

## 1.1.2 Fyzikální veličiny, jednotky

### Předpoklady:

**Pedagogická poznámka:** Je třeba, aby byl dostatek času (minimálně 10 minut) na příklady na převádění jednotek na konci hodiny. U žáků, kteří mají problémy, je třeba zjistit, zda jde o neznalost předpon nebo problémy s posunováním desetinné čárky. Obojí je třeba řešit co nejrychleji, bez základního převádění je práce v následující hodině skoro nemožná.

**Pedagogická poznámka:** Tabulky s předponami neopisujeme, pokud jsou pochyby o tom, zda si je žáci pamatují, je lepší jim je dát na papíru a ušetřit čas na převádění na konci hodiny.

Fyzika stojí na ověřování experimentálních zkušeností  $\Rightarrow$  musíme nalézt způsob, jak je sdělovat.

Příklad ze života: Vydáme se na rybu a konečně něco chytíme. Samozřejmě že „velikou“ rybu.

**Problém:** Každý si pod pojmem „veliká“ ryba představí něco jiného. Požadavky na velkou rybu jsou jiné u Jakuba z Hřiště 7 a jiné u začátečníka ze strakonického rybářského oddílu.

$\Rightarrow$  Co potřebujeme, abychom mohli sdělit „velikost“ ryby?

- Vysvětlit si, co znamená velikost ryby (odkud kam si máme rybu změřit)  $\Rightarrow$  **fyzikální veličiny**.
- Měřítka, kterým velikost ryby změříme  $\Rightarrow$  **fyzikální jednotky**.

Poloha, vzdálenost, čas jsou příklady fyzikálních veličin. Fyzikální veličiny jsou prostředkem, jak zachytit vlastnosti, stavy nebo změny předmětů ve světě.

Fyzika je sice exaktní věda, ale přesná definice zcela základních veličin (třeba času) je dosud nedosaženým cílem (zdá se, že nedosažitelným). Většina pokusů o definice se točí v kruhu nebo jsou zcela nepochopitelné. My si s tím hlavu lámat rozhodně nebudeme, protože o co těžší je přesně vyjádřit, co čas je, o to lépe tomu všichni rozumíme a to nám bude stačit.

Fyzika často používá vzorce a zkrácené způsoby zápisu  $\Rightarrow$  je nutný vhodný a krátký způsob pojmenování veličin  $\Rightarrow$  pojmenování pomocí jednotlivých písmen, většinou vycházejících z anglického pojmenování (například čas, značíme  $t$  z anglického time).

Veličin je mnoho, písmenek je málo  $\Rightarrow$

- některá písmenka se používají pro více veličin ( $\Rightarrow$  trošku chaos, navíc je to i obráceně, že se pro jednu veličinu používá více písmenek),
- často se rozlišuje velké a malé písmeno,
- používají se písmena řecké abecedy,
- používají se indexy (my je budeme používat hodně),

$\Rightarrow$  **značka veličiny nepřináší nic nového k pochopení, jde pouze o zkratku** (kterou potřebujeme znát, abychom mohli rozumět tomu, co říkají ostatní).

**Dodatek:** Výhodou značek je skutečnost, že většina světa používá stejné a jejich užití je mezinárodně srozumitelné.

Kromě toho, že si vyjasníme, o čem mluvíme (o čase, o vzdálenosti), musíme kvůli opakovatelnosti výsledků sdělit, i kolik toho bylo ⇒ **měříme hodnotu**.

Měřit vzdálenosti je možné i bez metru (a všech pravítek) například krokováním (hřiště je široké 10 kroků) nebo pomocí libovolného předmětu (lavice je dlouhá 9 penálů).

**Hodnota veličiny je vždy určena jeho číselnou hodnotou a jednotkou pomocí, které hodnotu vyjadřujeme (číslo bez jednotky o velikosti nic neříká).**

**Dodatek:** To je značný problém třeba při studiu historie, neboť zejména ze starověkého Řecka máme spoustu číselných údajů, ale bez přesné znalosti jednotek nám mnoho neříkají.

Pokud máme pomocí hodnot a jednotek něco sdělovat, musíme si pod jednotkou všichni představit to samé ⇒ problémy středověkých veličin odvozených od částí těla ⇒ snahy o zavedení jednotné soustavy jednotek.

**Mezinárodní soustava SI** (Système International d' Unités) – ve vědě povinná, v běžném životě ji používá většina lidstva.

**Dodatek:** Soustavu SI přinesla Velká francouzská revoluce. V rámci revolučního nadšení se měnilo téměř všechno, včetně letopočtu, názvů měsíců a dní, takže jednotky přišly na řadu zcela přirozeně. Zavedení jednotek dostali na starost odborníci, a tak vznikla soustava jednotek SI používaná dosud. Tyto jednotky nahradily do té doby používané jednotky jako loket, sáh, barel apod. V některých zemích (USA) a v některých případech (závod v běhu na jednu míli) se nové jednotky nepodařilo prosadit doposud.

