

výpočty fyzikálních úkolů

Milí kamarádi,

s novým školním rokem je tady i nový, v pořadí již šestý, ročník našeho korespondenčního semináře Výfuku.

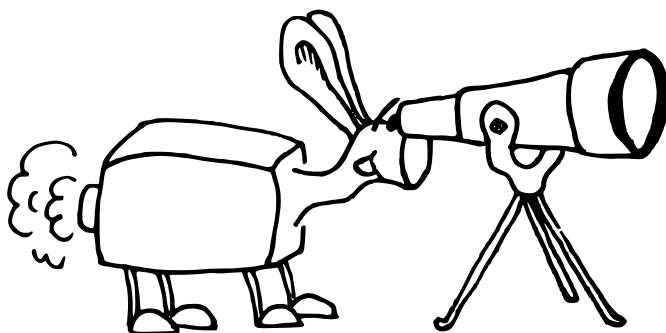
Uvnitř brožurky naleznete již tradičně jednu jednoduchou úlohu pro mladší řešitele, jednu matematickou úlohu a tři fyzikální. Dále pak následuje experimentální úloha a zadání úloh k Výfučení. Pod tímto termínem rozumíme krátký naučný text, který pojednává o zajímavých fyzikálních a matematických tématech. Výfučení, které naleznete na konci této brožurky, se věnuje více či méně známým fyzikálním jednotkám.

V průběhu školního roku vydáme dohromady šest sérií, které se vyhodnotí na jaře příštího kalendářního roku. Nejlepší řešitele oceníme věcnými cenami dle vlastního výběru (ze široké nabídky knížek, společenských her atd.). Věříme ale, že kromě cen si z řešení Výfuku odnesete mnoho nových poznatků a dobrý pocit ze zdárně vyřešených problémů, se kterými nepohne jen tak leckdo!

Hodně bodů do nového ročníku vám přejí

Organizátoři

vyfuk@vyfuk.mff.cuni.cz



matfyz

Jak se zapojit

Pokud jste již Výfuk řešili loni nebo jste řešiteli prázdninové série, stačí nám úlohy pouze poslat poštou. Posíláte-li řešení elektronicky, stačí se jen přihlásit do databáze a nahrát vaše řešení. Zbrusu noví řešitelé se musí registrovat. Návod pro registraci naleznete na webu Výfuku.¹

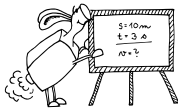
Připomínáme pouze, že v souladu s pravidly Výfuku² nesmí být řešení dvou nebo více úloh sepsaná na stejném listě papíru (ve stejném souboru pdf) a všechna řešení musí být podepsaná.

Akce Výfuku

I letos se můžete těšit na spoustu akcí, které Výfuk pro své řešitele organizuje. Na podzim proběhne *Podzimní setkání* aneb krátká víkendová akce, kde se mohou setkat řešitelé s organizátory. Na jaře se pak bude konat stejná akce s názvem *Jarní setkání*.

V létě se můžete těšit na *Letní tábor Výfuku*, který trvá dva týdny a je určen pro nejlepší řešitele Výfuku. Chcete-li se tábora zúčastnit, snažte se dosáhnout co nejlepší bodový zisk v prvních třech sériích, na základě kterých stanovujeme pořadí, v jakém vás budeme na tábor zvát.

Nejbližší akcí, které se však můžete zúčastnit, je týmová soutěž *Náboj Junior*, která proběhne 25. listopadu na 16 místech v Česku. Více informací o soutěži i registrační formulář hledejte na stránkách soutěže <https://junior.naboj.org/>.



Zadání I. série

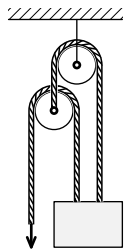


Termín doručení: 31. 10. 2016 20.00

Úloha I.1 ... Zvedání závaží ⑥ ⑦

Viktor si sestrojil svůj vlastní kladkostroj (viz obrázek 1), s jehož pomocí je schopen zvednout vše, co kolem sebe vidí. Pořád ale není spokojen, jelikož se mu zdá, že předměty na jeho kladkostroji stoupají pomaleji, než by si přál. O kolik vystoupá závaží pověšené na Viktorově kladkostroji, popotáhne-li lano o 60 cm?

4 body



Úloha I.2 ... Tajemná Pavla ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

7 bodů

Pavla si myslí dvě čísla, x a y . Protože má ráda tajemství, kamarádce Evě prozradila jen to, že platí $x + y = xy = 6$. Eva se pak zamyslela a řekla Pavle, že její čísla zná, a jako důkaz jí sdělila číselnou hodnotu výrazu $x^2 + y^2$.

Jaká je hodnota tohoto výrazu? A jak se k ní lze dopracovat?

