

Úvodem

Milé řešitelky a řešitelé!

Letos se začíná již XXVI. ročník Fyzikálního korespondenčního semináře a první sérii úloh společně s úvodní kapitolou seriálu naleznete právě v této brožurce.

Přejeme vám spoustu příjemných chvil strávených s naším seminářem. Tešíme se na vaše řešení úloh první série.

Organizátoři

Jak se stát řešitelem FYKOSu?

Jednoduše! Stačí se jen **zaregistrovat na našem webu a poslat řešení některých úloh**. Vše lze vyřídit i klasickou poštou, kdy nám kromě řešení pošlete i základní kontaktní informace (můžete využít přichystanou návratku). Poté vám již bude zasíláno zadání dalších sérií na vámi udanou adresu. Není nutné posílat řešení všech úloh, i jedna vyřešená úloha má smysl. Řešitelé, kteří spočítají úplně všechno, jsou výjimkou. Často je dobré poslat i řešení, které není dotažené úplně do konce, žádný učený z nebe nespadá!

Jak FYKOS probíhá?

Šestkrát do roka vám poštou zašleme brožurku se zadáním tzv. *série* osmi úloh. Na jejich řešení máte zhruba pět týdnů. Úlohy pošlete poštou nebo nahrajete na našem webu do zadaných termínů. My během dvou týdnů úlohy opravíme a se zadáním následující série je pošleme poštou zpátky. V den termínu doručení (\approx termín uploadu) se na internetu objeví autorská řešení úloh, proto pozdější odeslání není možné.

Jak mají vypadat řešení jednotlivých úloh?

Ve správném řešení je důležité popsat a odůvodnit postup, jímž byl získán uváděný výsledek. Proto se nebojte psát více k danému problému; čím více nad něčím přemýšlíme, tím lépe.

Posíláte-li řešení běžnou poštou, pište každou úlohu na *zvláštní* papír formátu A4 (menší se nám lehce ztratí) a u horního okraje jej podepište a zřetelně označte číslo úlohy. Je-li vaše řešení některé úlohy na více listech, očíslovte je, podepište a sešijte k sobě.

Obdobná pravidla platí i pro elektronická řešení, ta můžete odesílat přes internetový formulář¹ ve formátu PDF. Doporučení, jak připravit hezké elektronické řešení jsou na webu.²

¹<http://upload.fykos.cz/> – vyžaduje přihlášení.

²<http://fykos.cz/ulohy/elektronicka-reseni>

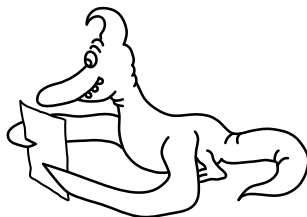
FYKOSí aktuality

Od druhé půlky října pořádáme nejen pro řešitele série přednášek³ s fyzikální tematikou – ve stručnosti: mechanika kladek, mechanika kapalin, statistika, kmitavý pohyb a diferenciální rovnice, aproximace. Přednášky se budou konat v Praze na MFF UK v Troji každý druhý čtvrtek od 18. října do 13. prosince.

Rozhodli jsme se, že letošní TSAF (Týden s aplikovanou fyzikou) pojmeme ve velkém stylu, a proto navštívíme zajímavá místa v zahraničí, nejspíše v Německu a Švýcarsku. Přesný listopadový termín a program akce naleznete na webu.⁴ Co je však důležité – **TSAFu se můžete zúčastnit i jako noví řešitelé FYKOSu**, stačí jen dobře vyřešit první sérii.

Další informace o akcích a aktuality kolem FYKOSu se dozvíte na webu <http://fykos.cz/> a můžete nás sledovat i na Facebooku na oficiální stránce <http://www.facebook.com/Fykos>.

A na další stránce už začíná očekávané zadání úloh první série.



³<http://fykos.cz/akce/prednasky>

⁴<http://tsaf.cz/>



Zadání I. série



Termín uploadu: 16. října 2012 20.00

Termín odeslání: 15. října 2012

Úloha I.1 ... tlustý papír

2 body

Odhadněte tloušťku papíru A4, pokud znáte jeho plošné rozměry, gramáž a hustotu (jak obecně, tak číselně). Potřebné údaje si vyhledejte (či správně odhadněte) pro běžný kancelářský papír.

Úloha I.2 ... odhal svoje vnitřnosti!

2 body

Odhadněte počet elektronů ve svém těle.

Úloha I.3 ... Poledníková

4 body

Nechť jsou podél poledníků a rovnoběžek natažené dráty, které jsou v místech křížení spojené. Jaký naměříme odpor mezi body sítě, které odpovídají zemským pólům, pokud víte, že odpor jednoho metru drátu je ρ ? Poledníky i rovnoběžky uvažujte po 15° .

Bonus Jaký by byl odpor mezi dvěma uzly sítě, které leží na rovníku a naproti sobě?

