OBAVEŠTENJE UREDNIŠTVA

MLADI FIZIČAR objavljuje članke i kraće dopise koji doprinose popularizaciji fizike i srodnih nauka među učenicima i svima koje interesuju prirodne nauke.

PRILOZI KOJE NAM ŠALJETE, osim rešenja zadataka, treba da budu otkucani sa dvostrukim proredom na hartiji formata A4 i ne treba da budu duži od **3-4 kucane strane**. Crteži moraju biti izrađeni tušem na posebnoj hartiji.

RUKOPISI SE NE VRAĆAJU. Uredivački odbor zadržava pravo da rukopise rediguje bez traženja posebne saglasnosti autora, i da ih objavljuje redom koji ne zavisi od reda prispeća.

MLADI FIZIČAR izlazi četiri puta godišnje. Možete da postanete pretplatnik kada to poželite. Informacije o ceni ovog i narednih brojeva možete dobiti na telefone "Kluba NT" (011)644-593, 642-870, 643-241. Potrebno je da nas običnim pismom obavestite o broju primeraka na koji se pretplaćujete (na adresu: "Klub NT", Narodnog fronta 31, Beograd), da napišete svoju adresu i da istovremeno izvršite uplatu potrebne sume novca na žiro-račun "Kluba NT": **60806-603-36201**, Beograd, sa obaveznom naznakom "**za MLADI FIZIČAR**".

AKO NARUČITE VIŠE OD 20 PRIMERAKA (KOMPLETA) i blagovremeno izvršite uplatu, odobravamo vam rabat od 10%.

Priloge slati na adresu:

1. Društvo fizičara Srbije, 11080 Zemun, Maksima Gorkog 118.
2. "Mladi fizičar", Redakcija,
   11000 Beograd, Studentski trg 12-16, tel. 180-111/809

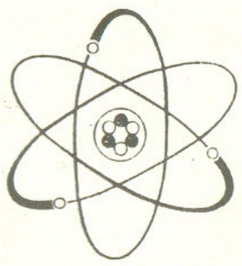
Obaveštenja:

1. Evidencija pretplate: "Klub NT" (011)644-593
2. Reklamacije i druge informacije: Sekretar Društva (011)107-107
3. Nabavka ovog i starih brojeva časopisa:
   Knjižara "Studentski trg", Beograd, Studentski trg 6, (011 185-295)
   Knjižara "MST Gajić", Beograd, Narodnog fronta 31, (011 642-870)

Sva prava umnožavanja, preštampavanja i prevođenja zadržava Društvo fizičara Srbije i "Klub NT"

Oslobodeno plaćanja poreza na promet na osnovu rešenja Republičkog sekretarijata za kulturu SR Srbije, br. 329 od 29.9.1976. godine .

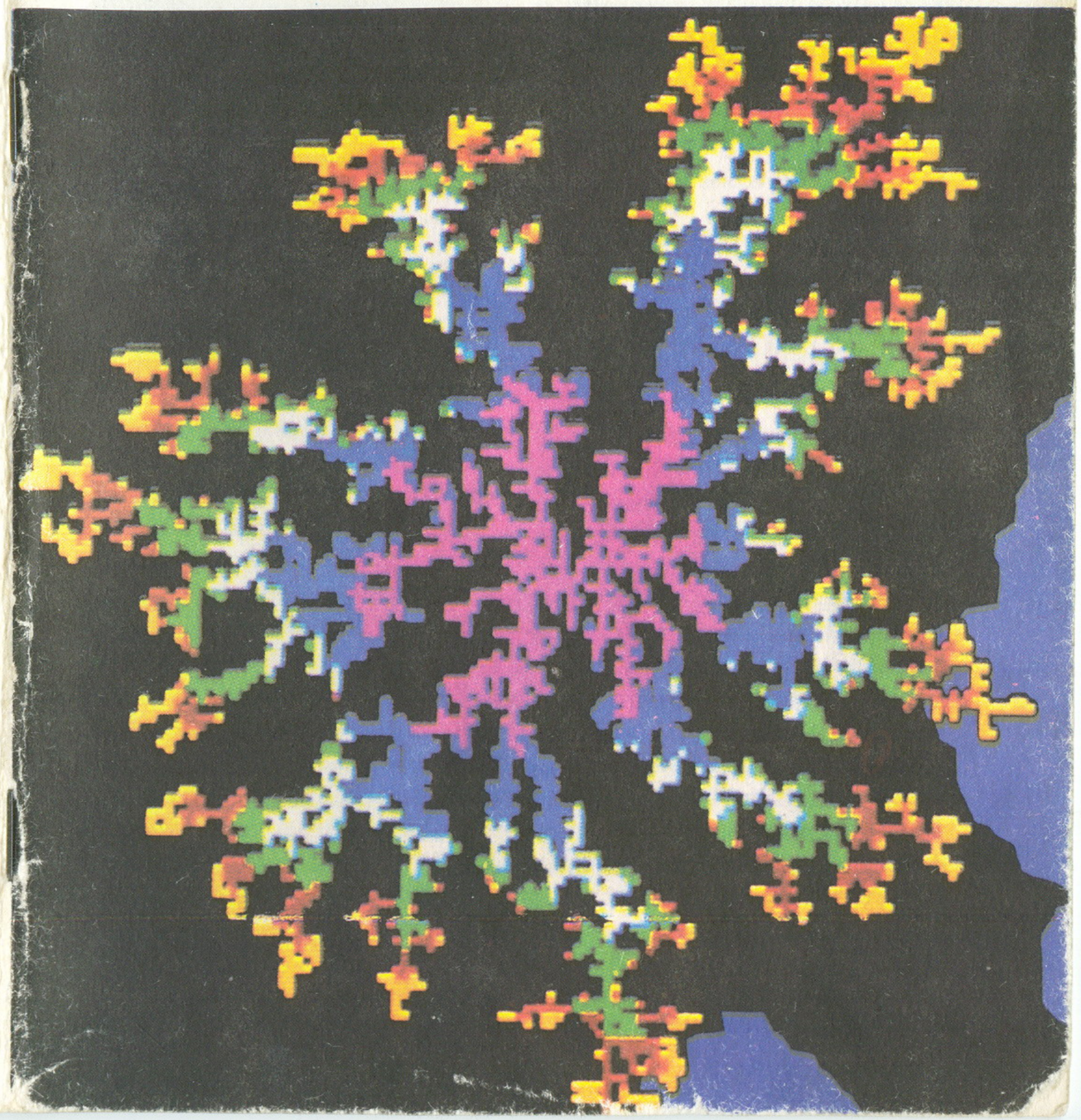
Štampa: "MST Gajić", Beograd



YU ISSN 0351-5575

47 92/93 МЛАДИ ФИЗИЧАР

часопис из физике за ученике



DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
SERBIAN PHYSICAL SOCIETY

MLADI FIZIČAR Naučno-obrazovni časopis iz fizike za učenike osnovnih i srednjih škola, godina XII, broj 47 (1992/93).

YOUNG PHYSICIST Magazine for elementary and secondary school students.

JEUNE PHYSICIEN Journal pour les éléves des écoles élémentaires et secondaires.

JUNGER PHYSIKER Zeitschrift für Volks und Mittelschüler.

МОЛОДОЙ ФИЗИК Журнал для учеников начальныхи средних школ

Izdaje: DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE, 11080 Zemun, Maksima Gorkog 118, u saradnji sa „Klubom NT", Narodnog fronta 31, Beograd

Glavni i odgovorni urednik: Jablan Dojčilović

Urednici: D.Popović, A.Srećković, D.Kapor, M.Dimitrijević

Uređivački odbor: M.Burić, M.Ćuk, V.Žigman, R.Miler, R.Đorđević, D.Grujić, V.Babović, T.Senćanski, D.Filipović, D.Beodranski

Lektor: Slavica Koledin

Tehnička obrada: Lj.Damjanović, Z.Nenić, M.Perković

Ilustracije: N.Ubović, S.Milić, B.Vild

Naslovna strana: Kompjuterska slika fraktalnog objekta koji nastaje prilikom agregacije mikročestica čije je kretanje difuznog tipa

S A D R Ž A J

1. Lj. i N.Nedeljković: **Kvantna fizika i geometrija, Dirakovi monopoli i problem kvantovanja naelektrisanja** 1
2. P.Adžić: **Akceleratori čestica** 5
3. D.Redžić: **Doplerov efekat i zakoni održanja energije i impulsa** 10
4. B.Jovanović: **Povodom 50 – godišnjice Tesline smrti** 13
5. G.Novak i G.Litričin: **Grafici u eksperimentalnoj fizici** ... 15
6. S.Pantić: **Određivanje Bolcmanove konstante** 21
7. D.Radojčić: **Primena He–Ne LASER-a u nastavi** 24
8. Zadaci za domaći rad 25
9. Konkursni zadaci 26
10. Odabrani zadaci 32
11. XXVIII takmičenje mladih fizičara Jugoslavije 33
12. Rešenja konkursnih zadataka iz MF–45 36
13. Spisak učenika koji su uspešno rešili konkursne zadatke 49

ШТА ЈЕ

КВАНТНА ФИЗИКА И ГЕОМЕТРИЈА ДИРАКОВИ МОНОПОЛИ И ПРОБЛЕМ КВАНТОВАЊА НАЕЛЕКТРИСАЊА

Љ. и Н*. Недељковић, *Физички факултет, Београд

1. Проблем квантовања наелектрисања

Наше уобичајено искуство сугерише да фундаментална својства физичких објеката (маса, наелектрисање,...) не подлежу, у принципу, никаквим квантитативним ограничењима. Очекујемо, на пример, да у природи могу постојати објекти свих могућих маса (као што могу постојати тела свих могућих боја, облика и величина). Ово уверење се лако преноси и на "количину електрицитета", тј. наелектрисања тела.

Међутим, детаљније експерименталне студије током XIX и XX века неочекивано су показале да наелектрисање q физичких објеката (како макроскопских, тако и микроскопских) има строго дискретни, "квантни" карактер:

$$q = ne, \tag{1}$$

где је $n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$, док је e тзв. елементарно наелектрисање. При том су наелектрисања свих до сада откривених елементарних микрочестица (електрона, позитрона, протона,...) строго дозирана: ако је честица уопште наелектрисана, онда је њено наелектрисање или $+e$, или $-e$.

Ове запањујуће чињенице представљале су загонетку како за тзв. класичну електродинамику (науку о електромагнетним појавама макроскопских тела) тако и за квантну механику (науку о својствима микрочестица), две области физике које су своје основне принципе базирале искључиво на *постојећим* експерименталним чињеницама. У том смислу и кажемо да оне садрже *проблем квантовања наелектрисања*.

2. Магнетни монополи

Прво решење наведеног проблема потиче од Пола Дирака (1902 – 1984), једног од оснивача квантне механике. Публиковано је 1931. го-

дине у његовом раду "Квантовани сингуларитети у електромагнетном пољу", у лондонском стручном часопису краљевског друштва.

За разумевање суштине Дираковог рада неопходно је подсетити се на централну "експериментално установљену догму" класичне електродинамике, која тврди да су узрочници свих откривених електромагнетних феномена искључиво *наелектрисане* честице. Оне су извори како електричног, тако и магнетног поља, при чему је електрично поље изазвано непокретним, а магнетно покретним наелектрисањем. Ни једна експериментална чињеница није говорила у прилог постојања "намагнетисаних" честица, које би у стању мировања стварале магнетно, а при кретању електрично поље.

Међутим, детаљније анализе класичне електродинамике су показале да нема логичких разлога за одбацивање хипотезе да у природи постоје (до данас још увек неоткривене) честице које се карактеришу одређеним "*намагнетисањем*", g. Овакве честице су назване *магнетним монополима*. По аналогији са позитивним и негативним наелектрисањем, претпостављено је да се и магнетизам монопола појављује у два облика: условно речено, као "северна" (N) и "јужна" (S) намагнетисања. Суштина Дираковог открића своди се на то да се помоћу хипотезе о постојању магнетних монопола може разрешити загонетка квантовања наелектрисања.

3. Диракови стрингови

Укључивање хипотезе о магнетним монополима у логичко-математичку структуру *класичне електродинамике* доводи да врло једноставне аналогије између електричног поља $\vec{E}$ тачкастог наелектрисања q и магнетног поља $\vec{B}$ тачкастог монопола g. Наиме, испоставља се да је интензитет магнетне индукције $\vec{B}$ наведеног монопола одређен следећом формулом

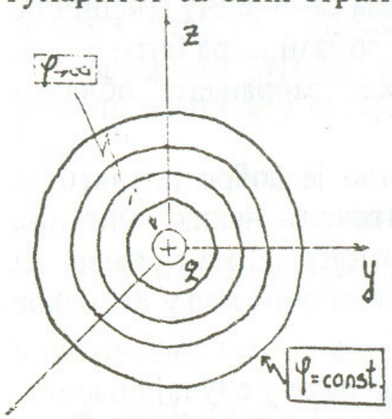
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{g}{r^2} \qquad (2)$$

где је μ_0 тзв. магнетна пропустљивост вакуума, док је r растојање између посматране тачке простора и магнетног монопола. Лако уочавамо да је формула (2) аналогна познатој формули $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$ за јачину поља тачкастог наелектрисања, где је ε_0 електрична пропустљивост вакуума. Штавише, оба поља имају исту, сферну симетрију.

