$. Z pochopitelných příčin se dávají důležitým jednotkám, které jsou vyjádřené složitější kombinací jiných jednotek nové názvy. V uvedeném příkladu se jedná o J (joule) a definiční rovnice nám tak umožní stanovit rozměr nové jednotky.

4 SOUSTAVA JEDNOTEK SI

V současné fyzice a technice se uzákonila tzv. soustava SI. Obsahuje základní, doplňkové a odvozené jednotky (věta 4.1 až 4.3).

např. v minulosti zvolila k měření délek určitá přesná vzdálenost (vzdálenost dvou vrypů na tyči), jejíž vzdálenost se označila +1 a nazvala se metrem. Velikostí $\{V\}$ dané veličiny V je potom číslo, které udává, kolik se daná jednotka nachází v měřené veličině, tj.

$$\{V\} = \frac{V}{[V]} . \quad (3.3)$$

Skalární veličinu můžeme proto vždy vyjádřit součinem její hodnoty a příslušné jednotky, tj. vztahem (3.1), vektorovou veličinu pak vztahem (3.2). Formální zápis veličin, které získáváme měřením, je často rozšířen o chybu měření, neboli

$$V = (\{V\} \pm \delta V) [V] , \quad (3.4)$$

kde δV je chyba měření.

Složitost fyzikální reality nás nutí definovat kromě veličin vyplývajících ze zkušenosti i nové veličiny. Toto provádíme na základě vhodné kombinace veličin zvolených za základ pomocí tzv. definičních rovnic. Jestliže vyznačíme v příslušné definiční rovnici vhodnými znaky jednotlivé veličiny, které považujeme za základní (v příslušné mocnině bez číselných faktorů), dostaneme tzv. rozměr veličiny. Např. rozměr rychlosti je LT^{-1} , síly F je LMT^{-2} , výkonu P je $L^2 MT^{-3}$, kde jsme označili rozměr základních veličin - délka L , čas T , hmotnost M , atd.

V zásadě můžeme pro každou fyzikální veličinu zvolit její vlastní jednotku. Takový postup by však byl pro fyziku krajně neekonomický a složitý právě tak jako druhý extrémní (teoreticky rovněž možný) postup, ve kterém by se všechny veličiny měřily pomocí jedné jednotky. Při rozvíjení fyzikální vědy se ukazuje, že některé veličiny jsou důležitější než jiné, protože se častěji objevují v odvozených vztazích. Takovými veličinami jsou např. délka, čas, hmotnost, elektrický proud, napětí, atd. Takové veličiny můžeme nazvat základními veličinami a pro ně zvolené jednotky můžeme nazvat základními jednotkami. Pomocí nich můžeme konstruovat jednotky všech ostatních veličin. Výběr základních veličin a jejich jednotek určuje tzv. soustavu jednotek.

Mnozí fyzikové (počínajíc Gaussem) se snažili najít optimální variantu takové soustavy jednotek. V tomto úsilí však nebylo jednoty a tak se stalo, že se v praxi prosadilo více jednotkových soustav, které se, naneštěstí, lišily nejen definicemi základních jednotek, ale i volbou základních veličin. Vznikla tak situace, ve které fyzikální (i technické) knihy bylo možné studovat jen s použitím tabulek a převodových vztahů.

Tento nezdravý vývoj ukončila 11. generální konference pro váhy a míry roku 1960, na které se přijala za závaznou tzv. Mezinárodní soustava jednotek (Système International d'Unités - SI). Jednotky přijaté jako závazné pro měření fyzikálních veličin v této soustavě se dělí na základní, doplňkové a odvozené. Soustava SI má 7 základních jednotek zvolených za základ (věta 4.1). Doplňkové veličiny jsou dvě (věta 4.2).

4.1

Základní veličiny v soustavě SI jsou: délka, hmotnost, čas, elektrický proud, termodynamická teplota, látkové množství a svítivost.

Základní jednotky v soustavě SI jsou: metr (m) - pro délku, kilogram (kg) - pro hmotnost, sekunda (s) - pro čas, ampér (A) - pro elektrický proud, kelvin (K) - pro termodynamickou teplotu, mol (mol) - pro látkové množství a kandela (cd) - pro svítivost.

4.2

Doplňkové veličiny v soustavě SI jsou: rovinný úhel a prostorový úhel

Doplňkové jednotky v soustavě SI jsou: radián (rad)-pro rovinný úhel a steradián (sr) - pro prostorový úhel.

4.3

Odvozené veličiny a jejich jednotky v soustavě SI jsou dány definičními rovnicemi a jsou obsahem ČSN. Např. "Veličiny a jednotky ve vědě a technické praxi" ČSN 01 1301, "Veličiny, jednotky a značky v elektrotechnice" ČSN 01 1305.

Základní jednotky soustavy SI jsou definovány takto:

- metr je délka rovnající se 1 650 763,73 násobku vlnové délky záření šířícího se ve vakuu, které přísluší přechodu mezi energetickými hladinami $2p_{10}$ a $5d_5$ atomu kryptonu 86,
- kilogram je hmotnost mezinárodního prototypu kilogramu, který je uložen u mezinárodního úřadu pro váhy a míry v Sévres,
- sekunda je doba trvání 9 192 631 770 period záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi

jemné struktury základního stavu atomu cesia 133,

- ampér je proud, který při stálém průtoku rovnoběžnými přímými velmi dlouhými vodiči zanedbatelného průřezu, umístěnými ve vakuu ve vzdálenosti 1 m od sebe, vyvolá mezi vodiči sílu $2 \cdot 10^{-7}$ N na 1 m délky,
- kelvin, jednotka termodynamické teploty, je 273,16 část termodynamické teploty trojného bodu vody,
- mol je látkové množství soustavy, jejíž počet molekul (nebo částic) se rovná počtu atomů ve $12 \cdot 10^{-3}$ kg (přesně) izotopu uhlíku C^{12} ,
- kandela je kolmá svítivost $1/600\,000$ m² povrchu absolutně černého tělesa při teplotě tuhnutí platiny za tlaku 101 325 pascalů.

Doplňkové jednotky soustavy SI jsou definovány takto:

- radián je úhel, u něhož poměr příslušné délky kruhového oblouku opsaného z vrcholu úhlu k poloměru oblouku se rovná 1,
- steradián je prostorový úhel, u něhož poměr obsahu plochy vytknuté příslušným kuželem na povrchu koule, jež má střed ve vrcholu úhlu, ke druhé mocnině poloměru koule se rovná 1.