Úloha I.4 ... crash testy

4 body

Mějme dvě auta o stejné hmotnosti jedoucí proti sobě rychlostí v_0 . V jaké vzdálenosti musí začít brzdit, aby nedošlo ke srážce? Uvažujte dva případy, kdy auta jedou proti sobě na rovině a kdy auta jedou po silnici se sklonem α . Víte, že oba řidiči začnou brzdit v týž okamžik a velikost brzdění síly každého auta je $f \cdot N$, kde N je složka tíhy automobilu kolmá na silnici.

Úloha I.5 ... Young cylinder

5 bodů

Představte si dvoušterbinový Youngův pokus, jen místo klasického plochého stínítka dejte válec s osou směřující kolmo na spojnici šterbin. Střed válce je ve vzdálenosti L od šterbin, poloměr válce je $R = L/2$, vzdálenost šterbin je a . Jak bude vypadat difrakční obrazec po rozvinutí pláště válce do roviny? Udejte polohy maxim pomocí souřadnice x vedené po plášti válce.

Úloha I.P ... větroplach!

5 bodů

Odhadněte, jakou minimální rychlostí musí foukat vítr, aby odnesl papír ležící na stole.

Úloha I.E ... tři šedé vlasy dědy Aleše

8 bodů

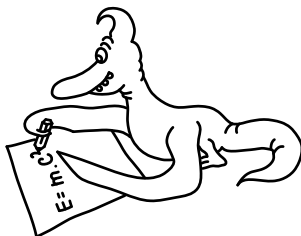
Pokuste se určit některé napěťové charakteristiky v tahu u lidského vlasu. Z vašeho pokusu sestavte co nejpodrobnější graf závislosti použité síly na prodloužení vlasu; z něj potom určete graf závislosti smluvního napětí na relativním prodloužení. Pokuste se z něj vyčíst/odhadnout mez pevnosti, případně i jiné charakteristiky. Měření opakujte alespoň na 3 vlasech stejné osoby.

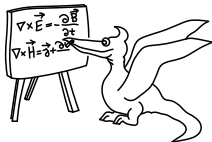
Nápovědy Vhodné jsou hodně dlouhé vlasy – pokud sami takové nemáte, určitě není problém takové sehnat. Průměr vlasu můžete změřit ve škole pomocí mikrometru nebo pomocí laseru. Jako závaží můžete použít mince, které mají docela dobře definované hodnoty hmotnosti.

Úloha I.S ... seriálová

6 bodů

- Vyhledejte z dostupných zdrojů typické vlastnosti plazmatu ve slunečním větru, centru tokamaku a doutnavém výboji a spočítejte příslušnou velikost λ_D .
- Spočítejte vztah pro velikost Debyeovy délky pro plazma tvořené elektrony o teplotě T_e a ionty o teplotě T_i bez předpokladu nehybných iontů.
- Spočítejte rozložení potenciálu mezi dvěma nekonečnými rovnoběžnými vodivými deskami vzdálenými od sebe na vzdálenost d , které jsou drženy na potenciálu $\varphi = 0$. Prostor mezi deskami je rovnoměrně vyplněný plynem nabitých částic o náboji q a koncentraci n .





Seriál: Úvod do fyziky plazmatu a termojaderné fúze

Plazma jakožto čtvrté skupenství hmoty reprezentuje 99 % hmoty ve vesmíru a přestože se s ním na Zemi setkáváme jen výjimečně, hraje důležitou roli v řadě technologických procesů, které slouží k výrobě předmětů denní potřeby. V neposlední řadě je klíčem k ovládnutí řízené termojaderné fúze. V tomto seriálu se budeme nejprve zabývat základními pojmy z fyziky plazmatu a následně rozebereme problematiku udržení plazmatu pro potřeby jaderné fúze, zvláště v zařízení zvaném TOKAMAK.

Co je to plazma

Dle definice je plazma *kvazineutrální plyn nabitých a neutrálních částic, který vykazuje kolektivní chování*. Ač se tato definice může zdát velmi obecná, obsahuje všechny klíčové vlastnosti, které odlišují plazma od jiných skupenství hmoty.

1. Plazma je směs neutrálních a nabitých částic. K určení stupně ionizace (poměru koncentrace nabitých a neutrálních částic) můžeme použít Sahovu rovnici

$$\frac{n_i}{n_n} \approx 2,4 \cdot 10^{21} \cdot \frac{T^{3/2}}{n_i} e^{-\frac{U_i}{kT}},$$

kde n_i je koncentrace nabitých částic, n_n koncentrace neutrální, T teplota plynu a U_i ionizační potenciál atomů plynu. Je zřejmé, že aby byl stupeň ionizace nezanedbatelný, je třeba plyn ohřát na teplotu, při které budou mít jeho částice energie blízké ionizačnímu potenciálu U_i . Ten je pro elektrony na nejvyšších atomárních hladinách typicky v řádu elektronvoltů, což odpovídá teplotám větším než 10 000 K. S takovými teplotami se v přírodě okolo nás často nesetkáváme, a tak je naše bezprostřední zkušenost s plazmatem obvykle omezena na pozorování blesků či polární záře. Z umělých plazmatických zdrojů jsou ale běžně rozšířené zářivky a neonové osvětlení. Ve vesmíru je ovšem plazma prakticky všudypřítomné, nalézá se ve hvězdách, v mezihvězdných mlhovinách i např. ve slunečním větru.