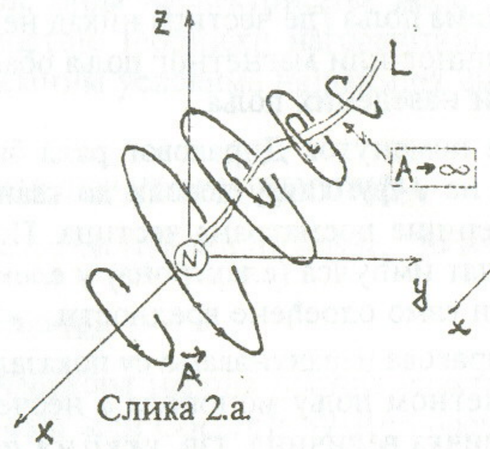
На поменутим формулама за E и B се, углавном, и завршава директна аналогија између монопола и наелектрисаних честица. Дубљи увид у њихову изузетно специфичну разлику добијамо ако уместо $\vec{E}$ и

$\vec{B}$ за опис њихових поља користимо *скаларни потенцијал* φ електричног поља и *векторски потенцијал* $\vec{A}$ магнетног поља. Величина φ је позната из елементарне физике, док је о величини $\vec{A}$ већ било речи у нашим ранијим разматрањима ("Млади физичар" 45, 1992/93).

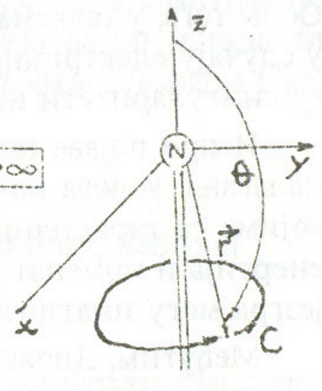
Познато је да је φ тачкастог наелектрисања q одређено формулом $\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$ и да су еквипотенцијалне површине поља оваквог наелектрисања концентричне сфере (сл. 1). Приметимо да је у самом наелектрисању q потенцијал φ бесконачан. Тачке у којима $\varphi \to \infty$ називају се *сингуларитетима електричног поља*. Приметимо, такође, и једноставну али веома важну *геометријску* чињеницу да је наведени сингуларитет са свих страна "опкољен" несингуларном облашћу $\varphi < \infty$.



Слика 1.



Слика 2.а.



Слика 2.б.

Сасвим различиту врсту *сингуларитета магнетног поља* ($A \to \infty$) имамо у случају тачкастог магнетног монопола. Испоставља се да A није бесконачно само у центру монопола него и дуж *произвољне* линије L која полази из монопола и одлази у бесконачност (сл. 2а). Оваква линија се у савременој физици назива *Дираков стринг* (string – нит, енгл.), а монопол из којег полази стринг назива се *Дираков монопол*.

Ако се линија L поклапа, на пример, са негативним делом z-осе (сл.2.б), онда је потенцијал A одређен формулом

$$A = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{g}{r}\frac{1-\cos\theta}{\sin\theta},$$

где је угао θ дефинисан на приказаној слици (заједно са произвољном линијом C вектора $\vec{A}$, која у свакој својој тачки за тангенту има праву овог вектора).

4. Дираково решење проблема квантовања наелектрисања

Претпоставимо сада да се нека честица произвољног наелектрисања q креће у магнетном пољу непокретног тачкастог монопола произвољног намагнетисања g. Кључ Дираковог решења проблема квантовања наелектрисања q налази се у примени стандардних метода *квантне механике* на посматрани систем.

У квантној механици се положаји у којима се може наћи честица при свом кретању у неком спољашњем пољу описују тзв. таласном функцијом $\psi = \psi(\vec{r})$, чији је квадрат модула, $|\psi|^2$, једнак вероватноћи налажења честица у датој тачки простора. При том се захтева да функција ψ буде једнозначна (тј. да у датој тачки простора има само једну вредност). Осим тога, у тачкама поља где честица никад не долази мора бити $\psi = 0$; у случају електричног или магнетног поља обакве "забрањене" области су сингуларитети наведених поља.

И пре појаве поменутог Дираковог рада било је добро познато да налагање услова на ψ-функцију доводи до квантовања неких величина којима се карактерише посматрана честица. Познато је, на пример, да енергија и моменат импулса (електрона) у електричном пољу атомског језгра могу имати само одређене вредности.

Међутим, Диракова израчунавања су показала да се у случају наелектрисања q у магнетном пољу монопола g неочекивано "квантује" једна сасвим друга физичка величина, тзв. *укупна промена фазе ($\Delta\alpha$) таласне функције* ψ дуж било које затворене кружне линије C векторског потенцијала $\vec{A}$, (сл.2.б.). Величина $\Delta\alpha$ одређена је следећом релацијом:

$$\Delta\alpha = \frac{4\pi}{\mu_0}\frac{q}{\hbar C}Al, \qquad (4.a)$$

где је l обим контуре C, док је $\hbar = h/2\pi$ (h је Планкова константа), а C брзина светлости у вакууму. Захтев за једнозначношћу ψ-функције доводи до следећег услова:

$$\Delta\alpha = 2n\pi, \qquad (4.b)$$

где је $n = 0, \pm1, \pm2, \ldots$ На основу (4.а) лако закључујемо да се $\Delta\alpha$ неће анулирати чак ни у случају контуре C бесконачно малог обима $l \to 0$, која се неограничено "стеже" око било које тачке Дираковог стринга (пошто тада $A \to \infty$, тако да је Al коначно). Другим речима, услов (4.б) важи и у случају такве контуре; то је кључна тачка Диракове анализе и деликатан "додир" квантне физике и геометрије.

Непосредна примена формула (3) и (4.а,б) на овакву бесконачно малу контуру (тј. узимајући да $l \to 0$ и $\theta \to \pi$, када $Al \to 1$) доводи до следеће финалне релације:

$$q = n\frac{\hbar C}{2g}, \qquad (5)$$

која управо представља формулу (1). Самим тим, ако са $g_0 \neq 0$ означимо "елементарно" намагнетисање, имаћемо $e = \hbar c/2g_0$. У добијању формуле (5) управо се и састоји *математички смисао* Дираковог решења проблема квантовања наелектрисања.

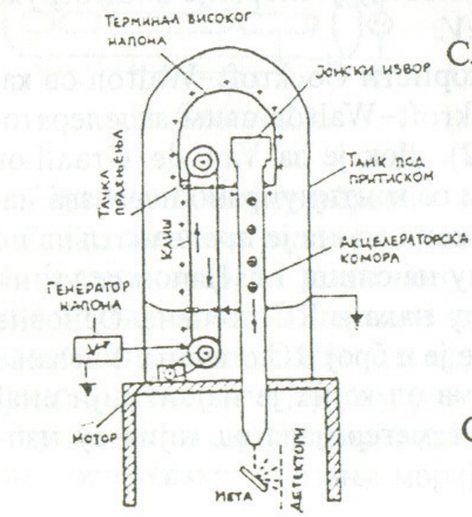
Физички смисао овог решења своди се на следећи фасцинантни закључак: ако је било кад и било где где у Свемиру постојао макар и један магнетни монопол, онда наелектрисање мора бити квантовано! У савременој физици постоје теоријски наговештаји да би монополи морали настати у екстремним условима најранијих фаза стварања Свемира.

АКЦЕЛЕРАТОРИ ЧЕСТИЦА

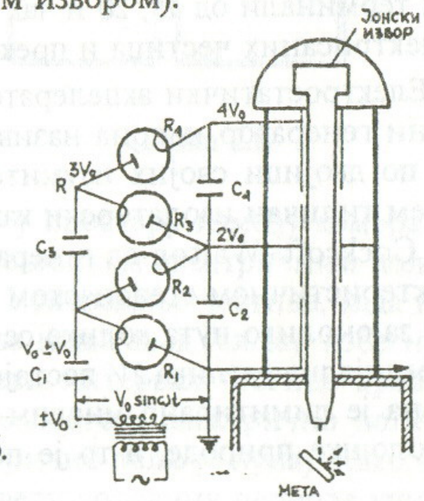
Петар Аџић, Институт за нуклеарне науке, "Винча", Београд

Електростатички акцелератори

У зависности од генератора напона постоје електростатички акцелератори Van de Graaff-овог или Cockroft-Walton-овог типа. Шематски цртежи оба типа акцелератора представљени су на слици 1. Van de Graaff-ов акцелератор (сл.1.а) носи име по свом конструктору, америчком физичару Robert Jemison Van de Graaff-у (1931). Састоји се из три главна дела: велике коморе (танка) под притиском, генератора (мотор за покретање каиша, покретни каиш, високонапонска електрода) и акцелераторског дела (комора са јонским извором).



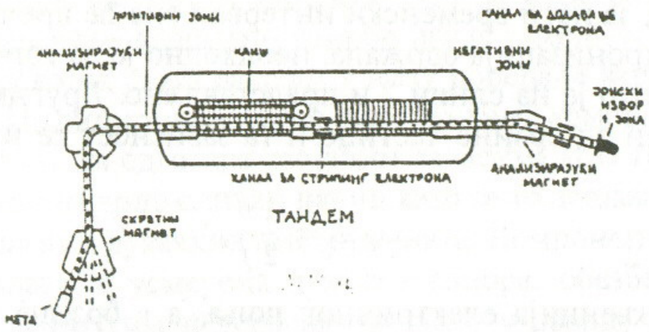
Слика 1.а.



Слика 1.б.

Специфичност генератора напона код овог акцелератора представља покретни каиш који акумулира наелектрисање на једној од електрода тако да би се добила што је могуће већа вредност потенцијалне разлике: $V = Q/C$, где је C капацитет система који зависи од геометрије и дистрибуције проводника као и од диелектричних својстава изолатора. Висина напона која се може генерисати на овај начин је ограничена многим факторима, а најзначајнији је сигурно ефект " електричног пражњења". После достизања критичне вредности електричног поља за дату конфигурацију и дате услове (на пример, 30 KV/cm за суви ваздух или 200 KV/cm за суви азот под притиском од 16 атмосфера), долази до " пражњења", тако да се стабилан режим рада Van de Graaff-овог акцелератора може постићи само испод те критичне вредности напона, обично до једне трећине теоријског лимита. Упркос многим успешним решењима и реконструкцијама, Van de Graaff-ов тип акцелератора није могао да ради на напонима већим од 8 MV (милиона волти). Принципијелна идеја двостепеног убрзавања честица била је одавно позната, али је први пут реализована 1959. године конструкцијом 12 MV TANDEM Van de Graaff-овог акцелератора у Chalk River лабораторији, у Канади. Принцип TANDEM рада (сл. 1.ц) састоји се у двоструком убрзавању истог снопа честица, први пут као негативно наелектрисаних, пошто су им претходно " додати" електрони, и други пут када се поново подвргавају убрзању, у другом акцелераторском степену, као позитивно наелектрисане честице јер им је претходно при проласку кроз stripping канал, " скидањем" електрона, промењено наелектрисање. Једноструко наелектрисани јони или честице (на пример, протони) на изласку из другог степена добијају енергију $2qV$. Енергија честица се може повећати спајањем два тандема (тростепено убрзање) и понављањем поступка убрзавања. Данас су у употреби моћни Van de Graaff акцелератори чији терминали од 15, 20 и чак 25 MV обезбеђују енергије вишеструко наелектрисаних честица и преко 500 MeV.

Електростатички акцелератор који користи Cockroft–Walton-ов каскадни генератор напона назива се Cockroft–Walton-овим акцелератором по двојици својих изумитеља (1932). Док је за Van de Graaff-ов систем типичан изолаторски каиш којим се континуирано повећава напон, Cockroft–Walton-ов генератор високог напона је препознатљив по карактеристичном степенастом дијаграму на слици 1.б. Напон се умножава за онолико пута колико се у систему налази RC степена. Основна потенцијална разлика $2V$ постаје $2nV$, где је n број RC степена. Увећање напона је лимитирано многим факторима од којих је најбитнији онај технолошке природе, а то је постојаност материјала од којих су нап-

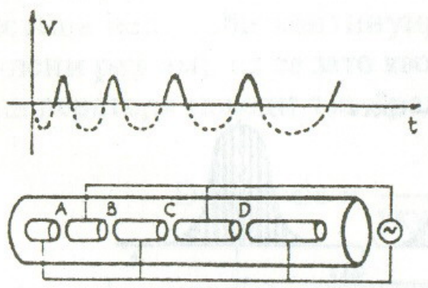


Слика 1.ц.

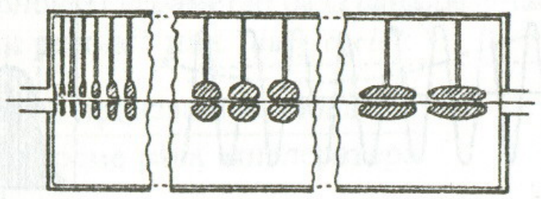
рављени отпорници и кондензатори, као и остали делови генератора високог напона.

Линеарни акцелератор (Linac)

Заједничка особина линеарних и електростатичких акцелератора је да се убрзавање честица постиже дуж праве линије. Међутим, разлика је у томе што се код линеарних акцелератора, уместо једног генератора високог напона, користи високофреквентни променљиви напон ($V = V_{max} \sin \omega t$) који генерише електрично поље у простору између сваке од неколико комора (електрода) поређаних у низу као на слици 3а и 3б.



Слика 2.а.



Слика 2.б.

Честице добијају убрзање кад год су у простору између комора (A, B, C, D), односно када су у фази са променљивим електричним пољем, а то је увек за време једне полупериоде. Успоравање честица, када наступи друга половина периоде и када поље мења знак (сл.2а), избегнуто је тако што је подешено да тај временски интервал честице проводе унутар коморе у чијој унутрашњости не постоји електрично поље (у унутрашњасти шупљег проводника електрично поље је нула). Како честице после сваког убрзања морају да проведу половину периоде унутар

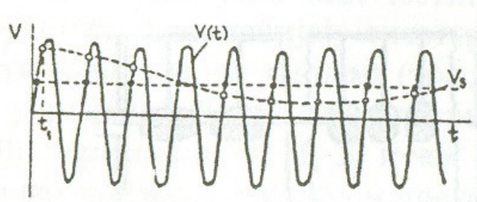
сваке коморе, за исти временски интервал оне ће прелазити дужи пут и да би се синхронизација одржала, неопходно је да коморе буду све дуже и дуже, као што је на слици 2 и представљено. Другим речима, дужина коморе зависи од брзине честице и та зависност се изражава следећом релацијом:

$$L = \frac{1}{2}\frac{v}{f}, \tag{1}$$

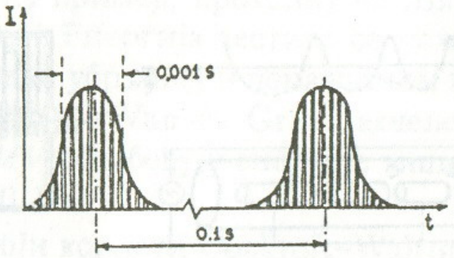
где је f фреквенција електричног поља, а v брзина честице. С друге стране, брзина расте као квадратни корен кинетичке енергије, па се у случају произвољног броја комора n и постојећег напона V дужина n-те коморе може израчунати:

$$v = \sqrt{\frac{2T}{m}} = \sqrt{\frac{2qV}{m}} \Rightarrow L_n = \frac{1}{2f}\sqrt{\frac{2nqV}{m}}, \tag{2}$$

где су q и m наелектрисање и маса честице. Код линеарног акцелератора се први пут срећемо са појмом *резонанце*. Мада је знатан број честица од укупног броја убачених у комору изгубљен (нпр. оне убачене у току неповољне полупериоде електричног поља), преостали део честица, који се поклапа са фазом осциловања електричног поља, биће подвргнут коректном и потпуном убрзавању до краја.



Слика 3.а.



Слика 3.б.

За честице које се убрзавају до коначне вредности енергије кажемо да су у резонанци са електричним пољем и називамо их синхроним честицама. На слици 3а приказан је дијаграм променљивог напона и случајеви за синхрону (пуни кружићи) и несинхрону честицу (отворени кружићи). Касније ћемо видети да су на истом принципу засновани и циклични акцелератори. Структура модерних линеарних акцелератора се знатно разликује од првобитних, а у зависности од врсте честица

које убрзавају постоје линеарни акцелератори за електроне, протоне и тешке јоне. Некадашње класичне коморе данас замењују резонантне металне коморе, од којих свака садржи у низу поређане акцелераторске електроде (сл.2б). Цилиндрична форма резонантних комора са електродама је подешена тако да одговара стојећим таласима које генерише радиофреквентно поље на врло сличан начин како се то дешава са стојећим таласима код појединих дувачких инструмената. Компонента електричног поља ових таласа је усмерена дуж осе коморе, обезбеђујући тако дејство силе, па самим тим и убрзање честица, у правцу простирања. Питање ефикасности убрзавања везано је за стабилност и синхронизацију честица у току убрзавања, о чему ће бити више речи код цикличних акцелератора, где је тај проблем посебно изражен. Како се честице данас у линеарним акцелераторима (Alvarez-овог типа) убрзавају до релативистичких енергија, за опис њиховог кретања треба користити релације

$$L_n = v_n r = \beta_n \lambda, \qquad \lambda = \frac{c}{f}, \tag{3}$$

где су $v_n = \beta_n c$ и r брзина честице и њено време проласка n-те коморе, а λ и f таласна дужина и фреквенција променљивог електричног поља у слободном простору. На пример, електрони од 15 MeV већ захтевају релативистички третман.

С обзиром да систем напајања ради у осцилаторном режиму (наизменично укључивање и искључивање), убрзавање и производња снопа честица неће тећи континуирано, већ у одговарајућим импулсима (импулсни режим), па се зато као основни параметар рада свих резонантних акцелератора наводи тзв. "радни режим" или "*duty cycle*":

$$\text{Duty cycle} = \frac{\text{време производње снопа}}{\text{укупно време рада акцелератора}}. \tag{4}$$

Duty cycle у ствари дефинише компактност честица у једном (импулсном) снопу за дати акцелератор (сл.3б). Типичне вредности за *duty cycle* код протонског линака су приближно 1% (или 1 ms према $0,1$ s). Када не би било димензионих (просторних) и финансијских ограничења, максималне енергије честица, добијене из линеарних акцелератора, у принципу би могле неограничено да се повећавају. Најдужи линеарни акцелератор би био онај чија би дужина одговарала екватору наше планете. Оставља се читаоцу за самосталну вежбу да израчуна максималну енергију до које један такав замишљени акцелератор може да убрза протоне ($R_Z = 6381,4\ km,\ m_p = 938,27\ MeV = 1,67 \cdot 10^{-27}\ kg$).

ДОПЛЕРОВ ЕФЕКАТ И ЗАКОНИ ОДРЖАЊА ЕНЕРГИЈЕ И ИМПУЛСА

Драган Рецић, Физички факултет, Београд

1. Да ли је могуће да возач аутомобила црвени сигнал на семафору види као зелени? Са становишта свакодневног искуства, ово питање је излишно и не заслужује пажњу. Са тачке гледишта савремене физике, међутим, може се тврдити управо обрнуто. Одговор који на постављено питање даје физика базира се на анализи Доплеровог ефекта.

Као што је познато, Доплеров ефекат означава појаву да фреквенција таласа који доспевају до посматрача (или до неког уређаја који замењује посматрача) зависи од брзине посматрача или извора таласа. Разматрање Доплеровог ефекта је релативно једноставно када се таласи простиру кроз неку хомогену средину која није вакуум (рецимо звучни таласи). У том случају кретање посматрача или извора одређује се у односу на средину кроз коју се таласи простиру. Код светлосних таласа у вакууму, међутим, појављује се једна суштинска разлика. Наиме, према Ајнштајновој теорији специјалне релативности, нема смисла говорити о брзини посматрача (или извора светлости) у односу на вакуум. Може се говорити само о релативном кретању извора и посматрача једног у односу на други.

2. У свом првом (и основном) раду, посвећеном специјалној теорији релативности (1905), Ајнштајн је извео формулу за оптички Доплеров ефекат у вакууму користећи Максвелову електромагнетну теорију светлости. Био је то један од првих тријумфа специјалне теорије релативности.[1] Ајнштајнови погледи на време и кретање изазивали су, заиста, чуђење и неверицу; ипак, сама идеја да је светлост електромагнетни *талас* била је сасвим у духу традиције.

За физичаре 19. века светлост је представљала таласни феномен. Само таласна теорија могла је да објасни како се зрак светлости, након проласка кроз веома мали отвор у непрозрачном "зиду", простире у свим правцима. Само ова теорија предсказивала је да се у центру геометријске сенке, коју на екран баца мали непрозрачни диск (или кугла), налази светла мрља. Крајем 19. века чинило се да је у Максвеловој електромагнетној теорији садржана истина о природи светлости.

[1] Ајнштајнова формула која се односи на Доплеров ефекат предвиђа постојање трансверзалног Доплеровог ефекта, појаве непознате класичној електромагнетној теорији. Трансверзални Доплеров ефекат детектован је експериментима Ајвза и Стилвела (1938).

Али десило се друкчије. У свом чувеном раду о зрачењу црног тела (1901), Макс Планк је дошао до закључка да је теоријско објашњење експериментално установљених закона зрачења могуће једино уз претпоставку да енергија тела, које емитује или апсорбује електромагнетно зрачење, може имати само строго одређене, дискретне вредности. Одавде следи да тело може емитовати или апсорбовати само строго одређене порције (кванте) енергије. Планкова претпоставка била је у супротности са Максвеловом електромагнетном теоријом, која не зна ни за какве специјалне вредности енергије тела. У складу са једнодушном увереношћу савременика у тачност Максвелове теорије, Планк је своју претпоставку сматрао нужним злом.

Подстакнут Планковим идејама, Ајнштајн 1905. године објављује рад "О једној хеуристичкој тачки гледишта у вези са настајањем и претварањем светлости". У овом раду он сугерише да се експерименти који се односе на зрачење црног тела, фотоелектрични ефекат и друге појаве повезане са емисијом и апсорпцијом светлости могу објаснити, успешније него Максвеловом теоријом, хипотезом о светлосним квантима. Према тој хипотези, "енергија снопа светлости ... састоји се из коначног броја локализованих, у простору недељивих порција енергије, који се апсорбују или настају једино цели." Дакле, није "квантована" само енергија тела које зрачи, већ и само електромагнетно зрачење.

За Ајнштајна, светлосни кванти су били неодољив интелектуални изазов. Како сам каже, педесет година свог живота је безуспешно покушавао да одгонетне шта су светлосни кванти. Пут ка *разумевању* је дуг и мукотрпан, али радост од гледања и схватања је најлепши дар природе. У раду "О квантној теорији зрачења" (1917) Ајнштајн долази до закључка да светлосни кванти енергије E имају импулс $(E/c^2)\vec{c}$, при чему $\vec{c}$ има правац и смер "светлосног снопа" (c је интензитет брзине светлости у вакууму).[2]

Ајнштајнови светлосни кванти (или фотони, како их данас зовемо) послужили су као мост преко којега су физичари "прешли на другу обалу". Кванти спадају у оне кључне појмове у физици који генеришу нове области науке. Ипак, у почетку, квантима се бавио мали број физичара. Ситуацију можда најбоље илуструје позната реченица из препоруке за Ајнштајнов пријем у Пруску академију наука, коју је потписао Планк (1913): "То што он (Ајнштајн) понекад промаши циљ у својим истраживањима, као што је случај, на пример, са његовом хипотезом о

[2] У овом раду Ајнштајн уводи концепт индуковане (стимулисане) емисије зрачења. Тај појам је био теоријска основа за развој ласера 43 године касније.

светлосним квантима, не треба узимати превише као аргумент против њега, јер немогуће је увести нове идеје, чак и у егзактним наукама, без ризика."

3. Тако је, почетком 20. века, у физици дошло до познате чудне ситуације. Са једне стране, експерименти у вези са фотоелектричним ефектом, флуоресценцијом (Стоксов закон) и другим појавама које се тичу емисије и апсорпције светлости запањујуће једноставно су објашњавани хипотезом о светлосним квантима. Са друге стране, таласна теорија објашњавала је "са астрономском тачношћу" појаве као што су, на пример, интерференција, дифракција и поларизација светлости. Покушаји да се квантима разјасне једноставне таласне појаве, као одбијање и преламање светлости, били су безуспешни. Поједини физичари бавили су се на изглед апсурдним проблемом: да ли квантна теорија може да објасни једну тако чисто таласну појаву као што је оптички Доплеров ефекат у вакууму? (наставиће се)

У току предавања на универзитету у Торонту, један од посматрача рекао је: "Професоре Дирак, да ли могу нешто да Вас питам? Не могу да прочитам то што сте написали у горњем левом углу табле."

"То није питање", хладно је рекао Дирак, "то је изјава. Молим вас следеће питање."

У једној од посета своме пријатељу Петру Капици, Дирак је посматрао његову жену како плете џемпер, док је разговарао са Петром о физици. Неколико сати после посете Дирак је улетео у Капицину кућу сав задихан и узбуђен. "Знаш Ана," рекао је, "посматрајући те како плетеш тај џемпер заинтересовао сам се за тополошки аспект тог проблема. Закључио сам да постоје само два начина да се то уради, па сам успео да откријем и другу могућност." И он је демонстрирао други начин служећи се својим дугим и танким прстима.

"Твоје револуционарно откриће", одговорила му је она, "познато је још одавно свим женама као мустра пиринач."

Припремила: Марија Замаклар IV9, Шеста београдска гимназија

ЖИВОТ И ДЕЛО

ПОВОДОМ 50 - ГОДИШЊИЦЕ ТЕСЛИНЕ СМРТИ

Бранимир Јовановић, Музеј Николе Тесле, Београд

Два највећа Теслина доприноса савременој цивилизацији јесу индукциони мотор и систем преноса наизменичних струја. Између 250 регистрованих патената у Америци и земљама широм света, као и великог броја нерегистрованих проналазака, ова два су у најширој употреби. Широј публици добро је познат још и Теслин високофреквентни осцилатор. Остала Теслина открића доживела су различите судбине. Нека, као на пример прекидачи кола или механички осцилатори, била су коришћена у његово време али се одавно више не употребљавају. Друга, као систем четири кола у резонанци или систем механичког преноса енергије - телегеодинамика, била су делимично измењена, усавршена и касније примењена у пракси без помињања Теслиног имена. Трећа, као што су Теслине турбомашине, још увек се проучавају са изгледима да се у будућности примене. Постоје и таква Теслина открића која чекају неке нове системе научног мишљења и нове технологије које би их можда могле развити и употребити. Таква су коришћење и пренос разних видова енергија из природне средине, које не спадају у категорију познатих, као што су фосилна, атомска, сунчева и друге.

Тесла је био проналазач разних, за човека корисних машина, уређаја и система, али пре свега научник који је откривао природне принципе и тајне природе. Рођен је у Смиљану, у Лици, 10. јула 1856. године, у породици која је и по очевој и мајчиној линији генерацијама давала свештенике и официре. Из свог родног краја Тесла је у свет понео горштачки, светли и чисти дух својих предака и романтичарски занос који је настао читањем Гетеових и Шилерових дела и српских народних песама. Основну и средњу школу завршио је у Госпићу и Карловцу, а са прекидима је студирао технику и природну филозофију у Грацу и Прагу. Прво запослење нашао је у Будимпешти у једној телефонској централи, где је начинио и своје прво откриће - телефонски појачавач, који на жалост није сачуван. У истом граду је 1882. открио принцип стварања

обртног магнетног поља наизменичним струјама, који је разрадио пет година касније у Америци у 40 патената полифазног система. Део овог система су два најважнија открића поменута на почетку. У Америку је стигао 1884, а остао је до смтри, 1943. Примио је америчко држављанство али не и тзв. амерички начин живота. У духу је остао горштак из Лике. У старости је често знао да усред ноћи, на тридесет трећем спрату хотела Њујоркер, запева уз гусле о Марку Краљевићу и Милошу Обилићу.

Тесла је покољењима оставио вредну и богату колекцију докумената у којима пажљиви трагач може да открије дух времена и идеје које су и данас технички применљиве. У питању је 150.000 листова преписке, научног рада, цртежа и фотографија који се чувају у његовом музеју у Београду.

Занимљив социолошки феномен је оно што се, пре свега у Америци, дешавало после Теслине смрти. Оснивају се друштва, клубови па и рок групе који носе његово име, а постоји и једна секта која га је прогласила за бога. Знатно је већи број људи, не само у Америци, који су заинтересовани за алтернативна или гранична подручја науке, филозофије, религије или уметности, а који се баве Теслиним проналасцима, од стручњака и историчара науке. Због тога данас има релативно мало вредне литературе која приказује и објашњава Теслину личност и дело. Тај недостатак је посебно уочљив када су у питању историјска истраживања.

Занимљиве примере стручних и научних истраживања представљају напори групе научника са Државног универзитета у Вирџинији да реконструишу и разумеју Теслине експерименте са бежичним преносом у Колорадо Спрингсу и дугогодишња истраживања на Теслиним турбомашинама која се спроводе на Државном универзитету у Аризони. Код нас се ова скупа истраживања не врше, а Теслиним делом се баве углавном стручњаци окупљени око Музеја Николе Тесле. Највише пажње се посвећује објављивању архивске грађе, подизању нивоа презентације Теслиног дела и популарисању његових идеја међу младима и широм публиком.

********** Бачки бисери са часова физике **********

- Светлосна година је дужина сунчевог зрака
- Поларни угао се мери микроталасима
- Пулсари су неонске звезде

****

ЕКСПЕРИМЕНТ

ГРАФИЦИ У ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОЈ ФИЗИЦИ

Гордана Новак, Гимназија "Исидора Секулић", Нови Сад
Гена Литричин, Гимназија "Јован Јовановић Змај", Нови Сад

Графици се у експерименталној физици користе бар из три разлога: 1) када треба поставити емпиријску зависност између две физичке величине; 2) када се жели визуелно предочити ток експеримента или визуелно упоредити експериментални са теоријским резултатима; 3) када је потребно одредити вредност неке величине која представља параметар у функционалној зависности једне мерене величине од друге (нпр. нагиб праве линије).

Први проблем са којим се суочавамо при сваком цртању графика је:

1. Избор оса

Уобичајено је да се на хоризонталну (x) осу наноси величина чију вредност у експерименту произвољно бирамо, а на вертикалну (y) осу зависна варијабла. Краће, дуж хоризонтале варира се узрок, а дуж вертикале се региструје изазвани ефекат. Ово правило може бити прекршено ако се график лакше интерпретира заменом оса (нпр. графици који укључују време или дужину редовно се цртају са тим величинама на x-оси).

Претпоставимо да график представљамо на милиметарском папиру. Следећи проблем на који наилазимо је:

2. Избор скале

При избору скале на осама руководимо се следећим захтевима:

- експерименталне тачке не треба да се групишу на једном месту него да се распореде на што већу површину папира под подједнаким углом у односу на обе осе;

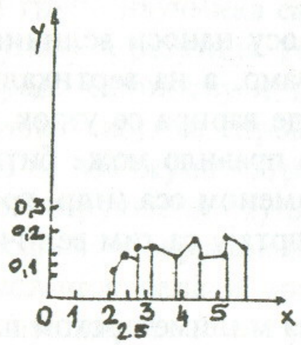
- координатни почетак не мора да значи $x = 0$ и $y = 0$, изузев ако

то не диктирају неки теоријски разлози (нпр. треба проверити да ли експериментални резултати задовољавају релацију типа $y = kx$);

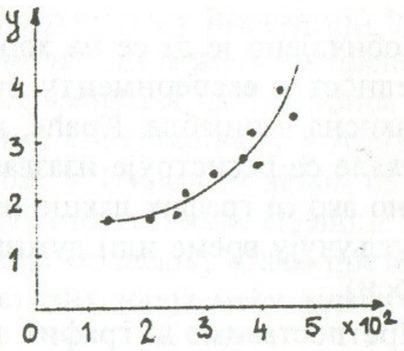
-- скала мора бити проста -- нпр. 1 cm папира може представљати 1 (10, 0, 1 итд.) или 2 или 5 јединица мерене величине. У противном, биће проблема са аритметиком сваки пут када треба унети тачку на график или је очитати са њега.

Добро је, без обзира на опсег вредности мерене величине, одабрати 10 јединица као базу скале обе осе и означавати подеоке бројевима 1, 2, 3, ..., а не 10000, 20000, 30000 итд. или 0,001, 0,002 итд. При томе, одговарајући мултипликациони фактор (10^4, 10^{-3}) назначити на крајевима оса после симбола физичке величине, а пре симбола њене одговарајуће јединице.

Сврха графика је визуелно предочавање резултата, стога то треба учинити што је могуће јасније. Тачке треба означавати видљиво наглашеним знацима - кружићем ($\circ$) или крстићем ($\times$). Ако се црта више различитих скупова резултата на једном графику, тачке једног скупа треба строго разликовати од другог по знаку или по боји. Уз тачке се може (ако се познаје и ако је то битно) назначити интервал грешке мерења величине на y-оси (као ϕ) или на обе осе (као $\oplus$). Кроз тачке се провлачи тј. " фитује" глатка крива (права), тако да подједнак број тачака остане испод и изнад ње (тачке се не спајају заредом). Слика 1.а. показује један почетнички лоше, а слика 1.б. коректно нацртан график.



Слика 1.а.



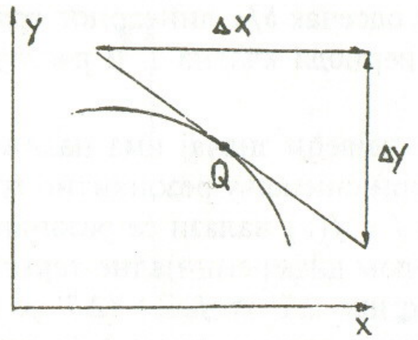
Слика 1.б.

Искуство показује да је за " фитовање" праве линије довољно $5 - 6$ експерименталних тачака (за математичку конструкцију праве довољне су и две). За провлачење криве линије потребно је више тачака, и то не равномерно распоређених него концентрисано лоцираних око очекиваног максимума или минимума. Након генералне конструкције облика графика, следи:

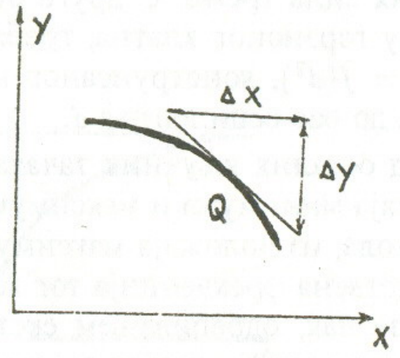
3. Интерпретација графика

Физички значај најчешће имају: 1. нагиб графика; 2. површина под графиком; 3. одсечак на оси (x, y или обе); 4. екстремуми и друге кључне тачке.

Нагиб графика у некој тачки $\Delta y/\Delta x$ одређује се методом троугла. Слика 2.а. показује (у смислу минималне грешке) коректан (велики троугао), а слика 2.б. неправилан (мали троугао) начин одређивања нагиба графика у тачки Q.



Слика 2.а.



Слика 2.б.

Нагиб има позитивну вредност ако се график "пење" тј. када са порастом x расте и y. Обрнуто, нагиб је негативан када график "иде доле", тј. када y опада са порастом x. Приметимо да хоризонталне линије имају нагиб 0, а вертикалне бесконачно велики. Ове примедбе су изузетно корисне у дискусији вредности физичке величине коју одређујемо из нагиба графика у некој тачки (диференцирањем функције у тој тачки, за старије ученике). Тако се може одредити нпр. убрзање $a\ [m/s^2] = \Delta v/\Delta t$ са графика $v = f(t)$ или Јангов модул еластичности са графика $F = f(\Delta l)$ у области важења Хуковог закона за еластичне деформације чврстог тела итд.

Површина под графиком налази се множењем физичких величина нанетих на осе у њиховим одговарајућим јединицама (интеграцијом функције у одређеним границама, за старије ученике). Рачунајући површину под поменутим графиком $v = f(t)$, може се нпр. одредити пут s који је тело прешло од одабраног тренутка. Физички смисао површине под другим поменутим графиком $F = f(\Delta l)$ јесте рад A који врши сила истезања повећавајући дужину жице l за износ Δl.

Одсечци су тачке где график сече осе. Одсечак на x-оси је координата x за $y = 0$, а одсечак на y-оси је координата y за $x = 0$. Нпр. у графичкој представи закона кретања за хоризонтални хитац, одсечак на y-оси

представља висину са које је тело бачено, а одсечак на x-оси домет хица (хоризонтално мерено растојање места пада од места избачаја тела). У графичкој представи зависности међумолекуларних сила од растојања између молекула, одсечак на x-оси представља равнотежно растојање итд. Ако је график права линија аналитичког облика $y = ax + b$, a је нагиб, b је одсечак на y-оси, док је b/a одсечак на x-оси. При одређивању момента инерције I система по основном закону динамике ротације $M = I\alpha$, са праве $M = f(\alpha)$ из одсечка на y-оси очитава се момент делујућих сила трења. С друге стране, ако се момент инерције одређује помоћу торзионог клатна, треба очитати одсечак b/a линеарног графика $T^2 = f(d^2)$, конструисаног мерењем периода клатна T и растојања тегова до осе осциловања d.

Од осталих кључних тачака графика највећи значај има налажење положаја минимума и максимума. Нпр. при снимању резонантне криве RLC кола, из положаја максимума криве $I = f(\nu)$ налази се резонантна тј. сопствена фреквенција тог кола. Методом диференцијалне термичке анализе пак, одређивањем екстремума криве $\Delta T = f(T_s)$ (ΔT је разлика температура узорка и стандарда мерена термометром, а T_s је температура стандарда) може се наћи температура фазног прелаза узорка.

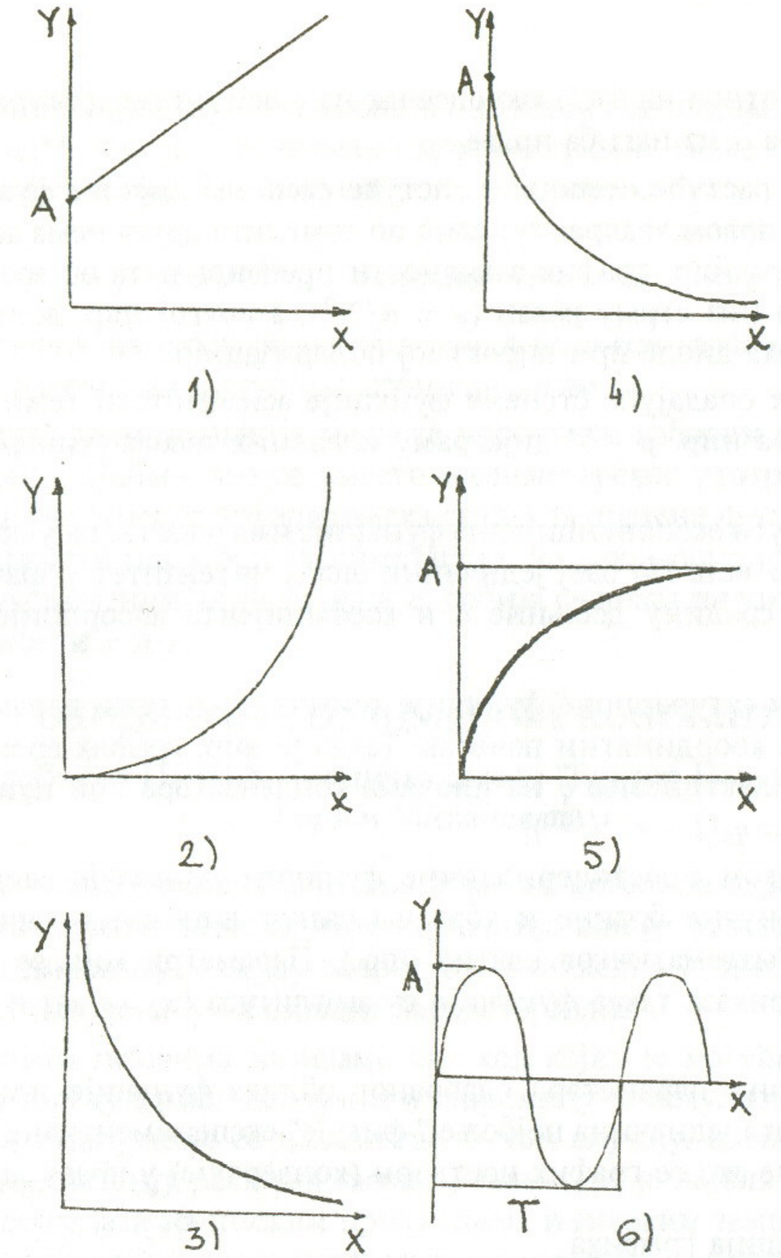
Понекад је важно уочити да ли график показује асимптотско понашање, тј. да ли се приближава некој фиксној вредности без теоријске шансе да је достигне. Као примери важних асимптота могу бити споменути нпр. график зависности броја радиоактивних језгара n од времена t ($N \to 0$ за $t \to \infty$), или график успостављања стационарног стања при пуњењу кондензатора [график $q = f(t)$].

Понекад график неочекивано и нагло мења облик. Тачке у којима се то дешава називају се дисконтинуитети. Важан пример дисконтинуитета представља график улазне карактеристике транзистора [$I_b = f(U_{be})$] или график расподеле интензитета зрачења у спектру x--зрака (суперпозиција линијског на континуално зрачење).

Када су облик и карактеристике графика у конкретном дијаграмском представљању резултата мерења утврђени, може се покушати одредити (ако теоријски већ није познат) облик опште једначине која тај график најбоље описује. Обично се проба на једну од шест основних типова функција у физици.

4. Основни типови графика

Уочљиво је да постоје две " непознате" у свакој од наведених једначина графика (A и k) које се могу наћи заменом координата у две тачке



Слика 3.

графика. Тестирање се врши проверавањем да ли су друге тачке са графика усаглашене са одабраном функцијом. Но, овај метод " погађања" опште једначине графика фитовањем експерименталних резултата често је отежан растурањем (услед грешака мерења) уцртаваних тачака од праве вредности. Стога је сврсисходније, према задатом (очекиваном) типу функције, са графика одређивати параметре A и k. У конкретном случају као на слици 3:

1. Овим типом функције прати се температурна зависност отпора проводника и са графика $R = f(t)$, према једначини праве $R = R_0(1+\alpha t)$,

одређује R_0 (отпор на $0°C$) као одсечак на y-оси и температурни коефицијент отпора α из нагиба праве.

2. Облик растуће степене и растуће експоненцијалне функције разликује се (у првом квадранту) само по томе што друга нема асимптоту. Првој одговара нпр. график зависности пређеног пута од времена при кретању тела низ стрму раван ($s = a/2t^2$), а другој нпр. волтамперска карактеристика диоде при директној поларизацији.

3. График опадајуће степене функције асимптотски тежи и x- и y-оси. Одговара нпр. $p - V$ дијаграму идеалних гасова (хипербола, $p = c \cdot V^{-1}$).

4. Опадајућа експоненцијална функција има одсечак на y-оси и асимптотски тежи x-оси. По овој једначини опада интензитет γ зрачења проласком кроз средину дебљине d и коефицијента апсорпције μ ($N = N_0 e^{\mu d}$).

5. График сатурационе функције асимптотски тежи параметру A и пролази кроз координатни почетак. Такав је нпр. график временске зависности наелектрисања q на плочама кондензатора при пуњењу кондензатора $[q = q_0(1 - e^{-t/RC})]$.

6. Графиком простопериодичне функције приказује се једначина кретања, тренутне брзине и убрзања сваког линеарног хармонијског осцилатора (математичког клатна нпр.). Параметри који се налазе из графичког приказа такве функције су амплитуда (x_0, v_0, a_0) и период T осцилација.

Одређивање параметара одабраног облика функције или испитивање да ли дата једначина најбоље " фитује" експерименталне резултате постаје лакше ако се график претвори (конвертује) у праву линију.

5. Линеаризација графика

Линеаризација неких функција може се извршити погодним заменама варијабли. Нпр. зависност периода од дужине математичког клатна црта се као $l = f(T^2)$, а не $l = f(T)$. Али, постоје две посебне технике да се ово учини. Могуће је све графике степене функције типа $y = Ax^k$, без обзира да ли је k позитивно или негативно, линеаризовати логаритмовањем једначине. Како је

$$\log y = \log(Ax^k), \quad \text{следи} \quad \log y = k \log x + \log A,$$

то наношење $\log y$ на y-осу, а $\log x$ на x-осу омогућује да се одреди k као нагиб и A као одсечак на y-оси.

И за линеаризацију свих експоненцијалних функција тј. једначина типа $y = Ae^{kx}$, где је k позитивно или негативно, може се потражити логаритам функције, али онај природни са основом e:

$$ln\, y = ln(Ae^{kx}), \quad \text{односно} \quad ln\, y = kx + ln\, A.$$

У овом случају на y-осу се наноси $ln\, y$, а на x-осу само x, па се очита нагиб k и одсечак на y-оси $ln\, A$ добијене праве.

Поступак линеаризације може се упростити избором папира за цртање графика. Наиме, ако се уместо милиметарског употреби log – log (на обе осе градуисана логаритамска скала) за степене функције или семилогаритамски (на x-оси милиметарска, на y-оси логаритамска скала) папир за експоненцијалне функције, добија се права директним уношењем вредности x и y.

ОДРЕЂИВАЊЕ БОЛЦМАНОВЕ КОНСТАНТЕ

Слободан Пантић, Техничка школа "Виктор Нешовић",
Горњи Милановац

У овом чланку биће објашњена једна од метода за одређивање Болцманове константе. Метода није најтачнија али је једноставна, не захтева компликовану и скупу апаратуру, очигледна је и из тих разлога погодна за извођење у школским лабораторијама[3].

Идеалним гасовима називамо оне код којих је могуће занемарити силе међумолекуларног деловања и запремину молекула према укупној запремини суда у коме се налази гас. У том случају, идеалан гас представља идеализацију реалних гасова. Реални гас је најближи идеалном гасу када се налази на ниским притисцима и високим температурама. У случају смеше гасова важи исто: нпр. ваздух, који је смеша више врста различитих гасова, под нормалним условима (на собној температури и притиску од једне атмосфере) понашаће се као идеалан гас.

Пођимо од једначине стања за идеалне гасове.

$$PV = n_m RT, \tag{1}$$

где је P - притисак гаса, V - запремина суда, n_m - број молова гаса, R - универзална гасна константа, а T - температура гаса (Келвинова температурна скала).

[3] Овај експеримент извођен је са ђацима 1984/85. школске године у Ариљу, под руководством аутора текста, а у Гучи га је изводио Данило Беодрански са својим ђацима.

Из кинетичке теорије гасова познато је да постоји веза између Болцманове константе k, универзалне гасне константе R и Авогадровог броја N_a:

$$k = \frac{R}{N_a} \qquad \text{и} \qquad R = kN_a. \tag{2,3}$$

Из (2), после замене једначине (3) у једначину (1), добијамо

$$PV = n_m N_a kT. \tag{4}$$

Једначина (4) биће полазна једначина за извођење експеримента.

I

Замислимо гас који се налази у некој посуди и напишимо једначину стања тог гаса

$$P_1 V = n_{m1} N_a kT \tag{5}$$

где је P_1 - притисак гаса у суду (једнак атмосферском притиску), V - запремина суда, n_{m1} - број молова гаса у суду и T - собна температура.

II

У суд убацимо познату запремину лако испарљиве течности, нпр. етра. Убачени етар испари, температура у суду мало опадне а број молекула у суду се повећа. Потребно је мало сачекати да се температура у суду врати на претходну вредност, загревањем од околног ваздуха. Једначина стања у овом случају гласи:

$$P_2 V = n_{m2} N_a kT, \tag{6}$$

где је P_2 - притисак ваздуха и пара етра у суду а n_{m2} - број молова гаса у суду пошто је етар испарио. Одузимањем једначине (5) од једначине (6) и увођењем ознака $\Delta P = P_2 - P_1$ и $\Delta n_m = n_{m2} - n_{m1}$ добија се:

$$V(P_2 - P_1) = (n_{m2} - n_{m1}) N_a kT, \qquad \text{односно} \tag{7}$$

$$V\Delta P = N_a kT \Delta n_m. \tag{8}$$

Из (8) следи да је

$$k = \frac{V\Delta P}{N_a T \Delta n_m}, \tag{9}$$

где је ΔP - промена притиска условљена уношењем етра, а Δn_m - промена броја молова гаса у суду (једнака броју молова етра унетог у суд).

ΔP меримо диференцијалним манометром (сл.1.), мерећи одговарајућу разлику висина

$$\Delta P = \rho g \Delta h, \tag{10}$$

где је ρ - густина течности у манометру, $g = 9,81\ N/kg$ и Δh - разлика нивоа течности у крацима манометра.

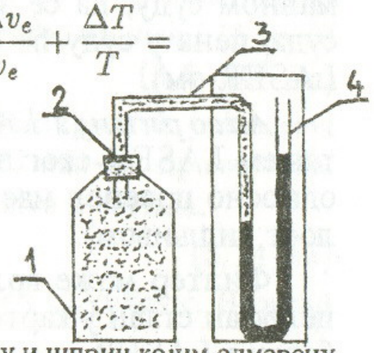
Број молова етра је $\Delta n_m = m_e/M_e = (\rho_e v_e)/M_e$ ($m_e N_a/M_e$ је број молекула етра), где је m_e - маса унетог етра, M_e - моларна маса етра ($m_e = \rho_e v_e$), ρ_e - густина етра и v_e - запремина унетог етра (позната је).

Коначно се добија формула коју користимо за израчунавање Болцманове константе:

$$k = \frac{\rho g h V M_e}{\rho_e v_e N_a T}. \tag{11}$$

На основу коначне једначине (11) можемо написати и израз за релативну грешку одређивања Болцманове константе овом методом[4]:

$$\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta\rho}{\rho} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta M_e}{M_e} + \frac{\Delta\rho_e}{\rho_e} + \frac{\Delta v_e}{v_e} + \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta v_e}{v_e} + \frac{\Delta T}{T}.$$



Опис апаратуре:

1. Стаклена боца испуњена ваздухом и парама етра
2. Гумени чеп
3. Гумено црево за повезивање боце и манометра
4. Манометар

На слици недостаје термометар којим меримо температуру и шприц којим одмерену запремину етра уносимо у боцу. У току мерења описана апаратура мора бити херметички затворена. Нивои течности у крацима манометра пре убацивања етра треба да буду једнаки.

Поступак током мерења:

1. Ако запремина суда није позната, треба је измерити (пожељно је да суд има што већу запремину).
2. Измерити температуру ваздуха (она је иста као у лабораторији).
3. Проверити да ли су нивои течности у крацима манометра једнаки, ако нису треба их довести на исте нивое.
4. Шприцом одмерити запремину етра и унети је кроз гумени запушач или гумено црево.
5. Унети етар брзо испари, притисак у суду порасте, а температура опадне. Треба мало сачекати да температура достигне првобитну вредност, па тек онда очитати притисак.

Напомена:

1. За суд чија је запремина до 10 литара, запремина унетог етра требало би да буде највише до 3 кубна центиметра.
2. У крацима диференцијалног манометра може се користити и вода.

[4] Релативна грешка која је прављена током мерења кретала се у границама $10 - 30\%$. Један од резултата са дипломског рада ученика је $k = (1,4 \pm 0,4)10^{-23}\ J/K$.

ПРИМЕНА He–Ne LASER-а У НАСТАВИ[5]

Душанка Радојчић, Београд

Захваљујући специфичностима LASER-ског зрачења, примена LASER-а је врло разноврсна. Овде ће бити описано неколико метода и начина примене He–Ne LASER-а у настави физике.

Дифузно „расејање„ LASER-ског зрачења настаје одбијањем ласерског зрака на честицама средине кроз коју се простире, чиме је могуће учинити LASER-ски зрак видљивим. LASER-ски зрак се може учинити видљивим пропуштањем кроз транспарентну каду у којој се налази колоидни раствор размућеног млека у праху у води или раствор колоидног сумпора. Колоидни сумпор се добија дејством сумпорне киселине на ослабљени раствор фотографског фиксира (натријумтиосулфат $Na_2S_2O_3$). Слично се добија пропуштањем LASER-ског зрака кроз транспарентни суд у коме се налази пена, добијена узмућењем воде у којој је растворен шампон или неки течни детерџент. Ако се таква пена направи у нормалном суду, па се затим LASER-ски зрак усмери на проширени део суда, пена у суду ће се видети у боји (у црвеној, ако се ради са He–Ne LASER-ом).

Апсорпција LASER-ског зрачења може да се посматра пропуштањем LASER-ског зрака кроз разнобојне филтре или раствор плавог, односно црвеног мастила у води (чиста вода не чини LASER-ску светлост видљивом).

Филтер може врло једноставно и да се направи, ако се разнобојни целофан стави у картонски оквир. Оглед се састоји у посматрању апсорбовања LASER-ске светлости у зависности од врсте и дебљине апсорбера, кроз који се светлост пропушта.

Одређивање константе дифракционе решетке

На пут LASER-ског зрака постављена је оптичка решетка и дифракована светлост је затим пропуштена кроз транспарентни суд у коме је вода са шампоном. На зид суда, наспрам дифракционе решетке, приснољен је милиметарски папир и врхом графитне оловке обележене су границе између места на којима су уочљиве дифракционе шаре.

Применом једначине $d = nL\lambda/\Delta y$ израчунава се вредност константе дифракционе решетке d.

[5] У бројевима МФ-43 и МФ-44 под насловом "Експерименти са ласерском светлошћу" било је речи о неким идејама и експериментима са ласерима, који се могу реализовати у школским кабинетима. Тада смо вас позвали на сарадњу. Стигло је неколико писама на ову тему. У овом броју изабрали смо нешто од тога што нам је предложила Д.Радојчић, професорка физике у пензији из Београда. прим. ур.

KONKURSNI ZADACI

DACI·ZADACI

NAGRADNI ZADACI • ZADACI PITANJA • E – ZADATAK

ZADACI ZA DOMAĆI RAD

VI razred

1. Kod jednog tipa hidraulične prese površina prvog klipa je 20 puta veća od površine drugog klipa. Kolika masa može da se podigne drugim klipom ako se na prvi deluje silom od 20 N? Uzeti da je $g = 10\ m/s^2$. (40 kg)

2. U prizemlju zgrade pritisak u vodovodnoj cevi je $5 \cdot 10^5\ Pa$. Pod kolikim pritiskom ističe voda iz slavine na četvrtom spratu zgrade, na visini 15 m od prizemlja? ($3,5 \cdot 10^5\ Pa$)

3. U spojenim sudovima oblika U–cevi, kod kojih je poluprečnik jedne cevi četiri puta manji od poluprečnika druge, nalazi se živa. U užu cev sipa se voda. Visina vodenog stuba je 70 cm. Odrediti razliku nivoa žive u cevima. ($5,14\ cm$)

Pripremili: R.Miler (1), Č.Stanković i G.Vuković, Beograd

VII razred

1. Telo pada sa visine od 100 m. Odrediti visinu na kojoj je njegova kinetička energija četiri puta veća od potencijalne. Zanemariti otpor vazduha. (20 m)

2. Telo slobodno pada tako da u nekoj tački A ima brzinu $v_A = 10\ m/s$, a u tački B brzinu $v_B = 15\ m/s$. Naći rastojanje između datih tačaka kao i vreme za koje će telo da pređe to rastojanje. ($6,25\ m$; $0,5\ s$)

3. Dva tela su započela kretanje istovremeno. Prvo telo se kreće ravnomerno ubrzano, bez početne brzine, s ubrzanjem od 4 m/s^2, a drugo stalnom brzinom od 20 m/s. Posle kog vremena i na kom rastojanju od polazne tačke će prvo telo da sustigne drugo? ($10\ s$; $200\ m$)

Pripremili: R.Miler i M.Perković (3), Beograd

VIII razred

1. Tri otpornika $R_1 = 8\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$ i $R_3 = 5\ \Omega$ vezana su na red i priključena na izvor ems. $E = 21\ V$, unutrašnjeg otpora $r = 2\ \Omega$. Kolika je jačina struje u

zatvorenom kolu? Koliku jačinu struje će da pokaže ampermetar unutrašnjeg otpora $r_A = 0,5\ \Omega$ kad se redno veže u dato kolo? $(0,84\ A;\ 0,82\ A)$

2. Dva jednaka sočiva žižne daljine 15 cm nalaze se na zajedničkoj optičkoj osi. Predmet se nalazi levo od prvog sočiva na rastojanju od 30 cm, a njegov lik između sočiva, na rastojanju 20 cm od drugog sočiva. Odrediti rastojanje između sočiva. $(140\ cm)$

3. Rastojanje imaginarnog lika od predmeta kod sabirnog sočiva je 60 cm. Veličina lika je tri puta manja od veličine predmeta. Kolika je žižna daljina sočiva? $(7,5\ cm)$

Pripremio: M.Perković, Beograd

KONKURSNI ZADACI

Zadaci za učenike VI razreda

1088. Kolona kamiona dužine 650 m kreće se brzinom 15 m/s. Motociklista polazi sa začelja kolone brzinom 20 m/s. Kada stigne do čela kolone, on se zaustavlja, čeka 20 s i onda se vraća do kraja kolone istom brzinom. Koliko je vremena proteklo od njegovog polaska sa začelja kolone do njegovog povratka?

1089. Biciklista se kreće uzbrdo brzinom $v_1 = 5\ km/s$ prelazeći put s_1. Vraća se nizbrdo istim putem brzinom v_2 koja je veća od v_1. Može li se biciklista vratiti nizbrdo tako da mu srednja brzina na celom putu (uzbrdo i nizbrdo) bude $v_s = 10\ km/h$? Ako može, kojom brzinom v_2 treba da se kreće?

1090. Neopterećena opruga ima dužinu l_0. Kada na nju deluje sila F, ona ima dužinu $1,5\,l_0$. Pod dejstvom kolike sile će ona imati dužinu $3\,l_0$?

1091. Kolika zapremina vode na $4°C$ je potrebna da se napravi 100 kockica leda? Ivica kockice iznosi 2 cm. Gustina leda je 900 kg/m^3 a vode na $4°C$ je 1000 kg/m^3.

1092. Novopečeni biznismen je kupio ženi na poklon "zlatni" poslužavnik mase 3,720 kg. Njegov sin osnovac ga potapa u vodu i meri mu zapreminu od 300 cm^3.

a) Izračunati srednju gustinu materijala služavnika na osnovu koje je sin zaključio da je reč o prevari i da se verovatno radi o smeši zlata i bakra.

b) Znajući da je gustina zlata $\rho_z = 19,3\ g/cm^3$ a gustina bakra $\rho_b = 8,9\ g/cm^3$, izračunati odnos zapremine bakra prema zapremini zlata u poslužavniku: $x = V_b/V_z$.

Pripremio: D.Kapor, N.Sad

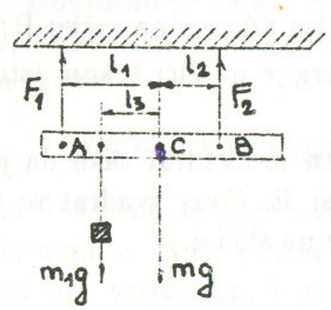
Zadaci za učenike VII razreda

1093. Telo slobodno pada sa visine h. Tokom poslednje sekunde pre udara o zemlju, telo prelazi 93,1 m. Sa koje visine pada telo?

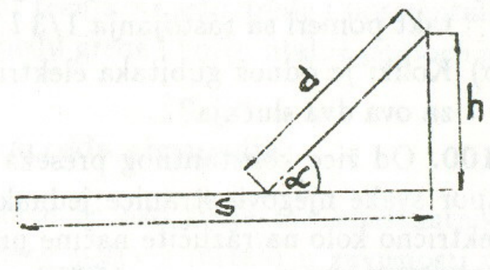
1094. Železnička kompozicija sa lokomotivom ima masu $m = 400\ t$. Kolika je potrebna srednja snaga lokomotive da bi se brzina kompozicije povećala sa $v_1 = 40\ km/h$ na $v_2 = 60\ km/h$ na horizontalnoj pruzi dužine $s = 1\ km$? Ubrzanje je konstantno, a trenje zanemarljivo.

1095. Na špiritusnoj lampi 200 g vode greje se od $15°C$ do $45°C$, pri čemu sagori 6 g špiritusa. Toplota sagorevanja špiritusa je $3 \cdot 10^7\ J/kg$. Odrediti stepen iskorišćenja pri ovakvom načinu zagrevanja. (Specifična toplota vode je $4200\ J/kg°C$.)

1096. Homogena greda mase $m = 100\ kg$ obešena je sa dva nerastegljiva užeta (sl.1.). Na gredu je okačen teret mase $m_1 = 20\ kg$. Kolike su sile zatezanja užadi F_1 i F_2, ako su rastojanja na slici 1 $AC = l_1 = 3\ m$, $CB = l_2 = 1\ m$ i $CD = l_3 = 0,5\ m$? Mase užadi su zanemarljive.



Slika 1



Slika 2

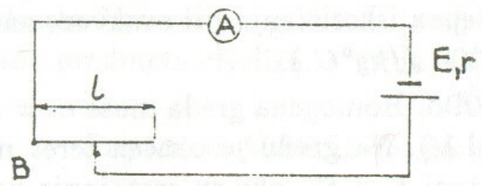
1097. Telo počinje da klizi sa vrha nepokretne strme ravni nagibnog ugla $\alpha = 30°$, bez početne brzine i zaustavlja se na horizontalnoj ravni na horizontalnoj udaljenosti $s = 25\ m$ od vrha (sl.2.). Izračunati koeficijent trenja između tela i podloge, ako je on konstantan na celom putu i ako je visina strme ravni $h = 6\ m$.

Pripremili: D.Kapor i S.Rakić, N.Sad

Zadaci za učenike VIII razreda

1098. Kuglica ulja gustine $\rho = 900\ kg/m^3$ naelektrisana sa 5 elektrona lebdi između paralelno postavljenih suprotno naelektrisanih ploča. Ploče su u vakuumu na rastojanju $d = 3\ mm$, a između njih postoji razlika potencijala od $300\ V$. Odrediti zapreminu kuglice.

1099. Strujno kolo čine džepna baterija od $4,5\ V$, unutrašnjeg otpora $r = 0,3\ \Omega$, ampermetar zanemarljivog unutrašnjeg otpora i čelična žica dužine $l = 1\ m$, poprečnog preseka $S = 0,5\ mm^2$ i specifičnog otpora $\rho = 2 \cdot 10^{-7}\ \Omega m$, vezani redno kao na slici 3.

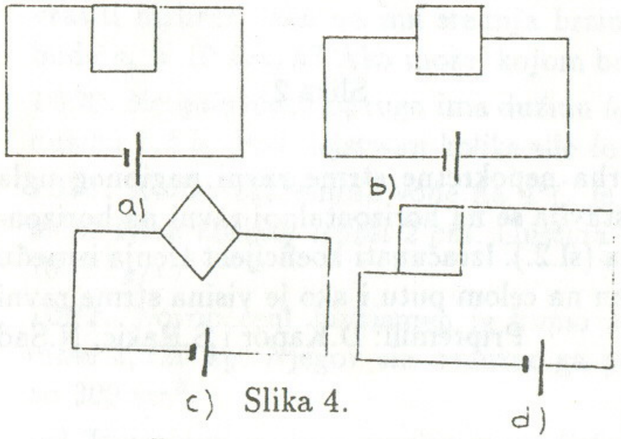


Slika 3.

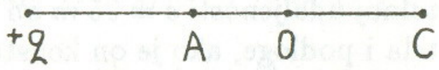
a) Za koliko se promeni struja koju pokazuje ampermetar kada se klizni kontakt pomeri sa rastojanja $1/3\ l$ na $2/3\ l$ u odnosu na tačku B?

b) Koliki je odnos gubitaka električne energije na žici tokom istog vremena za ova dva slučaja?

1100. Od žice konstantnog preseka načinjen je kvadrat tako da je električni otpor svake njegove stranice jednak i iznosi R. Ovaj kvadrat se uključuje u električno kolo na različite načine prikazane na slici 4.



Slika 4.



Slika 5.

Ako je u svim ovim kolima elektromotorna sila izvora jednaka, kroz koje kolo će teći najveća struja?

1101. Dva paralelna ravna ogledala okrenuta su jedno prema drugom na rastojanju $4\ m$. Predmet je udaljen $40\ cm$ od levog ogledala. Na kom rastojanju od predmeta se nalaze njegova dva najbliža lika u levom ogledalu?

1102. Dva otpornika $R_1 = 40\ \Omega$ i $R_2 = 50\ \Omega$ vezana su na red i priključena na izvor elektromotorne sile $E = 184\ V$, unutrašnjeg otpora $r = 2\ \Omega$. Odrediti: a) napon na krajevima otpornika R_2; b) napon koji pokazuje voltmetar

unutrašnjeg otpora $R_v = 2500\ \Omega$ kada se veže za krajeve otpornika R_2 datog kola.

Pripremili: D.Abadović, D.Kapor, S.Rakić i R.Miler

Zadaci za učenike I razreda gimnazije

1103. Po horizontalnom krugu poluprečnika $10\sqrt{3}\ m$ kreće se bez početne brzine materijalna tačka konstantnim tangencijalnim ubrzanjem. Odrediti veličinu pređenog puta materijalne tačke od početka kretanja do trenutka kada je intenzitet ukupnog ubrzanja dva puta veći od intenziteta tangencijalnog ubrzanja.

1104. Sa horizontalne površine zemlje izbaci se telo pod nekim uglom. Maksimalna visina koju ono dostigne iznosi $3\ m$. Znajući da je poluprečnik krivine putanje u najvišoj tački $6\ m$, odrediti domet tela.

1105. Greda se naslanja jednim krajem o gladak vertikalan zid, a drugim kajem na horizontalnu podlogu. Koeficijent trenja između grede i horizontalne podloge je 0,4. Odrediti najmanji ugao između grede i horizontalne podloge pri kojem greda ne klizi.

Zadaci za učenike II razreda gimnazije

1106. Metalni valjak poluprečnika R obrće se oko svoje ose konstantnom ugaonom brzinom ω. Naći jačinu električnog polja u metalu u zavisnosti od rastojanja od ose valjka kao i napon između ose valjka i površine omotača valjka.

1107. Kroz cevnu diodu s ravnim elektrodama teče struja jačine $10\ mA$. Napon između elektroda diode je $100\ V$. Pretpostavljajući da je brzina elektrona u blizini katode jednaka nuli, odrediti veličinu sile kojom elektroni deluju na anodu diode. Specifično naelektrisanje elektrona je $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}\ C/kg$.

1108. Jačine elektrostatičkog polja usamljenog tačkastog naelektrisanja u tačkama A i C iznosi $36\ V/m$ i $9\ V/m$, respektivno (sl.5.). Odrediti jačinu električnog polja u tački O koja leži na sredini između tačaka A i C.

Pripremio: Milorad Vuksanović, Gimnazija „Sveti Sava", Beograd

Zadaci za učenike III razreda gimnazije

1109. Cev dužine $L = 2,5\ m$ zatvorena je na jednom kraju. U cevi se nalazi vazduh pri normalnim uslovima. Koliki je broj rezonantnih frekvenca ovog stuba nižih od $34\ kHz$, ako se zna da je brzina zvuka u vazduhu $v = 340\ m/s$?

1110. Areometar, mase $m = 50\ g$ i radijusa cevi $r = 3,2\ mm$, pliva u vodi (sl.6). Odrediti period malih oscilacija areometra koje nastaju kada se areometar izvede iz stabilne ravnoteže potiskivanjem naniže. Zanemariti otpor tečnosti.

1107. Kroz cevnu diodu s ravnim elektrodama teče struja jačine 10 mA. Napon između elektroda diode je 100 V. Pretpostavljajući da je brzina elektrona u blizini katode jednaka nuli, odrediti veličinu sile kojom elektroni deluju na anodu diode. Specifično naelektrisanje elektrona je $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}\ C/kg$.

1108. Jačine elektrostatičkog polja usamljenog tačkastog naelektrisanja u tačkama A i C iznosi 36 V/m i 9 V/m, respektivno (sl.5.). Odrediti jačinu električnog polja u tački O koja leži na sredini između tačaka A i C.

Pripremio: Milorad Vuksanović, Gimnazija „Sveti Sava", Beograd

Zadaci za učenike III razreda gimnazije

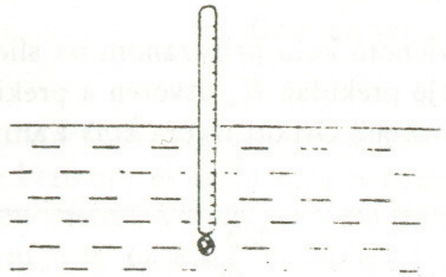
1109. Cev dužine $L = 2,5\ m$ zatvorena je na jednom kraju. U cevi se nalazi vazduh pri normalnim uslovima. Koliki je broj rezonantnih frekvenca ovog stuba nižih od 34 kHz, ako se zna da je brzina zvuka u vazduhu $v = 340\ m/s$?

1110. Areometar, mase $m = 50\ g$ i radijusa cevi $r = 3,2\ mm$, pliva u vodi (sl.6). Odrediti period malih oscilacija areometra koje nastaju kada se areometar izvede iz stabilne ravnoteže potiskivanjem naniže. Zanemariti otpor tečnosti.

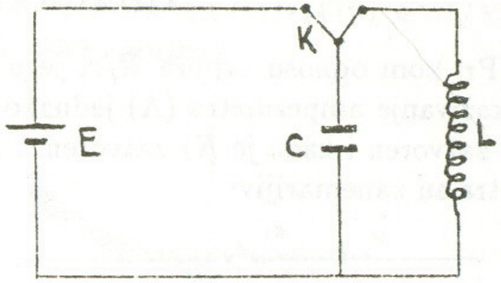
1111. Elementi kola prikazanog na slici 7. imaju sledeće vrednosti: termogeni otpor kalema $R = 30\ \Omega$, induktivnost kalema $L = 0,95\ H$ i kapacitet kondenzatora $C = 3\ nF$. Kondenzator se puni pomoću baterije akumulatora (E), a zatim priključuje preko preklopnika K na kalem L. Izračunati logaritamski dekrement prigušenja oscilacija koje nastaju u kolu.

Pripremio: V.Milosavljević, Fizički fakultet, Beograd

KUPON
Učenik
Škola i razred
Profesor (nastavnik)
Adresa učenika



Slika 6.



Slika 7.

Zadaci za učenike IV razreda gimnazije

1112. Gustina verovatnoće za nalaženje čestica na rastojanju x od koordinatnog početka na polupravoj $x \in (0,\infty)$ je $f(x) = ae^{-ax}$. Naći očekivanu vrednost položaja čestice. b) Kolika je verovatnoća da se čestica nađe u intervalu (0,5)?

1113. Funkcija koja opisuje $2p$ stanje sa $n = 2$, $l = 1$ i $m = 0$ u atomu vodonika je

$$\psi_{210} = \frac{1}{\sqrt{32\pi a}} \frac{r}{a^2} e^{-\frac{r}{2a}} \cos\theta,$$

gde je a Bohrov radijus $a = \hbar^2/(me^2)$, r je rastojanje od koordinatnog početka $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$, a θ ugao između vektora položaja i z–ose. Posmatrajmo samo projekciju ove funkcije na xz ravan, odnosno funkciju $\psi = re^{-\frac{r}{2a}} \cos\theta$, gde je $r = \sqrt{x^2 + z^2}$, $\cos\theta = \dfrac{z}{\sqrt{x^2 + z^2}}$.

a) Naći gustinu verovatnoće da se čestica nađe u blizini tačke x, z. U kojoj je tački ova verovatnoća maksimalna?

b) Ako se gustina verovatnoće napiše kao $f = R(r)T(\theta)$, proizvod funkcija koje zavise samo od rastojanja r i samo od ugla θ, onda funkcija T daje "oblik" gustini verovatnoće (zove se i „modulacioni faktor") koja bi da je $T = 1$ bila sasvim sferno simetrična. Nacrtati zavisnost $T(\theta)$ za funkciju ψ koju razmatramo.

1114. Data je funkcija $\delta(x,\alpha) = \dfrac{1}{\pi}\dfrac{\alpha}{\alpha^2 + x^2}$.

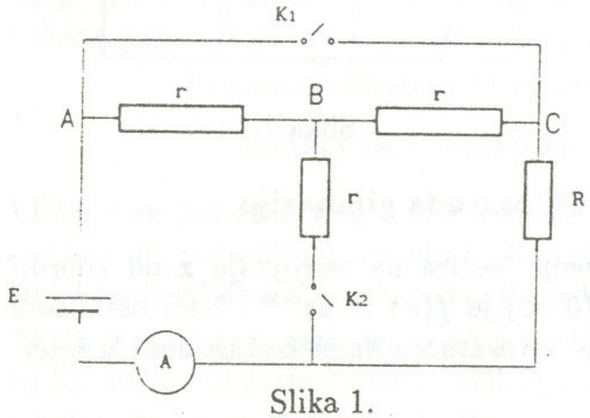
a) Analizirati ovu funkciju za različite vrednosti α i nacrtati grafike. Pokazati da je $\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x,\alpha)\,dx = 1$. Kako izgleda funkcija $\delta(x,\alpha)$ u limesu $\alpha \to 0$?

b) Označimo $\delta(x) = \lim_{\alpha\to 0} \delta(x,\alpha)$. Uveriti se da za proizvoljnu funkciju $f(x)$ važi $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\delta(x)\,dx = f(0)$.

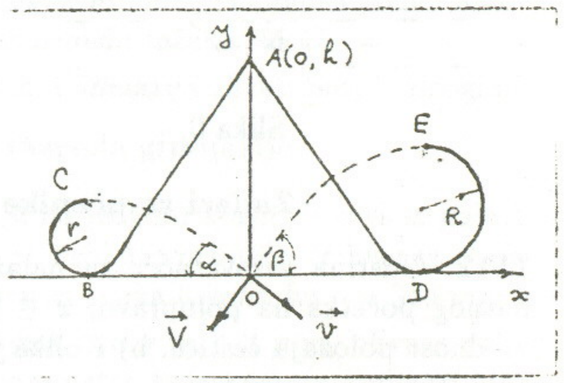
Pripremila: M.Burić, Fizički fakultet, Beograd

ODABRANI ZADACI[6]

1. Pri kom odnosu otpora R/r, je u električnom kolu prikazanom na slici 1, pokazivanje ampermetra (A) jednako kada je prekidač K_1 otvoren a prekidač K_2 zatvoren i kada je K_1 zatvoren a K_2 otvoren? Otpori izvora *ems* i ampermetra su zanemarljivi.



Slika 1.



Slika2.

2. Dve kuglice, startujući iz iste tačke A$(0,h)$, spuštaju se niz strme vođice koje leže u vertikalnoj xOy ravni (sl.2.). Leva vođica se završava polukružnim delom BC, poluprečnika r. Desna vođica se završava polukružnim delom DE, poluprečnika R. Neka je $R \geq r$.

Leva kuglica, posle napuštanja tačke C$(-l, 2r)$, prolazi kroz koordinatni početak O brzinom $\vec{v}$. Ako se i desna kuglica, posle napuštanja tačke E$(l, 2R)$, kreće po putanji koja prolazi kroz koordinatni početak i u tački O ima brzinu $\vec{V}$, tada su brzine $\vec{v}$ i $\vec{V}$ međusobno normalne (u tački O). Dokazati.

(Napomena: Zanemaruju se sva trenja u sistemu.)

3. Ustanovljeno je da se kvazari, za koje se smatra da predstavljaju jezgra aktivnih galaksija, udaljavaju od Zemlje brzinom v uporedivom s brzinom svetlosti c. Merenjem je dobijeno da relativna promena talasne dužine spektralne linije vodonika iz spektra kvazara 3C9, zbog Doplerovog efekta, iznosi $(\lambda - \lambda_0)/\lambda_0 = 2$. Pretpostavljajući da za dati kvazar važi Hablov zakon: $v = Hd$, gde je $H = 75\ km/s/Mpc$ – Hablova konstanta ($1\ pc = 3,1 \cdot 10^{16}\ m$ – parsek), odrediti udaljenost d kvazara 3C9 od Zemlje.

Pripremili: V.Milosavljević (1), V.Babović (2) i R.Miler (3)

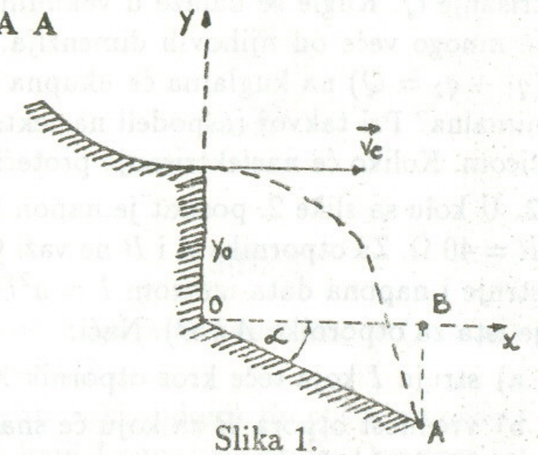
[6]Od ovog broja uvodimo novu rubriku „Odabrani zadaci“ u kojoj će se nalaziti zadaci koji nisu vezani za neki razred (gradivo fizike iz osnovne i srednje škole). To su zadaci koji su po formi i sadržaju slični zadacima sa međunarodnih takmičenja. Najbolja rešenja učenika ćemo objavljivati u skoro neizmenjenom obliku. Isto tako, očekuju se i vaši predlozi za ovu rubriku. prim. ur.

XXVIII TAKMIČENJE MLADIH FIZIČARA JUGOSLAVIJE

Obrenovac, 23.05.1992. godine

GRUPA A

1. Skakač napušta rampu skakaonice (sl.1) brzinom $v_0 = 34\ m/s$ u horizontalnom smeru. Visina rampe u odnosu na zemlju je $y_0 = 4,2\ m$, dok podnožje skakaonice zaklapa ugao od 25° prema horizontali. Zanemarujući trenje naći dužinu skoka, tj. udaljenost od podnožja rampe do mesta gde je skakač dodirnuo zemlju.



Slika 1.

2. Na horizontalnom glatkom stolu postavljeno je duž jednog pravca šest okruglih pločica mase m, $m/2$, $m/4, \ldots, m/32$. Prvoj pločici mase m saopšti se početna brzina v_1, tako da centralno udari u drugu pločicu mase $m/2$, druga zatim centralno udari u treću itd. Odrediti brzinu svake pločice posle svakog prvog sudara. Koliko sudara pretrpi svaka pločica?

3. Na kanapu koji može da izdrži zatezanje od $F = 40\ N$ čovek ravnomerno vrti teg mase $m = 1\ kg$ u vertikalnoj ravni. Osa rotacije udaljena je od zemlje na rastojanju $h = 4\ m$, a poluprečnik kružne putanje koju opisuje teg je $l = 1\ m$. Sa kojom ugaonom brzinom čovek mora rotirati teg da bi se kanap prekinuo? Na koje rastojanje S od čoveka će pasti teg?

4. Voz u čijem se sastavu nalazi zatvorena cisterna ispunjena naftom kretao se brzinom v_0, zatim je zbog kočenja počeo da se kreće jednako usporeno, i pošto je prešao deo puta S zaustavio se. Naći silu pritiska nafte na zadnju i prednju stranu cisterne za vreme kočenja voza. Cisternu smatrati kao pravougaoni paralelopiped dužine l, širine a i visine h.

5. U čeličnom sudu nalazi se smesa vodonika H_2 i kiseonika O_2 na temperaturi $T = 293\ K$. Sud je dovoljno čvrst, i posle eksplozije praskavog gasa izazvane električnom varnicom pritisak u njemu se povećao k puta. Pri sagorevanju jednog mola vodonika izdvaja se količina toplote $q = 435\ kJ/mol$. Specifična molarna toplota kiseonika i vodonika pri izohornom procesu jednaka je $5R/2$, a za vodenu paru $7R/2$, gde je $R = 8,314\ J/mol\,K$ univerzalna gasna konstanta. Odrediti vezu između sastava smese i faktora povećanja pritiska. Izračunati K, ako masa vodonika čini 0,5% mase kiseonika. Posle reakcije sadržaj u sudu smatrati idealnim gasom. Temperatursku zavisnost specifičnih toplota zanemariti. Ne uzimati u obzir ni procese disocijacije.

GRUPA B

1. Date su dve metalne kugle, poluprečnika R_1 i R_2, čije je ukupno naelektrisanje Q. Kugle se nalaze u vakuumu, a rastojanje među njihovim centrima je mnogo veće od njihovih dimenzija. Pri kojem odnosu naelektrisanja q_1/q_2 ($q_1 + q_2 = Q$) na kuglama će ukupna elektrostatička energija sistema biti minimalna? Pri takvoj raspodeli naelektrisanja kugle spojimo tankom metalnom žicom. Koliko će naelektrisanje proteći kroz žicu?

2. U kolu sa slike 2. poznat je napon baterije $U = 2,5\ V$ i otpor otpornika C, $R = 40\ \Omega$. Za otpornike A i B ne važi Omov zakon $U = RI$, već je veza između struje i napona data izrazom $I = a^2U^2$, gde je $a^2 = 0,02\ A/V^2$ (konstanta a je ista za otpornike A i B). Naći:

a) struju I koja teče kroz otpornik A;

b) vrednost otpora R za koju će snage koje se oslobađaju na otpornicima B i C biti jednake.

Unutrašnji otpor baterije zanemariti.

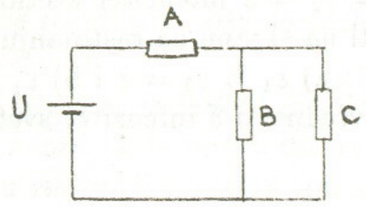
3. Po navojima dugačkog solenoida, kružnog poprečnog preseka, teče struja koja unutar solenoida pravi homogeno magnetno polje indukcije B. Među njegove navoje brzinom v uleće čestica mase m i naelektrisanja q i posle vremena t izleti iz njega. Odrediti poluprečnik R poprečnog preseka solenoida. Do uletanja, čestica se kretala duž pravca koji se poklapao sa dijametrom poprečnog preseka solenoida.

4. Dva izvora 1 i 2, koji emituju talase talasne dužine λ, nalaze se na rastojanju $d = 5\lambda$. Prijemnik tih talasa se kreće po kružnici (kružnica je u ravni u kojoj se nalaze izvori) čiji je centar na sredini rastojanja među izvorima. Poluprečnik kružnice je mnogo veći od rastojanja među izvorima. Tokom kretanja prijemnik naizmenično registruje minimume i maksimume. Odrediti koliko maksimuma prijemnik registruje tokom jednog obrta.