Obr. 1:
Kladkostroj

¹http://vyfuk.mff.cuni.cz/jak_resit/jak_se_zapojit

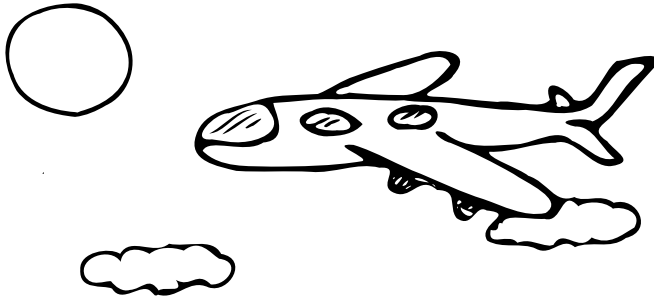
²http://vyfuk.mff.cuni.cz/jak_resit/pravidla

Úloha I.3 ... Létání ve větru ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

6 bodů

Vzdálenost měst Washington a San Francisco je přibližně 4 344 km. Letadlo letící z Washingtonu do San Franciska ji uletí za 6 hodin a 30 minut. Zpátky však trvá téměř letadlu cesta pouze 5 hodin a 20 minut. Rozdíl v době letu je způsoben atmosférickými proudy, které se nachází ve vyšších vrstvách atmosféry a proudí ze západu na východ rychlostí u .

Ze zadaných údajů zjistěte, jakou dobu by letadlu trvala cesta mezi městy v případě, že by toto proudění náhle ustalo.

**Úloha I.4 ... Houpačka ⑥ ⑦ ⑧ ⑨**

7 bodů

Petr a David sedí v rovnováze na houpačce o délce 2,6 m. Jelikož Petr váží $m_P = 70$ kg a David $m_D \neq m_P$, houpačka je podepřena tak, že délky jejich ramen jsou v poměru 6 : 7.

Sedět v rovnováze kluky velmi rychle omrzelo, proto se dohodli, že si místa na houpačce vymění. David ale tuší, že po výměně bude ve značné nevýhodě. Naštěstí má po ruce celou sadu závaží. Jak těžké závaží si má s sebou vzít na houpačku, aby byli kluci v rovnováze i po výměně míst?

Úloha I.5 ... Mince ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ★

7 bodů

K vyřešení této úlohy si sežňte malou minci (desetikorunu) a skleničku. Minci umístěte na světlou podložku (například list papíru), poté na ni položte prázdnou skleničku.

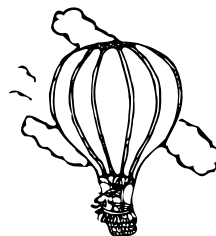
- (1) Nejdříve se na minci dívejte z boku přes sklenici. Vidíte ji? Pak do sklenice nalijte vodu. Změnilo se něco? Svá pozorování popište.
- (2) Zjistěte, proč pozorovaný jev nastává.
- (3) Nakreslete obrázek světelných paprsků, které prochází skleničkou a odráží se od mince v případě, že je sklenička naplněna vodou.
- (4) Jakou kapalinou můžeme nahradit vodu ve skleničce, aby tento jev nenastal?

Úloha I.E ... Vzduchoplavecká ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

7 bodů

Horkovzdušné balóny létají díky existenci nenulové vztlačové síly vzduchu. Tato síla je ale fyziky často zanedbávána, protože je údajně v „lidském měřítku“ příliš malá. Ověřte nebo vyvráťte toto tvrzení experimentálně a změřte, jak velkou vztlačovou silou působí vzduch na vaše tělo.

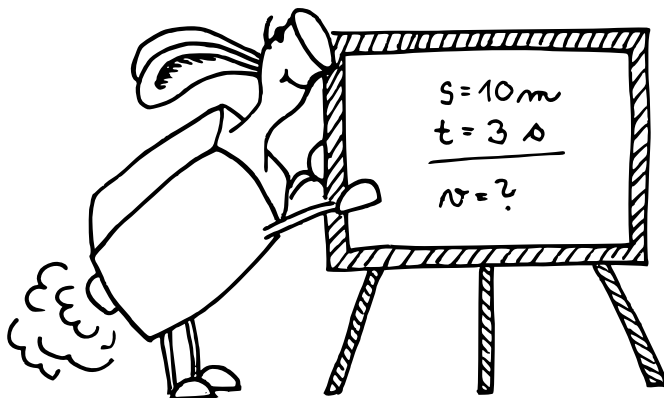
Provedení experimentu necháváme čistě na vás. Můžete ale bez dalšího měření využít fakt, že hustota vzduchu je přibližně rovna $1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.



Úloha I.C ... O jednotkách ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

6 bodů

- (a) Paťo si domů pořídil super skalpel, který dokáže řezat i ty neteňčí materiály a kousek kovu s délkou 1 mm. Kov začal postupně pūlit, čímž získával menší a menší části. Kolikrát musí Paťo rozpūlit svůj kousek, aby dostal část tlustou méně než 1 Å?
- (b) Hmotnost elektronu je $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. Vypočítejte klidovou energii elektronu a udejte ji v kiloelektronvoltech (keV).





Výfučtení: 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 elektronu³ 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.

³Náboji 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
UK v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta
V Holešovičkách 2
180 00 Praha 8**

www: <http://vyfuk.mff.cuni.cz>
e-mail: vyfuk@vyfuk.mff.cuni.cz

Výfuk je také na Facebooku 
<http://www.facebook.com/ksvyfuk>

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty 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/>.