

Fyzikálny korešpondenčný seminár

7. ročník, 2013/2014

UFO, KTFDF FMFI UK, Mlynská dolina, 84248 Bratislava

e-mail: otazky@fks.sk

web: <http://ufo.fks.sk>

Ahoj!

Sme študenti Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave. Prinášame Ti výnimočnú súťaž, venovanú žiakom základných škôl, ktorých zaujíma svet okolo nás, takže veríme, že práve Tebe.

Úlohy, ktoré práve držíš v rukách od Teba nevyžadujú znalosti vzorcov alebo poučiek, ale tvorivý prístup a chuť zamyslieť sa nad zaujímavým problémom. Často bude úlohou zistiť, ako fungujú veci a zariadenia okolo nás, vyrobiť a vyskúšať fyzikálny experiment alebo podumať, prečo sa veci okolo nás dejú tak, ako sa dejú.

Takže ak aj nevynikáš znalosťami z fyziky, ale zaujíma Ťa svet okolo Teba a nebojíš sa roztočiť svoje mozgové závitky, nečakaj s riešením už ani sekundu. . . a ako vlastne súťažiť?

Celé to prebieha korešpondenčnou formou. Riešenia týchto úloh (to znamená celý postup riešenia a vysvetlenie, nie len výsledok) nám pošli poštou do stanoveného termínu, adresu nájdeš pri príkladoch. Riešenia opravíme, obodujeme a spolu so vzorovými riešeniami a novými úlohami Ti pošleme späť. Takto prebehnú do januára dve série súťaže, na základe ktorých súťaž vyhodnotíme. Tých úplne najlepších odmeníme hodnotnými cenami a všetkých úspešných riešiteľov pozveme na sústredenie. Je to týždňová akcia, ktorá sa uskutoční v niektorej zo slovenských škôl v prírode. Popri prednáškach a seminároch venovaných fyzike na nej zažiješ skvelú zábavu, akčné hry, večery pri gitare, nechýbajú ani divadlá, noví kamaráti a zaujímavé zážitky. Hlavne však spoznáš skvelých ľudí! Ak aj fyzika nebola vždy Tvojou obľúbenou disciplínou, zistíš, že fyzici sú super.

Všetky informácie o UFO, debatu a fotky zo sústrediek (zatiaľ len z tých pre stredoškôlkov) nájdeš na <http://www.fks.sk/>, resp. <http://ufo.fks.sk>

Veľa zdaru Ti prajú Tvoji vedúci!

Seminár podporujú:




iuventa

Pravidlá a postihy (BUBUBU):

- Seminár je určený pre siedmakov, ôsmakov, deviatakov základných škôl a sekundánov, terciánov a kvartánov osemročných gymnázií. Siedmáci (sekundáni) a ôsmáci (terciáni) sú zvýhodnení *prémiou vo výške* $0,015 \cdot D \cdot (M - D)$ bodov pre siedmakov a $0,008 \cdot D \cdot (M - D)$ bodov pre ôsmakov, kde D je dosiahnutý počet bodov a M je maximálny možný počet bodov v sérii (zvyčajne 54).
- Každý príklad píšete na *osobitný papier A4*, viacstranové riešenie zopnite spinkou. Inak u nás v UFO zavládne chaos!
- Na každý papier napíšte hore *hlavičku* s menom, triedou, školou a číslom príkladu.

 Úlohy rieš samostatne! Za odpisovanie strhávame body a sme agresívni.

 Príklady posielajte načas! Rozhoduje *termín odoslania* riešení. Za každý pracovný deň po termíne vám strhneme 2 body. Po týždni už nemusíme príklady opraviť vôbec.

!!! NOVINKA !!!

Ako si iste za chvíľku všimnete, UFO má odteraz príkladov šesť. Štyri príklady sú fyzikálne (ako si ich pamätáte z minulých ročníkov), jeden matematický a jeden seriálový.

Seriálový príklad sa nazýva seriálový preto, lebo na jeho riešenie treba použiť vedomosti, ktoré získate po prečítaní seriálu, ktorý vám prikladáme k zadaniam na samý koniec.

Ako získavať veľa bodov?

Ako v mnohých iných súťažiach, aj tu platí jednoduchá zásada – písať všetko, čo o príklade vieš. Teda, aj keď nevieš celé riešenie, oplatí sa písať časti riešenia, názory, postrehy, pokusy. Nikto nečaká, že sa budeš vyjadrovať ako vyštudovaný fyzik!

Nemaj strach poslať iba niekoľko úloh. Iba málokto vypočíta všetky úlohy a dobre umiestniť sa dá aj s bodmi za menej úloh.

Píš čitateľne a tvoje riešenia budú opravené. Píš nečitateľne a tvoje riešenia budú tiež opravené. Ale predsa by si nás nechcel týrať.

Ak sa ti nepáči, ako bol príklad obodovaný, pripíš naň rozumný argument, prečo si myslíš že je hodný viac bodov a pošli späť. Opravovateľ sa zamyslí a možno aj preboduje.

Pokiaľ nepochopíš presne zadanie príkladu, môžeš sa e-mailom pýtať na podrobnosti! Pokiaľ máš prístup k internetu, oplatí sa tiež sledovať debatu zverejnenú na našej stránke (<http://ufo.fks.sk>) Pokiaľ by bola v príklade nejaká vážnejšia nejasnosť, nebodaj chyba v zadaní, na debate sa zjaví opravené zadanie príkladu.

A hlavne, nenechávajte si príklady na poslednú chvíľu. Skúsenosti potvrdzujú, že za menej ako posledné dve chvíle sa UFO vyriešiť nedá.

Riešiť UFO?

- + Spoznáš skvelých ľudí.
- + Naberieš dačo do hlavy.
- + Dostaneš sa na sústredko.
- + Časom môžeš plynule prejsť na stredoškolské kategórie nášho seminára.

- Po sústredku ti bude smutno, že bolo také krátke.
- Nebudeš môcť spať od nedočkavosti, kedy ti príde opravená séria.
- Mohli by ti narásť zelené tykadlá.



Návratka riešiteľa (**nutné poslať spolu s riešeniami 1.série**)

Vyplňte **čitateľne** paličkovým písmom!

Meno a priezvisko: _____ Trieda: _____

Adresa domov a PSČ: _____

Adresa do školy a PSČ: _____

Telefón rodiča (aj predvoľba): _____

Dátum narodenia: _____

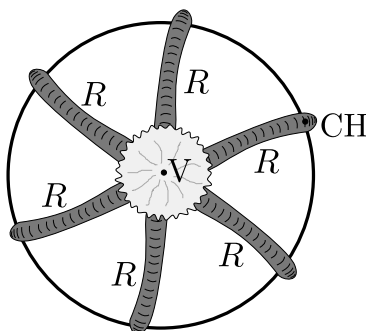
E-mail: _____

Zadania 1. kola zimnej časti 2013/2014

Termín: 28. 10. 2013

1.1 Chobotník pod prúdom (9 bodov)

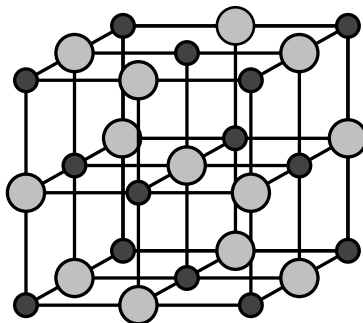
Chobotník Luxusko nemal čo robiť, a tak sa svojimi šiestimi odpornými chobotmi chytil dokonale vodivej obruče. Aký odpor má celá konštrukcia aj s chobotníkom? Každý chobot má odpor R , zvyšok jeho tela má nulový odpor. Chobotníky sa zapájajú do obvodu vrchným vlasom (V) a úchytom chobotu (CH).



Obr. 1: Chobotník (pohľad zhora)

1.2 Chudjakit (9 bodov)

Maťo sa rozhodol, že život ho nebaví. Koho by aj bavilo hopsať hore-dole po schodoch na jednej nohe? Zbral teda Sysľovi starú raketu a odletel si na najbližší asteroid, kde začal geologický prieskum. Vtom zrazu objavil zvláštny kameň. Prešiel ho svojím znalým okom a usúdil, že ide o nový minerál. Nazval ho teda po Maťovi - chudjakit. Po tom, čo nameral, že má hustotu $\rho_{ch} = 5000 \text{ kg/m}^3$, poslal ho Maťovi na rozbor. Ten zistil, že chudjakit sa skladá z atómov gažónu a chudjónu, v pomere 1:1 a usporiadané sú v pravidelnej kockovej mriežke takto:



Obr. 2: Štruktúra chudjakitu

O gažóne sa vie, že jeden atóm váži $m_g = 2 \text{ mg}$ a jeden atóm chudjónu váži $m_{ch} = 3 \text{ mg}$. Aká je vzdialenosť a najbližších dvoch atómov v mineráli?

1.3 Na prechádzke (9 bodov)

Jerguš kráčal po ulici a uvidel pred sebou Kaťu kráčajúcu rovnakým smerom. V okamihu, keď Kaťa prechádzala okolo pouličnej lampy ¹, spustil stopky. Keď prišiel k tej istej lampe Jerguš, na stopkách mal $t_1 = 18$ s a stopky zastavil. Všimol si, že Kaťa práve prechádzala okolo stromu a spustil stopky znova. Keď prišiel k tomuto stromu, na stopkách mal $t_1 = 12$ s. Z toho usúdil, že kráča rýchlejšie ako Kaťa.

Teraz ho zaujíma, ako dlho mu ešte bude trvať, kým Kaťu dobehne. Pomôžte mu to zistiť!

1.4 Les je hustý (9 bodov)

Baklažán minule počul pesničku Les je hustý od Horkýže Slíže ². A nebol by to Baklažán, ak by mu nenapadla otázka: “Ako veľmi je hustý?”. Nájdite vo svojom okolí nejaký les a čo najpresnejšie odhadnite, koľko stromov by sa nachádzalo v tomto lese, ak by mal rozlohu 1 kilometer štvorcový. Presnejšie, Baklažán za strom považuje niečo vyššie, ako ste vy.

1.5 Vážená zelenina (9 bodov)

Jarka vážila svoju obľúbenú zeleninu zo záhradky. Nik nevie, ako sa jej to podarilo, ale každá zelenina rovnakého druhu je rovnako ťažká, kým o rôznych druhoch to neplatí. Teda ľubovoľné dve mrkvy sú rovnako ťažké, kým mrkva a paradajka určite nie sú.

- Vypočítajte hustotu kockatého minimelónu, ktorý váži 5 gigaton a má hranu 42 pikometrov.
- Po vážení zvyšnej zeleniny zistila dve veci. Tri mrkvy, tri petržleny a tri kaleráby vážia o pol kilogramu menej než 4 paradajky. Paradajka, sedem petržlenov, sedem kalerábov a sedem mrkvičiek vážia spolu 2,5 kg.

Koľko bude vážiť spolu Jarkina mrkva, kaleráb a petržlen?

1.6 Jednotky (9 bodov)

I. Zrýchlenie a je definované ako zmena rýchlosti za čas $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Sila ako súčin hmotnosti a zrýchlenia $F = ma$ alebo zmena hybnosti za čas $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$. Tlak, ako sme už spomínali, je podiel sily a plochy, na ktorú pôsobí $p = \frac{F}{S}$. Práca je daná ako súčin dráhy a sily $W = F \cdot s$, energia je rovná vykonanej práci a výkon je vykonaná práca za čas $P = \frac{W}{t}$.

- Vyjadrite na základe týchto vedomostí jednotky sily, gravitačného zrýchlenia, hybnosti, práce, tlaku, energie a výkonu pomocou jednotiek SI.
- Slávny gravitačný zákon dnes zapisujeme ako $F = G \frac{mM}{r^2}$, kde m , M sú hmotnosti, r vzdialenosť a G je konštanta. Aký rozmer má konštanta G ?

¹<http://www.youtube.com/watch?v=9Eyd2qw9kE8>

²<http://www.youtube.com/watch?v=yAPS88pQIcU>

Všimnite si, že na dokonalé pochopenie tohto čísla nám stačí poznať iba prvú číslicu, resp. skupinu číslic, ktoré sú nenulové (tzv. *platné cifry*), a počet núl, ktoré číslo obsahuje (tzv. *rád*). Preto fyzici zaviedli nový spôsob zapisovania veľkých a malých čísel, ktorý sa odborne nazýva *semilogaritmický* zápis. Je to starý známy zápis typu „desať na niečo.“ Vyššie uvedené nepekne vyzerajúce číslo potom vieme elegantne zapísať ako

$$L = 3 \cdot 10^{33} \text{ W}.$$

V tomto zápise sa číslo stojace pred desiatkou nazýva *mantisa* a číslo, na ktoré je desiatka umocnená, *exponent*. Operácie s číslami v semilogaritmickom tvare nie sú vôbec zložité. Stačí si len zapamätať dve pravidlá

- mantisy násobíme a delíme klasicky medzi sebou,
- exponenty pri násobení sčítavame, pri delení odčítavame.

Obzvlášť sa druhé pravidlo hodí vtedy, keď sú exponenty tak veľké alebo naopak malé, že ich ani kalkulačka nevie spracovať. Jednoducho ale môžeme oddelene vypočítať výslednú mantisu, a potom dopočítať exponent.

Jednotky

Jednotky fyzikálnych veličín sú pre fyzikov veľmi dôležité a sú neoddeliteľnou súčasťou zmieňovaných číselných výrazov. Väčšina fyzikálnych veličín má svoju jednotku. Zvyšné veličiny, napríklad účinnosť, jednotku nemajú a nazývame ich bezrozmerné veličiny.

Z fyzikálnych zákonov ale vieme, že veličiny sú nejakým spôsobom previazané. To ale znamená, že rovnakým spôsobom musia byť previazané aj ich jednotky. Skvelým príkladom je definícia tlaku ako podielu sily a plochy, na ktorú pôsobí: $p = \frac{F}{S}$. Jednotka tlaku sa nazýva pascal. Analogicky pre pascal musí platiť, že je to podiel newtonu a metra štvorcového: $p = \frac{N}{m^2}$.

Ak dostaneme vzorec, ktorý má vo výsledku hmotnosť udanú v kilogramoch za sekundu, určite je nesprávny. Kontrola, či majú všetky veličiny správne jednotky v priebehu výpočtu a na samotnom konci dlhého a komplikovaného riešenia, je veľmi účinný spôsob, ako si odhaliť v riešení chybu. Nazýva sa rozmerová analýza. Pri úpravách výrazov s jednotkami pracujeme nasledovne:

- sčítať alebo odčítať dve veličiny môžeme len vtedy, keď majú rovnakú jednotku;
- jednotka súčinu dvoch alebo viacerých jednotiek je súčin ich jednotiek;
- jednotka podielu dvoch veličín je podiel ich jednotiek – rovnaké jednotky v čitateli a v menovateli sa medzi sebou vykrátia.

Zapamätajme si, že ak dosádzame do vnútra funkcií $\sin()$, $\cos()$, $\text{tg}()$, tak výraz, ktorý dosádzame, musí byť bezrozmerný, tj. nemôže mať žiadnu fyzikálnu jednotku (iba radián). Nevieme totiž, akú jednotku má napríklad $\sin(1 \text{ kg})$. Rovnako ani nemôžeme umocňovať na čokoľvek na meter, ale len na bezrozmernú veličinu, teda napríklad na druhú.

Vedecký svet v súčasnosti používa sústavu základných jednotiek SI. Tento systém zahŕňa všetky jednotky používané vo fyzike, s ktorými sa môžete stretnúť. Medzi nimi je

ale skupinka *siedmich základných jednotiek*, z ktorých si zvyšné jednotky vieme odvodiť. Tieto jednotky sú:

jednotka	veličina	definícia
m meter	dĺžka	Dĺžka, ktorú prejde svetlo vo vákuu za $1/299\,792\,458$ s.
s sekunda	čas	$9\,162\,631\,770$ -násobok periódy žiarenia atómu cézia ^{133}Cs .
kg kilogram	hmotnosť	Hmotnosť medzinárodného prototypu kilogramu uloženého na Úrade pre miery a váhy v Sèvres pri Paríži.
K kelvin	termodyn. teplota	$1/273,15$ teploty topenia ľadu pri atmosférickom tlaku.
A ampér	prúd	Prúd tečúci dvomi nekonečnými rovnobežnými vodičmi vzdialenými 1 m, ktorý na meter ich dĺžky vyvolá silové pôsobenie $2 \cdot 10^{-7}$ N.
mol mol	látkové množstvo	Počet atómov v 12 g čistého uhlíku ^{12}C , čo odpovedá asi $6,022 \cdot 10^{23}$ atómom.
cd kandela	svietivosť	Svietivosť zdroja o frekvencii $540 \cdot 10^{12}$ Hz, ktorý žiari do okolia s jednotkovým priestorovým výkonom $1/683$ W.m $^{-2}$.

Okrem základných jednotiek existujú ešte dve pomocné jednotky. Nazývajú sa radián (rad) a steradián (sr). Používajú sa na meranie uhov. Platí, že plný uhol 360° je rovný 2π rad a plná guľa (teda priestorový uhol) má 4π sr. Napriek tomu, že aj toto sú jednotky, v skutočnosti sú uhol aj priestorový uhol bezrozmerné. Používame ich hlavne kvôli tomu, aby sme vedeli, či je daný uhol vyjadrený v stupňoch alebo radiánoch. Nie sú to teda jednotky v pravom slova zmysle. Dôležité sú ale preto, že do všetkých fyzikálnych zákonov musíme uhly dosadzovať v radiánoch.

3

Po zavedení týchto siedmich jednotiek si komunikáciu môžeme zjednodušiť ešte viac, a to zapracovaním samotných exponentov do jednotiek pomocou predpôn.

predpona	čo	nahrádza	predpona	co	nahrádza
da	deka	10	d	deci	10^{-1}
h	hekto	10^2	c	centi	10^{-2}
k	kilo	10^3	m	mili	10^{-3}
M	mega	10^6	μ	mikro	10^{-6}
G	giga	10^9	n	nano	10^{-9}
T	tera	10^{12}	p	piko	10^{-12}
P	peta	10^{15}	f	femto	10^{-15}
E	exa	10^{18}	a	atto	10^{-18}

Teda v súčasnosti je správny a najprehľadnejší zápis nejakej fyzikálnej veličiny v tvare značka – rozumne zaokrúhlená mantisa – jednotka so správnou predponou.

³Určite si hovoríte, prečo vaša kalkulačka počíta správne aj keď radiány nepoužívate. Je to preto, lebo vaša kalkulačka si sama stupne prevádza na radiány. Samozrejme, že sa dá nastaviť aj to, aby ste do nej mohli dosadzovať priamo radiány.

Iné jednotkové systémy

V odboroch ako elektrotechnika alebo zememeračstvo sa namiesto jednotiek SI používajú špeciálne systémy jednotiek, ktoré sú v týchto oblastiach praktickejšie, pretože jednotky dôležitých fyzikálnych konštánt v nich majú pekný tvar.

Jedným z týchto systémov je systém CGS, ktorý bol zavedený Gaussom a Weberom v roku 1836 a je to najstarší používaný systém jednotiek. Ako základné jednotky využíva centimeter, gram a sekundu. Ako sa ale dá vyjadriť prúd v ampéroch pomocou týchto troch jednotiek? Sústava CGS totiž predpokladá, že fyzikálne konštanty, ktoré popisujú elektrické chovanie látok, sú bezrozmerné. Potom ale vieme ampér vyjadriť pomocou zmieňovaných jednotiek, aj keď to nie je úplne pekné. Navyše, táto sústava používa vlastné názvy známych jednotiek, ako napríklad gal pre zrýchlenie, dyn pre silu alebo erg pre energiu. Prevodné vzťahy medzi jednotkami CGS a SI a viac informácií o nich nájdete vo všetkých MFCHT tabuľkách.

Ďalší známy systém je tzv. angloamerický systém. Používa sa hlavne v USA. Sú to známe jednotky stopa, yard, míľa, libra, galón a podobne. Prevod medzi týmito jednotkami a jednotkami SI je komplikovaný, pretože obidva systémy sa vyvíjali oddelene, a teda nemajú pohľadné prevodné vzťahy. Odporúčame si ale zapamätať aspoň dva prevody:

$$\begin{aligned}1 \text{ anglická míľa (mi)} &= 1,61 \text{ km}, \\1 \text{ libra (lb)} &= 0,45 \text{ kg}.\end{aligned}$$

Táto rozmanitosť v jednotkách viedla dokonca k tragédii. V septembri 1999 sa inžinieri z NASA chystali v riadiacom stredisku na manéver, kedy mali za úlohu naviesť sondu Mars Climate Orbiter na obežnú dráhu okolo Marsu. Bohužiaľ, zo Zeme bol k sonde vyslaný signál na zapnutie motorov na ľah v librách, zatiaľ čo sonda bola nastavená na newtony. Po zachytení sinálu v zlých jednotkách bolo už neskoro a sonda zhorela v atmosfére a zrútila sa na povrch Marsu. Zamyslenie, či je takéto používanie dvoch systémov jednotiek správne, nechávame na vás ...