

Fyzika jinak

/mechanika/



Ing. Jindřich Zdráhal

Fyzika jinak

```
graph LR; A([Fyzika jinak]) --- B([1. Úvod]); A --- C([2. Fyzikální jednotky]); A --- D([3. Kinematika]); A --- E([4. Dynamika]); A --- F([5. Mechanická práce a energie]); A --- G([6. Gravitace a vesmír]); A --- H([7. Mechanika pevných látek]); A --- I([8. Mechanika tekutin]);
```

1. Úvod

2. Fyzikální jednotky

3. Kinematika

4. Dynamika

5. Mechanická práce a energie

6. Gravitace a vesmír

7. Mechanika pevných látek

8. Mechanika tekutin

Copyright

Autor: Jindřich Zdráhal

Odborná korektura: Marie Pešlová

Jazyková korektura: Lucie Juřenová

Vydal: Martin Koláček - E-knihy jedou

1. el. vydání

ISBN: 978-80-7589-516-5

Obsah

OBSAH	4
ÚVODNÍ SLOVO	7
CO JE TO MYŠLENKOVÁ MAPA.....	7
ROZSAH UČIVA	8
POKYNY.....	8
INTERNETOVÉ ZDROJE.....	9
UPOZORNĚNÍ.....	12
FYZIKÁLNÍ VELIČINY	14
ROZDĚLENÍ VELIČIN PODLE TOHO, CO POPISUJÍ	14
ZÁPIS FYZIKÁLNÍCH VELIČIN A JEDNOTEK.....	14
VEKTOR A SKALÁR.....	16
SOUSTAVY JEDNOTEK.....	16
PŘEVODY JEDNOTEK – VÝPOČTY	17
VEKTORY	22
ZÁPIS VEKTORU	22
NÁSOBENÍ VEKTORU	23
SKLÁDÁNÍ VEKTORŮ	24
ROZKLÁDÁNÍ VEKTORŮ NA JEDNOTLIVÉ SLOŽKY	26
KINEMATIKA	29
POJMY	29
VELIČINY	30
DRUHY POHYBU.....	32
VZORCE A VÝPOČTY.....	34
DYNAMIKA	47
SÍLA	47
NEWTONOVY POHYBOVÉ ZÁKONY	48
HYBNOST	51
ZÁKON ZACHOVÁNÍ HYBNOSTI.....	51

Fyzika jinak	Obsah	Ing. Jindřich Zdráhal
SÍLY BRZDÍCÍ POHYB.....		55
SPECIÁLNÍ SITUACE.....		57
INERCIÁLNÍ A NEINERCIÁLNÍ VZTAŽNÁ SOUSTAVA.....		60
MECHANICKÁ ENERGIE		63
KINETICKÁ (POHYBOVÁ) ENERGIE		63
POTENCIÁLNÍ ENERGIE.....		64
ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE		66
MECHANICKÁ PRÁCE.....		69
VÝKON.....		71
ÚČINNOST.....		73
GRAVITACE		76
NEWTONŮV GRAVITAČNÍ ZÁKON		76
INTENZITA GRAVITAČNÍHO POLE.....		77
DĚLENÍ GRAVITAČNÍHO POLE		78
TÍHOVÉ POLE		79
TÍHA A TÍHOVÁ SÍLA		79
POHYB V BLÍZKOSTI ZEMĚ.....		83
VRH SVISLE (VZHŮRU)		83
VRH VODOROVNÝ		86
VRH ŠIKMO VZHŮRU.....		89
POHYB V RADIÁLNÍM GRAVITAČNÍM POLI ZEMĚ		92
1. TĚLESO SE POHYBUJE PO ELIPSE, ALE SPADNE.....		92
2. TĚLESO SE POHYBUJE PO ELIPSE, OBLETÍ ZEMI		93
3. TĚLESO SE POHYBUJE KOLEM ZEMĚ PO KRUŽNICI.....		93
4. TĚLESO SE POHYBUJE KOLEM ZEMĚ PO ELIPSE.....		93
5. TĚLESO ODLETÍ OD ZEMĚ PO PARABOLE, ZŮSTÁVÁ V GRAVITAČNÍM POLI SLUNCE.....		94
6. TĚLESO UNIKNE JAK Z GRAVITAČNÍHO POLE ZEMĚ, TAK I Z GRAVITAČNÍHO POLE SLUNCE		94
VESMÍR.....		96
POČÍTÁNÍ VZDÁLENOSTÍ.....		96