2. Plazma se globálně jeví jako *kvazineutrální*, tj. jsou v něm shodně zastoupeny částice s kladným i záporným nábojem. Tím se liší např. od svazku částic v urychlovači. Tato vlastnost neplatí lokálně, kde může docházet k separaci náboje (např. při kontaktu plazmatu s pevným předmětem).
3. Plazma vykazuje *kolektivní chování*. Tato vlastnost zaručuje, že hlavní interakcí mezi částicemi plazmatu jsou Coulombovské síly, tj. síly dlouhého dosahu. V praxi to znamená, že událost v jedné části plazmatického oblaku (např. lokální separace náboje) může vytvořit elektrické pole, které ovlivní zbytek plazmatu. Tím se plazma odlišuje od plynu, kde jsou hlavní interakcí elastické srážky, které mají lokální charakter.

Debyovské stínění

Základní vlastnosti plazmatu se názorně projeví, pokud je necháme interagovat s pevným předmětem. Jako příklad takového objektu si můžeme představit mřížku, kterou nabijeme na určitý potenciál a vložíme do plazmatického oblaku. Při výpočtu profilu elektrického potenciálu v okolí mřížky vyjdeme z jedné z Maxwellových rovnic

$$\nabla^2 \varphi = \frac{\rho}{\varepsilon_0} = -\frac{e(n_i - n_e)}{\varepsilon_0}, \quad (1)$$

kde je náboj ρ tvořený rozdílem koncentrace iontů n_i a elektronů n_e (neuvažujeme vícenásobně nabitě ionty). Budeme uvažovat nekonečně hmotné nepohyblivé ionty, které tvoří pozadí k Boltzmannovským elektronům, které reagují na elektrický potenciál

$$\begin{aligned} n_i &= n_\infty, \\ n_e &= n_\infty e^{\frac{e\varphi}{kT_e}}. \end{aligned}$$

Převedeme-li rovnici (1) na jednorozměrný problém a dosadíme-li za hustoty, získáme diferenciální rovnici

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} = \frac{en_\infty}{\varepsilon_0} \left(e^{\frac{e\varphi}{kT_e}} - 1 \right),$$

kteřá se nedá jednoduše vyřešit. Exponenciální člen můžeme rozvést do Taylorovy řady

$$e^{\frac{e\varphi}{kT_e}} = 1 + \frac{e\varphi}{kT_e} + \frac{1}{2} \left(\frac{e\varphi}{kT_e} \right)^2 + \dots$$

Za předpokladu, že $e\varphi/(kT_e) \ll 1$, můžeme uvažovat pouze první dva členy rozvoje a rovnice se tak zjednoduší na

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} = \frac{e^2 n_\infty}{\varepsilon_0 k T_e} \varphi.$$

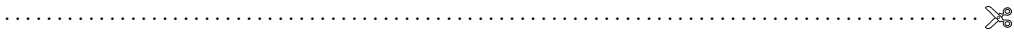
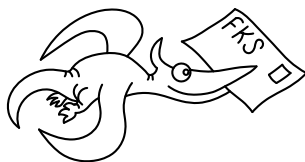
Toto je již standardní rovnice, která má známé exponenciální řešení


$$\begin{aligned} \varphi(x) &= \varphi_0 e^{-\frac{|x|}{\lambda_D}} \\ \lambda_D &= \sqrt{\frac{\varepsilon_0 k T_e}{ne^2}} \end{aligned}$$

s parametrem λ_D , který se nazývá *Debyeova délka*. V praxi toto řešení znamená, že mřížka bude v závislosti na svém potenciálu přitahovat nebo odpuzovat elektrony, takže okolo ní vznikne oblak nábojové hustoty, který poruchu odstíní. Tato důležitá vlastnost – schopnost odstínit odchylky elektrického potenciálu (které mohou být způsobené např. přebytkem náboje) – je pro plazma typická. Tato schopnost vede k zachování kvazineutality, protože fluktuační nábojové hustoty mají částice tendenci odstínit.

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho 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/>.



**FYKOS****UK v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta****Ústav teoretické fyziky****V Holešovičkách 2****180 00 Praha 8**www: <http://fykos.cz>e-mail: fykos@fykos.czFYKOS je také na Facebooku <http://www.facebook.com/Fykos>*Návratka pro řešitele zasílající úlohy poštou***Řešitel**

Jméno:

E-mail:

Datum narození: Místo narození:

Doručovací adresa:

Souhlas se zpracová-
ním osobních údajů:Potvrďte podpisem. Jen pro účely semináře, viz <http://fykos.cz/doc/souhlas.pdf>.**Škola**

Třída: Rok maturity:

Adresa: