Milí fyzikální přátelé

Právě se vám dostalo do rukou zadání I. série X. ročníku Fyzikálního korespondenčního semináře pořádaného Katedrou teoretické fyziky MFF UK. Doufáme, že vás naše úlohy zaujmou a že si najdete nějaký ten čas na řešení příkladů a vymýšlení nejrůznějších fyzikálních nápadů. Aby vše probíhalo k vaší i naší plné spokojenosti, připojujeme pár organizačních poznámek:

i) s první sérií nám na zvláštním papíře pošlete se svým jménem adresu školy, třídu, kterou navštěvujete, adresu místa, na které vám máme zadání posílat (nejlépe domů) a datum narození.

ii) řešení každé úlohy pište na **zvláštní list papíru formátu A4**, případně **A5**, pokud tomu rozsah řešení odpovídá a chcete šetřit papírem. Na každý list uveďte své jméno, číslo řešené úlohy a číslo listu, má-li jich daná úloha více (u rozsáhlejšího řešení se vyplatí vše sepnout dohromady – listy řešení, tabulky, grafy apod.).

iii) úlohy řešte samostatně a svá řešení pište úhledně a čitelně, nečitelná řešení nejenže nemůžeme opravit a ani obodovat, ale navíc nám zaberou spoustu času.

iv) rozmyslete si, zda poštovní služby ve vašem regionu jsou dostatečně spolehlivé. Pravidelně se nám stává, že se během roku několik odeslaných řešení nenávratně ztratí. Chcete-li mít jistotu, posílejte svá řešení doporučeně.

v) nemusíte samozřejmě poslat řešení všech úloh. I jenom ta jedna úloha má smysl. Nebojte se odeslat třeba i jen náznak řešení či nějaký zajímavý postřeh k úloze. Fyzika je hra a zábava.

vi) kdokoli se může zapojit i v průběhu roku (smíří-li se s bodovou ztrátou za ostatními řešiteli), na požádání mu zašleme předchozí série semináře.

vii) řešení posílejte **včas**. Objektivní důvody pozdního odeslání budeme tolerovat jen výjimečně. Každá série má své datum odeslání a není tam jen na okrasu.

Za organizátory FKS

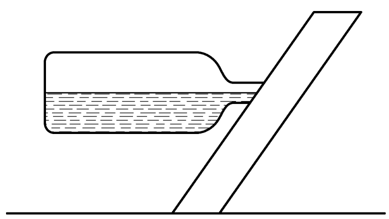
Mirek Beláň

Zadání I. série

Termín odeslání: 29. října 1996

Úloha I . 1 ... *stojánek na víno*

Firma Strýček Skrblík s. r. o. zaplavila domácí i zahraniční trhy geniálním výrobkem – dřevěným stojánkem na víno, jehož podobu si můžete prohlédnout na obr. 1. Bude tento stojánek funkční? Závisí stabilita systému stojánek – láhev vína na velikosti a tvaru láhve či na množství moku v láhvi obsaženém? A pokud ano, tak jak?



Obr. 1

Úloha I . 2 ... *alchymistické zrcadlo*

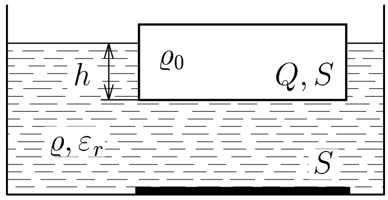
Mějme válcovou nádobu se rtutí. Roztočíme ji úhlovou rychlostí ω kolem rotační osy. Určete ohniskovou vzdálenost zrcadla, které tvoří povrch rtuti.

Úloha I . 3 ... *ponořit se či neponořit?*

Velká nádoba je naplněna tekutým dielektrikem hustoty ρ a relativní permitivity ϵ_r. Na dně nádoby je tenká kovová deska o ploše S. Nad ní plave vodivý hranol hustoty $\rho_0 < \rho$, jehož podstava má obsah S. Na hranol přivedeme elektrický náboj Q (viz obr. 2). Jak ovlivní elektrické pole hloubku ponoru hranolu, víte-li, že

a) deska na dně je uzemněna,

b) deska není uzemněna?



Obr. 2

Zaveďte takové zjednodušující předpoklady, abyste byli schopni úlohu řešit, a pokuste se odhadnout chybu, kterou vaše zjednodušení do výsledku vnesou.

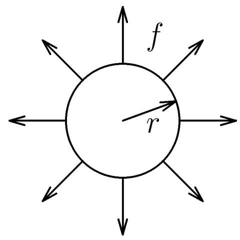
Úloha I . 4 ... *překvapení po procitnutí?*

Představte si, že jdete večer klidně spát a do rána se veškeré vzdálenosti a rozměry všech předmětů zvětší desetkrát, přičemž jejich hmotnost se nezmění. Zanechá tato událost nějaké stopy na vaší existenci? A pokud ano, tak jaké?

Úloha I . 5 ... *balónek*

Jak moc můžete nafouknout pouťový balónek, dokud nepraskne?

Předpokládejte, že balónek má tvar koule. Nenafouknutý nechť má poloměr r_0. Je z gumové blány, která má v přiblížení tyto elastické vlastnosti: roztahujeme-li kruh vyříznutý z této blány na okraji tak, že síla na jednotku délky obvodu je f, bude poloměr kruhu r přímo úměrný f, $r = r_0(1 + af)$; a je konstanta úměrnosti (viz obr. 3). Materiál praskne při maximální síle na jednotku délky f_{max}.

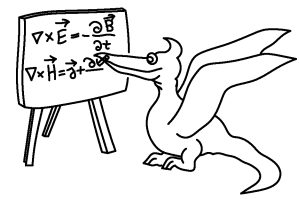


Obr. 3

Na jedno nadechnutí naberete do plic objem V_{fuk} vzduchu a ten pak fouknete do balónku. Kolikrát můžete do balónku fouknout, než praskne, a jaký bude mít rozměr?

Úloha I . 6 ... *výše mého domova hvězd se bude dotýkat...*

První experimentální úloha letošního ročníku je svým zadáním poměrně jednoduchá, poskytuje však velký prostor pro vaši nápaditost a vynalézavost: Změřte výšku vašeho bydliště co nejvíce způsoby a výsledky porovnejte. Nebojte se odvážných nápadů, originalita řešení bude kladně hodnocena. Spočítejte také nebo alespoň odhadněte chyby měření nezapomínajíce na to, že ve fyzice platí: *jedno pozorování = žádné pozorování!*



Seriál na pokračování

Předmluva

Námětem letošního Seriálu na pokračování je astronomie a astrofyzika. Nechceme zde podat nějaký ucelený přehled vědomostí těchto oborů, ale zaměříme se pouze na několik dílčích témat. Po této úvodní kapitole, kterou věnujeme základním veličinám a pojmům potřebných v dalších částech, se budeme zabývat předpovídáním poloh planet z Keplerových zákonů a některými dalšími problémy nebeské mechaniky. Pak bude následovat kapitola o tom, proč svítí hvězdy, a nástin tvorby modelů hvězd. Za další téma jsme si zvolili nukleogenezi vesmíru (tj. časový vývoj zastoupení jednotlivých prvků ve vesmíru) a v poslední, šesté kapitole se dovíte něco o dvojhvězdách a vícenásobných systémech hvězd.

Kapitola 1

V této úvodní kapitole ještě nepůjde o žádnou fyziku. Věnujeme ji zavedení některých pojmů a veličin běžně v astronomii používaných.

Délkové míry užívané v astronomii jsou tři: astronomická jednotka, světelný rok a parsek. **Astronomická jednotka (AU)**, střední vzdálenost Země od Slunce, slouží především k popisu dějů ve Sluneční soustavě. Její velikost je $1\,\mathrm{AU} = 1{,}495\,978\,706(2).10^{11}\,\mathrm{m}$. **Světelný rok (ly – light year)** je vzdálenost, kterou světlo urazí za jeden rok, takže $1\,\mathrm{ly} = 9{,}461.10^{15}\,\mathrm{m} = 63\,232{,}68\,\mathrm{AU}$. **Parsekem (pc)** se označuje vzdálenost, ze které by bylo vidět kolmo postavenou úsečku délky 1 AU pod úhlem jedné obloukové vteřiny: $1\,\mathrm{pc} = 3{,}086.10^{16}\,\mathrm{m} = 3{,}262\,\mathrm{ly} = 206\,265\,\mathrm{AU}$.

Jasnosti hvězd se v astronomii udávají v tzv. **hvězdných velikostech**, neboli **magnitudách**. Tento pojem používali již staří Řekové – rozdělili hvězdy viditelné okem do šesti skupin. Nejjasnější byly první hvězdné velikosti, ty na hranici viditelnosti pak šesté. Ve snaze přibližně zachovat toto rozdělení zavedl Pogson v 19. století zdánlivou hvězdnou magnitudu vztahem $m_A - m_B = -2{,}5\log(\Phi_A/\Phi_B)$, kde m_A, m_B jsou zdánlivé hvězdné velikosti dvou hvězd, Φ_A, Φ_B jsou odpovídající zářivé toky plochou jednoho čtverečního metru postaveného kolmo na směr k hvězdě a funkcí log je míněn dekadický logaritmus. Tento vztah (tzv. **Pogsonova rovnice**) nedefinuje pojem zdánlivé magnitudy úplně. Musíme ještě zadat magnitudu nějaké referenční hvězdy (dříve to byla Polárka, jenže později přesnější měření ukázala, že nepatrně svoji jasnost mění). Přívlastek zdánlivá vyjadřuje fakt, že se jedná o jasnosti měřené ze Země. Pro srovnání jsou v tabulce č. 1 uvedeny zdánlivé magnitudy některých objektů.

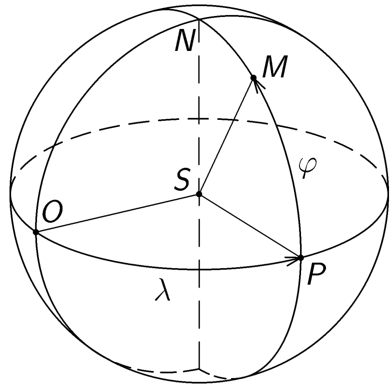
Zdánlivé jasnosti některých objektů na obloze

Magnituda	*Objekt na obloze*
−26,7	Slunce
−12	Měsíc v úplňku
0,0	Vega
6	hvězdy na hranici viditelnosti okem
29	nejslabší hvězdy pozorovatelné Hubbleovým teleskopem

Zavádí se ještě pojem **absolutní magnitudy (M)**, což je jasnost, kterou by daný objekt měl ve vzdálenosti 10 pc od Země. Vztah mezi touto veličinou a zdánlivou magnitudou snadno dostaneme, uvědomíme-li si, že zářivý tok klesá se čtvercem vzdálenosti od zdroje.

Ještě si povíme něco o tom, jak astronomové udávají polohu těles na obloze. Všechny astronomické objekty jsou velmi daleko, a tak nevnímáme jejich vzdálenost. Můžeme si představit, že se promítají na zdánlivou nebeskou sféru, v jejímž středu se nacházíme. Pro popis polohy objektu na kouli si vystačíme se dvěma úhly, například polohu na zemském glóbu udáváme pomocí zeměpisné délky a šířky. Tato souřadná síť je definována jednou orientovanou rovinou procházející středem sféry (rovina zemského rovníku a určení směru k severnímu pólu N) a bodem O na rovníku, který určuje nultý poledník a tím i místo, odkud odečítáme zeměpisnou délku. Konvence se volí většinou taková, že kladný směr zeměpisné délky (a příslušných úhlů v jiných souřadných systémech) se jeví ze severního pólu proti směru chodu hodinových ručiček. Máme-li určit souřadnice bodu M, provedeme to takto: bodem M vedeme poledník (tj. rovinu SNM), najdeme průsečík P tohoto poledníku s rovníkem, přičemž vybereme ten, do kterého se můžeme dostat z bodu M bez toho, abychom prošli severním nebo jižním pólem; zeměpisná šířka φ je pak $\angle MSP$ (vezmeme jej kladně, pokud M leží na severní polokouli) a zeměpisná délka λ $\angle OSP$ (viz obr. 4).

V astronomii potřebujeme takový souřadnicový systém, aby v něm polohy hvězd pokud možno co nejméně závisely na čase. Tento požadavek splňují například tyto dvě roviny – rovina **ekliptiky**, tj. rovina oběhu Země kolem Slunce (pohyb v radiálním gravitačním poli se vždy děje v rovině) a rovina zemského rovníku. Rovina rovníku však není v prostoru stabilní – Země, obrovský setrvačník, vykonává precesní pohyb (tj. osa rotace se pohybuje po plášti kužele). Doba jednoho oběhu osy po plášti kužele trvá 26 000 let, a tak je změna rovníkových a ekliptikálních souřadnic (viz dále) jen velmi malá. Průsečík ekliptiky a roviny rovníku definuje přímku, která protíná nebeskou sféru ve dvou bodech, tzv. **jarní a podzimní bod**. Jarní bod odpovídá místu na obloze, kde se Slunce nachází v den jarní rovnodennosti a podzimní bod poloze Slunce v den podzimní rovnodennosti.



Obr. 4

Rovina ekliptiky je základní rovinou **ekliptikálních souřadnic**. Ekliptika nám rozděluje prostor na dva podprostory. Kladný směr (tj. směr k severnímu pólu ekliptiky) leží v tom podprostoru, do kterého míří severní pól Země. „Nultý poledník“ je dán jarním bodem (což odpovídá bodu O na obr. 4). Odpovídající souřadnice se nazývají ekliptikální délka a šířka.

V astronomii nejužívanější **rovníkové souřadnice** jsou dány rovinou zemského rovníku orientovanou k severnímu pólu a jarním bodem. Analog zeměpisné délky se nazývá rektascenze α (může se udávat ve stupních, ale nejčastěji se udává v hodinové míře, 24 hodin odpovídá 360°). Obdobou zeměpisné šířky je **deklinace** δ, udávaná ve stupních.

Úloha S . I . . . ***Na procvičení pojmu hvězdné velikosti:***

a) Jaká je absolutní magnituda Slunce M, je-li jeho zdánlivá magnituda $m = -26{,}74$?

b) Složky dvojhvězdy Castor v souhvězdí Blíženců jsou v dalekohledu jasné $m_A = 2{,}0$ a $m_B = 2{,}9$. Neozbrojené lidské oko však tyto hvězdy nerozliší. Jak jasná se jeví tato dvojhvězda při pozorování pouhým okem?

c) V jaké poloze na své dráze se jeví Venuše ze Země nejjasnější? Předpokládejte, že Venuše obíhá kolem Slunce přibližně po kružnici s poloměrem $r = 0{,}7233\,\mathrm{AU}$ a že jasnost v celé viditelné a osvětlené části povrchu Venuše je konstantní. U těch, co neumějí derivovat, se spokojíme s numerickou hodnotou vzdálenosti Venuše od Země; nakreslete si graf závislosti jasnosti Venuše na vzdálenosti a odečtěte z něj polohu největší jasnosti.

d) Pokuste se odhadnout jasnost Venuše v poloze, kdy je na obloze od Slunce úhlově nejdál. Albedo Venuše (tj. poměr odražené ku dopadající intenzitě záření) je 0,76 a její poloměr $R_V = 6\,052\,\mathrm{km}$. Předpokládejte, že záření odražené od Venuše se rovnoměrně rozptýlí do celého poloprostoru a že jasnost každého světlého místa viditelného povrchu bude, jako by Slunce bylo právě nad ním.

e) Určete, v jaké největší a nejmenší výšce nad obzorem se v naší zeměpisné šířce nachází Slunce během roku. Rovina ekliptiky s rovinou zemského rovníku svírá úhel 23,5°.

Naše adresa: FKS, KTF MFF UK
V Holešovičkách 2, 180 00 Praha