SLUNEČNÍ SOUSTAVA	98
KEPLEROVY ZÁKONY	99
MECHANIKA TUHÉHO TĚLESA	103
POJMY	103
POHYBY TUHÉHO TĚLESA	103
MOMENT SÍLY VZHLEDEM K OSE OTÁČENÍ	104
KINETICKÁ ENERGIE	109
SKLÁDÁNÍ SIL	114
TĚŽIŠTĚ	119
ROVNOVÁHA	120
ROVNOVÁŽNÁ POLOHA	121
STABILITA	122
MECHANIKA TEKUTIN	126
VLASTNOSTI TEKUTIN	126
TLAK	127
PROUDĚNÍ TEKUTIN	139
PROUDNICE	139
OBJEMOVÝ PRŮTOK	139
ROVNICE KONTINUITY	141
BERNOULLIHO ROVNICE	141
PROUDĚNÍ REÁLNÉ KAPALINY	143
ZÁVĚR	146
POUŽITÁ LITERATURA	146

Úvodní slovo

Touto knihou bych chtěl ukázat, že fyzika není nějaká strašlivá věda a že není potřeba se jí bát. Pokud Vám pomůže fyziku trochu lépe pochopit, tak budu rád. Pokud se jí ale podaří ve Vás vzbudit zájem o fyziku, tak budu šťastný. Jako prostředky budu používat myšlenkové mapy, nějaké texty, vzorové příklady a odkazy na zajímavé webové stránky. Ještě bych se rád zmínil, že tyto mapy ukazují, jak chápu fyziku já. Proto Vám radím, tu mapu si můžete nakreslit sami. Každý myslíme jinak a jde o to, aby vyhovovala vašemu myšlení. Protože Vy (se) z toho budete učit. Mapy jsou černobílé záměrně, volba barev je jen na vás.

Co je to myšlenková mapa

Myšlenková mapa je vlastně grafické znázornění vztahů mezi pojmy. Je to pokus, jak zakreslit naše myšlenky nebo souvislosti mezi pojmy. Používání myšlenkových map není takovou novinkou, jakou by se mohlo zdát. Prý je používali již antičtí myslitelé. Alespoň to tvrdí Tony Buzan, který se myšlenkovými mapami zabývá už několik desítek let a je jejich největším propagátorem. Já bych tomu člověku věřil, píše totiž o myšlenkových mapách nádherné knihy. Pokud Vás myšlenkové mapy chytanou, tak Vám je vřele doporučuji.

Pro nás bude stačit vědět, že myšlenková mapa je obrázek, ze kterého se můžete učit a pracovat s ním. Je to vlastně takový obrázkovo-textový výpisek. Myšlenkovou mapu používám jako úvodní načrtnutí kapitoly. Za mapou vždy následuje vysvětlující text. Proto pokud něčemu v mapě nerozumíte, zkuste si přečíst text.

Rozsah učiva

Učivo, se kterým se zde setkáme, je středoškolské učivo od fyzikálních veličin až po mechaniku tekutin a je primárně určeno pro učiliště. Pokud studujete na škole, která fyziku učí podrobněji nebo naopak jednodušeji, tak neváhejte k tomuto učivu přidávat nebo z něj ubírat dle vlastních potřeb.

Mým cílem bylo aplikovat myšlenkové mapy ve fyzice. Myšlenková mapa je ale jen taková kostra. Aby na této kostře byly i nějaké šlachy, maso a kůže, tak k mapám připojuji vždy i „normální“ text. Budu se ale snažit napsat toho co nejmíň. Jednak abyste toho neměli moc a také proto, že teorii si klidně můžete najít na internetu nebo v nějaké „normální“ učebnici.

Pokyny

Pokud zde bude něco vysvětleno špatně (= nepochopíte to), málo nebo vůbec, tak se nebojte hledat i jinde. Hned zde v úvodu najdete odkazy na některé zajímavé webové stránky. Dále bude u každé kapitoly odkaz na web, kam umístím odkazy na další stránky, které se hodí k dané kapitole. Odkaz bude uveden jednak klasicky, ale i přes QR kód.

Pokud náhodou nevíte, co je to QR kód, tak je to takový šikovnější čárový kód. Tento kód není z čar, ale z čtverečků. Je to jenom způsob, jak rychle přenést informaci z papíru do elektronického zařízení (mobil, tablet, počítač). Aby to fungovalo, tak budete potřebovat zařízení s foťákem nebo webkamerou a program, který se jmenuje čtečka QR kódů. Pokud to náhodou nemáte, nebo se vám s tím nechce hrát, pak stačí opsat tu adresu pod QR kódem do internetového vyhledávače.

Matematika a fyzika, stejně jako třeba hra na piano nebo fotbal, nejde naučit bez neustálého cvičení a trénování. Kdyby někdo přišel na to, jak tyto a jiné činnosti naučit bez trénování, tak zaslouží nobelovku. Fyzika nejde naučit tím, že si člověk koupí knížku a naneštěstí ani tím, když si ji přečte. Takže budete muset vynaložit úsilí. Přečíst si to, zkusit, počítat, ...

Internetové zdroje

Encyklopedie fyziky

Asi už jste na internetu hledali něco do fyziky a tuhle stránku máte v záložkách. Já ji používám již dlouho a líbí se mi na ní to, že je zde zpracována celá středoškolská fyzika. A všechno je zpracované tak, aby tomu každý rozuměl. Je tady hodně obrázků, u každé kapitoly najdete odkazy na další materiály. Prostě ideální učebnice. Navíc má oproti papírové učebnici, tu výhodu, že se nedá ztratit, roztrhnout nebo nechat sežrat psem...

Díky této stránce jsem dlouho váhal, jestli vydat tuto knihu. Říkal jsem si, že všechno už tady je navíc on-line, tak proč bych se vůbec o něco snažil. Pak mi ale došlo, že síla a těžiště této knížky je v použití myšlenkových map a trochu jinému přístupu ke čtenářům a fyzice vůbec.



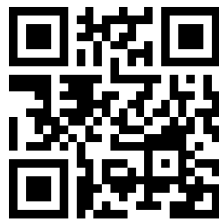
<http://fyzika.jreichl.com/>

Jak jsem již psal, tak na konci každé kapitoly bude odkaz na různé výukové materiály. Nemusíte se bát, odkaz na příslušné části encyklopedie fyziky nebude chybět.

Khanova škola

Když jsem se poprvé dozvěděl o Khan Academy, tak jsem si říkal, že je škoda, že nemáme něco takového v češtině a ejhle chvíli na to jsem objevil, že máme. A to Khanovu školu. Shoda jmen není náhodná. Khanova škola vznikla jako jazyková mutace Khan Academy, ale mám pocit, že se pomalu rozrůstá v něco víc.

Jo, že nevíte, co je to ta Khan Academy? Představte si, že někdo dá na Youtube výuková videa. Normálka, řeknete si. Tak si zkuste představit, že ten někdo udělá videa třeba o matematice, a to v úrovních od základní po vysokou školu. Ta videa poskládá, přidá k nim možnost procvičovat a testovat znalosti formou hry. A to všechno dá lidem ZDARMA k dispozici. Postupně tam přidal i další předměty. Pro nás je tam jedno ALE. Je to anglicky. Khanova škola se nám tyto informace snaží zpřístupnit, dělá překlad (otitulkování) anglických videí, ale také točí vlastní videa v češtině. Asi jsem ještě neřekl, že se jedná o dobrovolníky (= lidi, kteří něco dělají dobrovolně a většinou zdarma), proto pokud umíte (aspoň trochu) anglicky, tak můžete taky pomoci.



<https://khanovaskola.cz/>

Najdete zde také odkazy na videa z Khanovy školy. Ono totiž takové video může být skvělým pomocníkem. Uvidíte a uslyšíte (přečtete si), jak na to. Můžete si to stopnout nebo si to můžete pouštět znovu a znovu. Věřím, že to pro vás může být užitečné.

RNDr. Vladimír Vaščák – osobní stránky učitele z Moravy

Tento pan učitel má na svých stránkách spoustu zajímavých věcí do výuky. Možná vás zaujmou jeho interaktivní materiály do matematiky nebo do informatiky. To je určitě přínosné (do daných předmětů), ale mně se pochopitelně velmi líbí sekce věnovaná fyzice. V této sekci se nachází spousta apletů (= interaktivních animací, něco jako virtuální pokusy), které pomáhají pochopení fyziky. Tyto aplety vzbudily takový zájem, že se jej Google rozhodl zařadit do programu „Google play for education“. Kromě těchto apletů zde můžete najít zadání laboratorních cvičení, řešené příklady, materiály, a také testy, které se samy vyhodnotí.

Mně se velmi osvědčilo používat co nejvíc těch apletů, protože když si může člověk něco „osahat“ tak to líp pochopí. V tomto případě je to osahat v uvozovkách, protože ty jevy a experimenty si můžete na monitoru opravdu osahat jenom svými očima a svojí myslí. Po skutečném, autentickém fyzikálním pokusu, který můžete dělat vlastníma rukama, jsou podle mne tyto aplety druhá nejlepší věc na celé fyzice. Navíc je díky nim možné si vyzkoušet věci, které by snad ani nešly vyzkoušet v reálném světě. Ať už by to bylo náročné časově, prostorově nebo finančně.

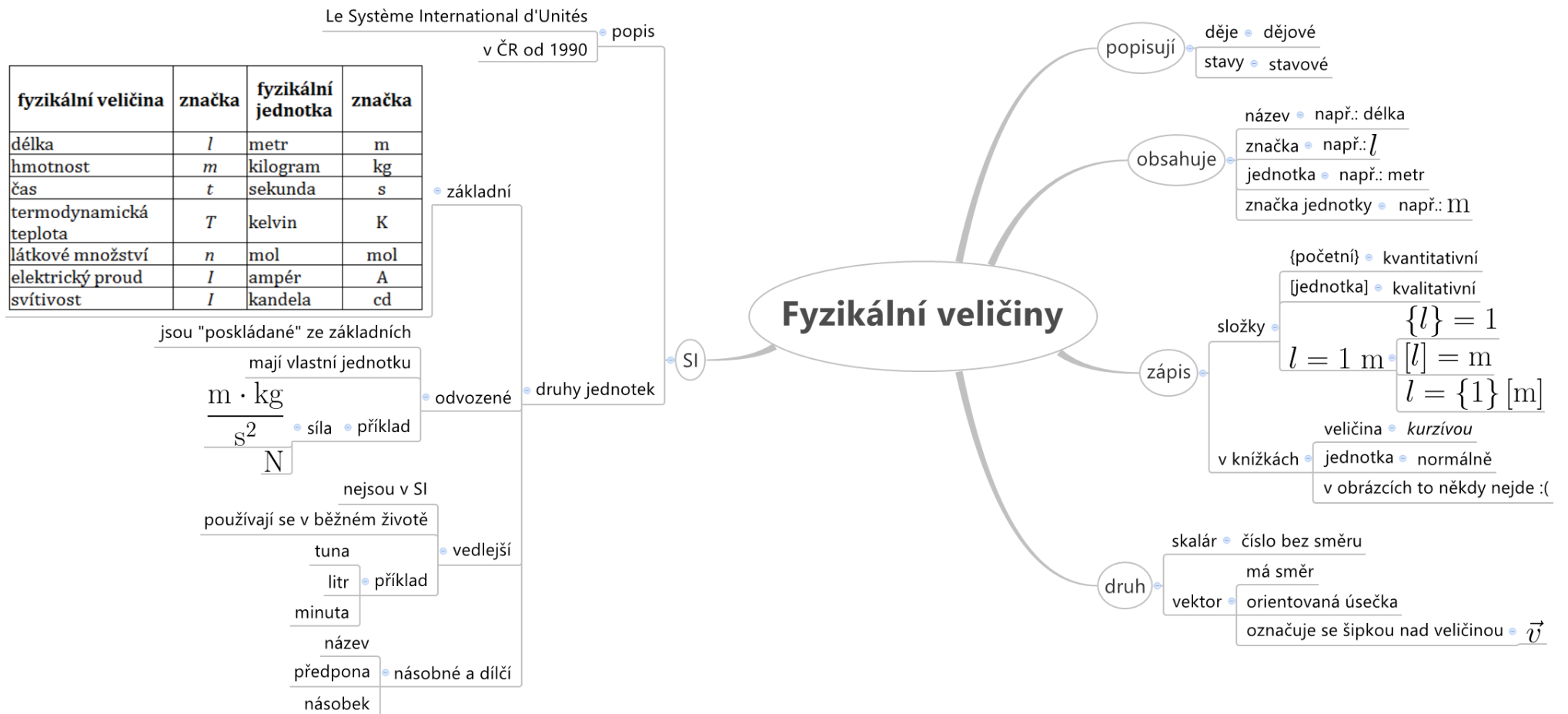


<http://www.vascak.cz/>

Upozornění

Než se vrhneme na fyziku, tak bych chtěl upozornit na jednu skutečnost. Začnu v knížce tykat. Když jsem byl na střední škole, na druhé straně barikády, tak jsem neměl rád, když mi někdo vykal. Dával jsem přednost, když mi učitelé tykali. Proto se svých žáků ptám, jestli jim nebude vadit, když jim tykám. Za svou kariéru jsem učil pouze jednoho studenta, který vyžadoval vykání. Budu předpokládat, že on to nečte a tak budu všem tykat. Pomůže nám to v navození trochu jiné – přátelštější atmosféry.

A teď už hurá na tu fyziku.



Fyzikální veličiny

Fyzika je věda, která se snaží vysvětlit, jak funguje svět. Fyzika hodně spoléhá na pozorování a měření. Dneska k tomu přibírá i matematiku a teoretické modely. A proto fyzika byla, je a bude o měření. S měřením souvisí fyzikální veličiny, o kterých budu povídat níž. To, co tady budu psát, si můžeš porovnávat s mapou nebo si klidně kreslit vlastní. Tím se to naučíš ještě lépe.



Rozdělení veličin podle toho, co popisují

Fyzikální veličiny můžeme rozdělit podle toho, co popisují, na **stavové** (popisují nějaký stav, něco co teď je) a **dějové** (popisují děj – něco, co probíhá).

Toto dělení je čistě organizační a uvádím je zde proto, že se s ním můžeme setkat.

Zápis fyzikálních veličin a jednotek

Fyzikové jsou strašně líní. Proto se jim nechce neustále vypisovat název veličiny. Délka je třeba docela krátký název veličiny, ale potkáme se i s takovými chuťovkami jako je „moment síly vzhledem k ose otáčení“. A to je důvod, proč má každá fyzikální veličina **značku**. Tak například délka má značku l , ten „moment síly vzhledem k ose otáčení“ se značí M a podobně. Většina těch značek je dána dohodou, ale některá písmenka se používají i pro víc různých veličin a navíc jedna veličina může mít různé značky.

Tak třeba délka – l , ale dráha (to je taky jenom délka) – s a třeba výška – h . Stále máme na mysli nějakou vzdálenost a vždycky záleží na okolnostech, která veličina tuto vzdálenost vyjadřuje (a to je dost zákeřné). Neboj se toho a připrav se na to, že v příkladech se to bude různě míchat.

Když už nějakou veličinu máme změřenou, tak to musíme nějak zapsat. Tento výsledek nebo velikost fyzikální veličiny má **dvě složky**:

Kvantitativní – číslo. Pokud jej chceme odlišit, použijeme závorky {}.

Kvalitativní – jednotka (třeba cm, m, ...). Pokud ji chceme odlišit, jsou to závorky [].

Příklad, jak se ty závorky používají:

Máme délku $l = 1 \text{ m}$, pokud nás bude zajímat jenom číselná hodnota, tak to můžeme zapsat takto: $\{l\} = 1$, pokud nás bude zase zajímat spíš jednotka, tak: $[l] = \text{m}$. Abychom si to zapamatovali, podívejme se na tento zápis:

$$l = \{1\} [\text{m}]$$

Pokud budeme zapisovat fyzikální veličinu, tak nesmíme zapomenout na její jednotku. Jinak bychom mohli plést „koše s baňama“. Tento zápis budeme dodržovat i v příkladech. Pokud by to ale někomu vadilo (kvůli přehlednosti), pak ať si jinou barvou píše čísla a jinou barvou jednotky. Osvědčené je použití dvoubarevné propisky nebo propisky a tužky.

A ještě jeden poznatek, fyzikální veličina by se podle normy měla zapisovat kurzívou, jednotka pak normálním písmem.

Vektor a skalár

Fyzikální veličiny můžeme ještě rozdělit na vektory a skaláry (skalár není jenom akvarijní rybička).

Vektor je taková veličina, u které nám záleží i na směru, takže si ji můžeme zakreslit jako orientovanou úsečku. Při zápisu to odlišíme tím, že nad značkou jednotky dáme šipku (šipka vždycky míří doprava i kdyby veličina mířila vlevo). Například síla bude \vec{F} . Ve starých učebnicích ale můžeme najít i takové označení ve kterém je veličina zapsána tučným písmem (na psacím stroji nešla udělat šipka nad písmenkem).

Příklad: rychlost, délka, zrychlení, síla, ...

Skalár je ta veličina, kde směr nemůžeme uvádět, nebo nás nezajímá.

Příklad: objem, čas, ...

Soustavy jednotek

Dřív používali lidé k měření různé jednotky jako lokty, dlaně, pídě a podobně. Byl v tom, slušně řečeno, čurbes. On totiž každý má ten loket jinak dlouhý. Postupně se to snažili lidé nějak sjednotit. Z těchto dohod se staly normy a ČR od roku 1990 používá měrný systém SI, stejně jako velká část světa (ale pořád jsou státy, které počítají v mílech, stopách a galonech).

Při práci s jednotkami a veličinami se setkáme s těmito druhy:

Základní jednotky – je jich 7 a všechny je najdeme v myšlenkové mapě.

Odvozené jednotky – jsou odvozeny ze základních jednotek, většinou mají svoji vlastní jednotku, ale dají se převést na nějaký vzorec, kde jsou jenom základní jednotky.

Vedlejší jednotky – nejsou v SI, ale používají se už tak dlouho, že by je bylo těžké přestat používat (litr, tuna, minuta, ...) a tak jsou tolerované.

Pokud chceš vypadat jako exot, tak zkus doma říct, že se vrátíš za 7 200 sekund, nebo abys vypadal ještě líp, tak řekni, že přijdeš za 7,2 kilosekund. Uvidíš, co ti na to doma řeknou. Normální člověk by pravděpodobněji řekl, že se vrátí za 2 hodiny.

Násobné a dílčí – používají se tehdy, pokud by byly základní jednotky moc velké nebo naopak moc malé. Je jednodušší říct 2 cm než 0,02 m. Jak se používají, všichni víme, prostě se před základní jednotku, například m (metr), přidá násobná nebo dílčí předpona, například c (centi). Dohromady to dá cm (centimetr).

Převody jednotek – výpočty

Některé převody jsou jednoduché, některé složitější. Pojdme se na ně podívat tak nějak prakticky.

Pokud máme třeba 2,3 km a máme to převést na m, tak máme několik možností:

víme, že k (kilo) znamená 1000 \Rightarrow 2,3 km = 2,3 · 1000 m = 2300 m (machi místo 1000 použijí 10^3)

víme, že k (kilo) znamená 1000 \Rightarrow desetinnou čárku posunu o 3 místa vpravo (2,3000 \rightarrow 2300,0). Tento postup není úplně vědecký, ale používá se.



Při převodu z menších na větší je to podobné, třeba 1,7 cm na m:

c (centi) je 0,01 => $1,7 \text{ cm} = 1,7 \cdot \mathbf{0,01} \text{ m} = 0,017 \text{ m}$

c (centi) je 0,01 => desetinnou čárku posunu o 2 místa vlevo (0001,7 → 00,017)

Při převodu ze základní na násobnou/dílní. Například 12 m na mm.

m (mili) je 0,001, to nemáme, ale potřebujeme =>
 $12 \text{ m} = 12 : 0,001 \cdot \mathbf{0,001} \text{ m} = 12 : 0,001 \text{ mm} = 12000 \text{ mm}$

m (mili) je 0,001 => desetinnou čárku posuneme o 3 vpravo (12 → 12000)

Pokud budu převádět a ani jedna z jednotek nebude základní, tak je to trošku komplikovanější.

Tak třeba 12 mm na km:

postupně: m je 0,001 (ted' jsem na metrech) a potřebuji ještě k, to je 1000
=>

$12 \text{ mm} = 12 \cdot \mathbf{0,001} \text{ m} = 0,012 \text{ m} = 0,012 : 1000 \cdot \mathbf{1000} \text{ m} = 0,000012 \text{ km}$

mezi m (mili) a k (kilo) je rozdíl 6 desetinných míst, je to z menších na větší (takže posun vpravo o 6 desetinných míst) => 00000012 → 00,000012

Složitější přepočty

$$12 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mm}^2$$

tady pozor ono je to jakoby $\text{cm} \cdot \text{cm} \rightarrow \text{mm} \cdot \text{mm}$, takže musíme počet desetinných míst, o které budeme čárku posunovat, zdvojnásobit. $12 \text{ cm} = 120 \text{ mm}$. $12 \text{ cm}^2 = 1200 \text{ mm}^2$.

U složitějších vzorců je to ještě zajímavější.

$$2,4 \frac{\text{gkm}}{\text{min}^2} = 2,4 \frac{0,001 \cdot 1000 \text{ kgm}}{60^2 \frac{\text{s}^2}} = 2,4 \frac{1 \text{ kgm}}{360 \text{ s}^2} = 2,4 \cdot 0,0028 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} = 0,00672 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}$$

Možná se ptáš, kde zjistíš, že mili je 0,001 a podobně, tak třeba v následující tabulce:

Předpona	značka	Násobek	Násobek (10^x)
peta	P	1 000 000 000 000 000	10^{15}
tera	T	1 000 000 000 000	10^{12}
giga	G	1 000 000 000	10^9
mega	M	1 000 000	10^6
Kilo	k	1 000	10^3
hekto	h	100	10^2
deka	da	10	10^1
---	---	1	10^0
deci	d	0,1	10^{-1}
centi	c	0,01	10^{-2}
mili	m	0,001	10^{-3}
mikro	μ	0,000 001	10^{-6}
nano	n	0,000 000 001	10^{-9}
piko	p	0,000 000 000 001	10^{-12}
femto	f	0,000 000 000 000 001	10^{-15}

No a teď si to pojd'me zkusit

8,2 cm =	m	0,1 km =	m
26 mm =	m	6 dm =	mm
5,4 dm ² =	mm ²	3 cm ³ =	mm ³
0,4 mm ² =	cm ²	0,1 dm ³ =	m ³
$12 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$		$\frac{\text{m}}{\text{s}}$	
$1,2 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = \frac{1}{60} \frac{\text{m}}{\text{s}}$		$\frac{\text{m}}{\text{s}}$	



[http://www.fyzikajinak.cz/
prevody-jednotek/](http://www.fyzikajinak.cz/prevody-jednotek/)

Správné řešení (po řádcích):

0,082 m, 100 m, 0,026 m, 600 mm, 54000 mm², 3000 mm³, 0,004 cm², 0,0001 m³, $3,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $0,72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$