Soustava SI má pro každou veličinu pouze jednu jednotku (až na výjimky, kterých není moc). Všechny naměřené hodnoty se udávají v této jednotce nebo pomocí jejích násobků a dílů.

Předpona (zkratka)	Díl	předpona (zkratka)	násobek
mili ( <i>m</i> )	$10^{-3}$ (0,001)	kilo ( <i>k</i> )	$10^3$ (1000)
mikro ( $\mu$ )	$10^{-6}$ (0,000001)	mega ( <i>M</i> )	$10^6$ (1000000)
nano ( <i>n</i> )	$10^{-9}$ (0,000 000 001)	giga ( <i>G</i> )	$10^9$ (1000000000)
piko ( <i>p</i> )	$10^{-12}$	tera ( <i>T</i> )	$10^{12}$
femto ( <i>f</i> )	$10^{-15}$	peta ( <i>P</i> )	$10^{15}$
ato ( <i>a</i> )	$10^{-18}$	exa ( <i>e</i> )	$10^{18}$

**Pedagogická poznámka:** Před opisováním tabulky je nutné zjistit, zda studenti rozumí exponenciálnímu zápisu mocnin deseti. Pokud ho studenti neznají je nutné vysvětlení.

Kromě výše uvedených předpon se používají i další předpony. Ve vědě je jejich užití vzácné, ale o to častější je užití v běžné praxi.

Předpona (zkratka)	Díl	předpona (zkratka)	násobek
deci ( <i>d</i> )	$10^{-1}$ (0,1)	deka ( <i>dk</i> nebo <i>da</i> )	$10^1$ (10)
centi ( <i>c</i> )	$10^{-2}$ (0,01)	hekto ( <i>h</i> )	$10^2$ (100)

**Pedagogická poznámka:** Dávám žákům za úkol naučit se předpony do příští hodiny, ve které se nacvičuje převádění.

Velkou výjimkou je měření času, kde se násobky nepoužívají a nadále se používá klasické dělení sekunda, minuta, den.

Je určeno několik základních jednotek a jednotky pro ostatní veličiny se dopočítávají pomocí definičních vztahů.

Přehled základních jednotek je v tabulce, některé z nich zatím neznáme, ale nebudeme si s tím lámat hlavu, časem si všechno vysvětlíme.

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

Každá ze základních jednotek je určitým způsobem definována.

Definice jednotek však nejsou pořád stejné. Mění se v závislosti na úrovni rozvoje fyziky.

Například definice metru se zdokonalovala takto:

- **1793:** 1 metr je desetimilióntina zemského kvadrantu (zemský kvadrant je vzdálenost pólu od rovníku). (velmi záhy se ukázalo, že používaný prototyp je menší)
- **1889:** 1 metr je vzdálenost rysek na mezinárodním prototypu metru uloženém v ústavu pro míry a váhy v Sèvres u Paříže.
- **1960:** 1 metr je roven 1,650,763.73 vlnových délek oranžové emisní čáry atomu kryptonu 86 měřené ve vakuu.
- **1983:** 1 metr je délka, kterou urazí světlo ve vakuu za  $\frac{1}{299\,792\,458}$  s.

My se definice jednotek nebudeme učit, pouze je uvedeme, kdyby se na ně někdo ptal. Bude nám stačit, že máme přibližnou představu o velikosti jednotky.

**Př. 1:** Najdi důvod, proč se k měření času nepoužívají jednotky s převáděním založeným na mocninách deseti jako u ostatních veličin.

Základní jednotky času (den, týden, měsíc, rok) odpovídají přírodním cyklům, jejichž délky nejsou v poměru mocnin deseti  $\Rightarrow$  pokud by nová jednotka měla hezkou hodnotu dnů a převáděla se s mocninou deseti, počet dnů v týdnu (měsíci, roce) by nebyl celé číslo.

**Př. 2:** Proč je výhodné definovat délku jednoho metru pomocí rychlosti světla?

Jak jsme uvedli v úvodu, mezi pokusy, které způsobily konec klasické fyziky, patřily pokusy, které prokázali konstantní rychlost světla bez ohledu na pohyb zdroje i pozorovatele. Není tedy problém získat světlo, které se pohybuje tou správnou rychlostí.

**Př. 3:** Pokus se vysvětlit, jak je možné, že obvod Země je téměř přesně 40 000 km.

Zemský kvadrant je čtvrtinou obvodu Země  $\Rightarrow$  kvadrant má 10 000 000 m (původní definice metru)  $\Rightarrow$  obvod Země je  $4 \cdot 10\,000\,000\text{ m} = 40\,000\,000\text{ m} = 40\,000\text{ km}$ .

**Pedagogická poznámka:** Občas se převádění jednotek pojímá jako exhibice mířící do co největších mocnin. Snažím se takovému přístupu vyhnout. Nejde o základ fyziky, žáci mají dost problémů i s jednoduššími příklady, proto se učíme pouze to, co přijde na řadu v následujícím půlroku.

**Př. 4:** Najdi vzájemné převodní vztahy anglosaských délkových jednotek: inch, foot, yard, mile. Vysvětli, proč po konci francouzské revoluce nepatřilo zavedení soustavy jednotek SI mezi reformy, které byly odvolány.

Převody anglosaských délkových jednotek nevyužívají mocniny deseti:

- 1 foot = 12 inch ,
- 1 yard = 3 foot ,
- 1 mile = 1760 yard .

Převádění mezi anglosaskými jednotkami je daleko složitější než mezi jednotkami SI.

Hodnoty veličin se často neudávají v základních jednotkách, ale v jejich násobcích (v tabulce z počátku hodiny)  $\Rightarrow$  před dosazením do vztahů je většinou nutné převádět do základních jednotek.

**Dodatek:** Existuje mnoho fyzikálních vztahů, do kterých je možné dosazovat u některých veličin i nepřevedené hodnoty, ale převádění je sázka na jistotu. Pokud nepřevádíme, musíme dobře vědět, co děláme.

Díky mocninám deseti je převádění v soustavě SI jednoduché.

$$0,2\text{ mm} = 0,2 \cdot 0,001\text{ m} = 0,0002\text{ m}$$

$$3,1\text{ km} = 3,1 \cdot 1000\text{ m} = 3100\text{ m}$$

$$25700\text{ m} = 25700 \cdot 0,001\text{ km} = 25,7\text{ km}$$

Jednotku, ze které převádíme, nahradíme násobkem jednotku, na kterou chceme převést, a vynásobíme původní hodnotu mocninou deseti.

Ke správnému převodu potřebujeme pouze dvě věci:

- pamatovat si význam předpony (napsat správný násobek),
- umět násobit mocninami deseti (správně posunout desetinou čárku).

Častou chybou je převádění "obrácený směrem"  $\Rightarrow$  před převodem bychom měli mít představu, zda se hodnota zvětší nebo zmenší.

**Př. 5:** Převed' na základní jednotku. Před převodem odhadni, zda se hodnota zvětší nebo zmenší.

a) 12 mm

b) 0,7 km

c) 250 $\mu$ A

d) 0,025 GJ

e) 720 km

f) 0,03 mW

g) 450 nm

h) 2200 MW

a) Metrů bude méně než milimetrů.  $12\text{ mm} = 12 \cdot 0,001\text{ m} = 0,012\text{ m}$

- b) Metrů bude více než kilometrů.  $0,7 \text{ km} = 0,7 \cdot 1000 \text{ m} = 700 \text{ m}$
- c) Hodnota se zmenší.  $250 \mu\text{A} = 250 \cdot 0,000\,000\,1 \text{ A} = 0,000\,25 \text{ A}$
- d) Hodnota se zvětší.  $0,025 \text{ GJ} = 0,025 \cdot 1\,000\,000\,000 \text{ J} = 25\,000\,000 \text{ J}$
- e) Hodnota se zvětší.  $720 \text{ km} = 720 \cdot 1000 \text{ m} = 720\,000 \text{ m}$
- f) Hodnota se zmenší.  $0,03 \text{ mW} = 0,03 \cdot 0,001 \text{ W} = 0,000\,03 \text{ W}$
- g) Hodnota se zmenší.  $450 \text{ nm} = 450 \cdot 0,000\,000\,001 \text{ m} = 0,000\,000\,45 \text{ m}$
- h) Hodnota se zvětší.  $2\,200 \text{ MW} = 2\,200 \cdot 1\,000\,000 \text{ W} = 2\,200\,000\,000 \text{ W}$

**Pedagogická poznámka:** U všech příkladů na převádění platí, že není dobré studentům nutit vlastní postupy na převádění, pokud mají funkční vlastní metodu, se kterou jsou spokojeni. O funkčnosti se rozhodne jejich používáním. Teprve pokud jejich metoda selhává, je třeba jim poskytnou jinou.

**Př. 6:** Převed' na základní jednotku.

- a)  $0,02 \text{ dm}$
- b)  $15 \text{ dkg}$
- c)  $1050 \text{ hPa}$
- d)  $15000 \text{ cm}$

- a)  $0,02 \text{ dm} = 0,02 \cdot 0,1 \text{ m} = 0,002 \text{ m}$
- b)  $15 \text{ dkg} = 15 \cdot 10 \text{ g} = 150 \text{ g} = 150 \cdot 0,001 \text{ kg} = 0,15 \text{ kg}$
- c)  $1050 \text{ hPa} = 1050 \cdot 100 \text{ Pa} = 105\,000 \text{ Pa}$
- d)  $15000 \text{ cm} = 15000 \cdot 0,01 \text{ m} = 150 \text{ m}$

**Shrnutí:** Pro objektivní předávání fyzikální zkušeností potřebujeme ujasnit, co přesně měříme (fyzikální veličiny) a kolik jsme naměřili (jednotky).