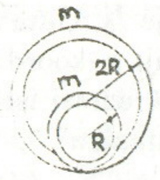
5. Obruč mase m i poluprečnika R pričvršćen je za obruč iste mase i poluprečnika $2R$ (sl.3). Sistem se nalazi na horizontalnoj podlozi. Naći period malih oscilacija T.

GRUPA C

1. Široki sud napunjen je vodom na čiju površinu pada paralelni snop svetlosnih zraka pod uglom φ (sl.4). Na dnu suda nalazi se tanak štap dužine l koji može da rotira u vertikalnoj ravni oko ose normalne na ravan slike koja prolazi kroz tačku O. Štap se izvede iz ravnotežnog položaja u desnu stranu i pusti. Odrediti: a) zavisnost $x = x(\theta)$ dužine senke štapa na dnu suda od ugla otklona štapa od vertikalnog položaja, i diskutovati dobijeni rezultat; b) zavisnost $x = x(\alpha)$ dužine senke štapa od njegovog ugaonog ubrzanja. Indeks prelamanja vode je



Slika 2.

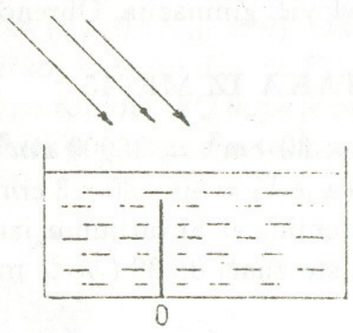


Slika 3.

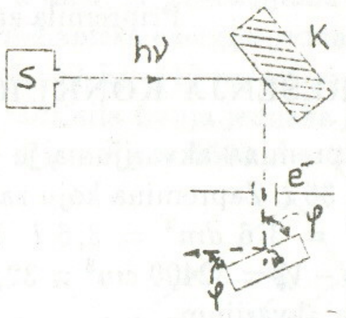
n, gustina vode ρ_0, a gustina materijala od koga je načinjen štap ρ ($\rho > \rho_0$). Moment inercije štapa oko ose O je $I = mR^2/3$.

2. Sistem S u kome se nalazi ekscitovani atomski vodonik propušta monohromatsku svetlost koja odgovara graničnoj liniji Lajmanove serije. Ova svetlost pada na metalnu površinu kalijuma K (izlazni rad elektrona je $2,2\ eV$). Deo nastalih fotoelektrona pada na ravnu površinu monokristala Ni koji može da rotira kao na slici 5. Prvi interferencioni maksimum odbijenih elektrona od površine kristala uočava se kada je $\varphi = 65,5°$. Odrediti: a) odgovarajuće međuravansko rastojanje u kristalu Ni i b) liniju u spektru vodonika koja omogućuje minimalnu brzinu fotoelektrona iz kalijuma (n =?, m =?).

$R = 1,1 \cdot 10^7 m^{-1}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\ kg$, $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\ Js$.



Slika 4.

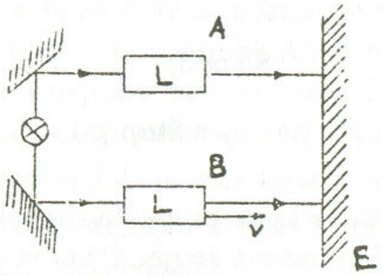


Slika 5.

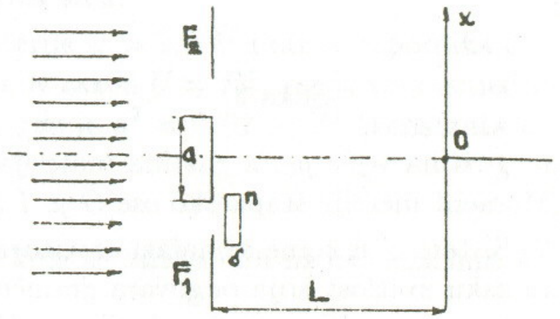
3. Svetlost od izvora S pada na ekran E na dva načina, prolazeći kroz dve pravougaone staklene prizme A i B (sl.6). Dužina prizme je L, indeks prelamanja stakla n i brzina svetlosti u vazduhu c. Za koliko kraće vreme svetlost do ekrana stiže kroz prizmu B koja se kreće ka ekranu brzinom v, nego kroz prizmu A koja miruje? Razmatrati slučajeve malih i velikih brzina prizme B.

4. Dva bliska paralelna razreza širina ε_1 i ε_2 su osvetljena monohromatskom svetlošću talasne dužine λ iz udaljenog izvora. Neposredno iza jednog od razreza

postavi se tanka staklena pločica debljine δ i indeksa prelamanja n (sl.7). Pločica ne apsorbuje svetlost. Pri $\delta = 0$ i $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$ intenzitet svetlosti u tački O jednak je I_0. Odrediti intenzitet svetlosti na ekranu na rastojanju l od razreza u funkciji x–koordinate u slučaju da je : a) $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$ i b) $\varepsilon_1 = \varepsilon$, $\varepsilon_2 = 2\varepsilon$. Ako su razrezi iste širine, pri kojoj je vrednosti δ intenzitet svetlosti u tački O maksimalan?



Slika 6.



Slika 7.

– **5.** Naći uslove pri kojima je moguće da neutroni iz reakcije ${}^7_3Li(\alpha, n){}^{10}_5B$, emitovani pod uglom od 90° u odnosu na pravac upadnog snopa α čestica, imaju energiju u intervalu od 0 do 10 MeV. $M_\alpha({}^7_3Li) = 7,018223$ ajm, $M_\alpha({}^4_2He) = 4,003873$ ajm, $M_\alpha({}^{10}_5B) = 10,016114$ ajm, $m_n = 1,008982$ ajm, $m_e = 0,548 \cdot 10^{-4}$ ajm, 1 $ajm = 931,5016$ MeV.

Pripremila za štampu: Lj.Pavlović, gimnazija, Obrenovac

REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF–45

1018. Zapremina akvarijuma je $V_{ak} = 40 \times 30 \times 30$ $cm^3 = 36000$ $cm^3 = 36$ $dm^3 = 36$ l. Zapremina koju zauzima sloj šljunka je $V_š = 40 \times 30 \times 3$ $cm^3 = 3600$ $cm^3 = 3,6$ $dm^3 = 3,6$ l. Raspoloživa zapremina u akvarijumu iznosi $V_{ef} = V_{ak} - V_š = 32400$ $cm^3 = 32,4$ $dm^3 = 32,4$ l, što znači da 30 l vode može da stane u akvarijum.

1019. Odnos visina čoveka i njegovog lika na fotografiji iznosi $H : h = 180 : 6 = 30$, tako da su dimenzije kofera umanjene 30 puta i iznose 72 $cm/30 = 2,4$ cm, 54 $cm/30 = 1,8$ cm i 21 $cm/30 = 0,7$ cm. U zadatku nije precizirano kako je postavljen kofer. Zato je neophodna diskusija. Jedna od dimenzija lika kofera je veća od prečnika novčića (2,4 cm) a druga je jednaka njegovom prečniku, pa, bez obzira kako čovek drži kofer, novčić oblika kruga ne može da zakloni njegov lik na fotografiji.

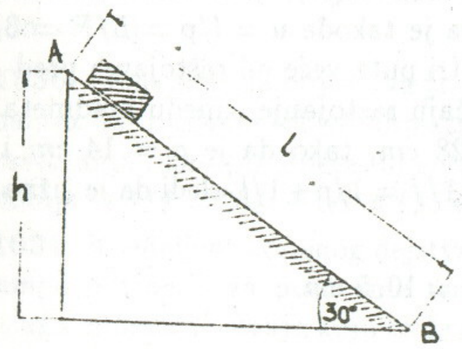
1020. Predviđeno vreme kretanja voza je $t = 2,25$ h. Put od početne do krajnje stanice iznosi $s = vt = 55$ $km/h \cdot 2,25$ $h = 123,75$ km. Kako je stvarno vreme

kretanja voza $t' = 2,75$ h, sledi da srednja brzina iznosi $v_{sr} = s/t' = 45$ km/h. Do istog razultata može da se dođe ako se uoči da postoji obrnuta srazmernost $t : t' = v_{sr} : v$.

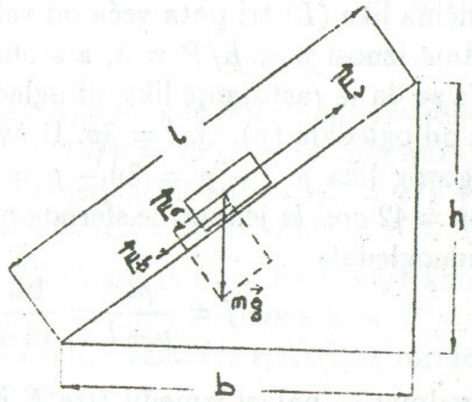
1021. U ovom zadatku nisu dati potpuni podaci jer nije definisan smer kretanja, a brzina je vektorska veličina. Znači, kako nije naglašeno d li se tela kreću u istom ili u suprotnim smerovima, postoje dva rešenja: a) ako se tela kreću u istom smeru, rastojanje između njih dato je izrazom $s = (v_1 - v_2)t$, pa je traženo vreme $t = s(v_1 - v_2) = 12$ s; b) ako se tela kreću u suprotnim smerovima rastojanje između njih iznosi $s = (v_1 + v_2)t'$, pa je odgovarajuće vreme $t' = s/(v_1 + v_2) = 3$ s.

1022. Izduženje Δl_1 opruge pod dejstvom sile $F_1 = 5$ N jednako je razlici krajnje dužine $l_1 = 18$ cm i početne dužine $l_0 = 15$ cm opruge: $\Delta l_1 = l_1 - l_0 = 3$ cm. Kako je izduženje proporcionalno sili sledi $\Delta l_2 : \Delta l_1 = F_a : F_a$, tako da izduženje Δl_2 pod dejstvom sile $F_2 = 7,5$ N iznosi $\Delta l_2 = 3 \cdot 1,5$ $cm = 4,5$ cm. Odavde sledi da dužina opruge pod dejstvom sile F_2 iznosi $l_2 = l_0 + \Delta l_2 = 15$ $cm + 4,5$ $cm = 19,5$ cm. D.K.

1023. Sanke koje miruju na vrhu padine u tački A (sl.1.) poseduje ukupnu mehaničku energiju E_A jednaku samo potencijalnoj energiji $E_A = E_{pA} = mgh$, gde je m – masa sanki, a h – visina padine (strme ravni). Visina strme ravni nagibnog ugla od 30° jednaka je polovini dužine l strme ravni ($h = l/2$), tako da mehanička energija u tački A iznosi $E_A = E_{pA} = mgh = mgl/2 = 50$ $kg \cdot 10$ $m/s^2 \cdot 22/2$ $m = 5500$ J. Na kraju padine, u tački B, potencijalna energija jednaka je nuli ($E_{pB} = 0$), tako da je ukupna mehanička energija jednaka samo kinetičkoj energiji $E_B = E_{kB} = mv^2/2 = 1/2 \cdot 50$ $kg \cdot (10$ $m/s)^2 = 2500$ J. Količina toplote ΔQ koja je oslobođena usled rada sila trenja jednaka je razlici mehaničkih energija u tačkama A i B: $\Delta Q = E_A - E_B = 5500$ $J - 2500$ $J = 3000$ J.



Slika 1.



Slika 2.

1024. Voz će da se kreće uz uspon konstantnom brzinom v ukoliko je rezul-

tantna sila koja na njega deluje jednaka nuli $\vec{F}_v + \vec{F}_a + \vec{F}_{tr} = 0$ (sl.2.). Sledi, $F_v = F_a + F_{tr}$, gde je F_v – sila vuče lokomotive, $F_a = mgh/l = 10^6 \cdot 10 \cdot 1/10^3 = 10 \cdot 10^3\ N$ – aktivna komponenta težine, a $F_{tr} = \mu mgh/l \cong \mu mg = 0,002 \cdot 10^6\ kg \cdot 10\ m/s^2 = 20 \cdot 10^3\ N$ ($h/l \approx 1$ jer je nagib mali). Zamenom se dobija da sila vuče iznosi $F_v = 10 \cdot 10^3\ N + 20 \cdot 10^3\ N = 30 \cdot 10^3\ N$, tako da je snaga lokomotive $P = F_v v = 30 \cdot 10^3\ N \cdot 10\ m/s = 300 \cdot 10^3\ N = 300\ kW$.

1025. Sila zatezanja kanapa jednaka je razlici sile potiska F_p i težine tela (plute) Q: $F = F_p - Q$. Kako je $F_p = \rho_0 g V_1 = \rho_0 g 0,6V$ i $Q = \rho g V$, sledi $F = \rho_o g 0,6V - \rho g V$. S obzirom da je zapremina plute $V = m/\rho = 1/250\ m^3$ dobija se $F = 10 \cdot 1/250 \cdot (1000 \cdot 0,6 - 250) = 14\ N$.

1026. Potrebno je da se prvo odredi temperatura t_x smeše dobijene mešanjem $m_1 = 10\ kg$ vode, temperature $t_1 = 15°C$, sa $m_2 = 20\ kg$ vode, temperature $t_2 = 40°C$. Iz jednačine toplotne ravnoteže $m_1 c(t_x - t_1) = m_2 c(40 - t_x)$, gde je c – specifični toplotni kapacitet vode, dobija se da je $t_x = 31,6°C$. Dobijena smeša, mase $m = m_1 + m_2 = 30\ kg$, temperature $t_x = 31,6°C$, pomeša se sa $m_3 = 5\ kg$ vode, temperature $t_3 = 100°C$. Iz jednačine toplotne ravnoteže $mc(t'_x - t_x) = m_3 c(t_3 - t'_x)$ dobija se da je konačna temperatura smeše $t'_x = 41,4°C$.

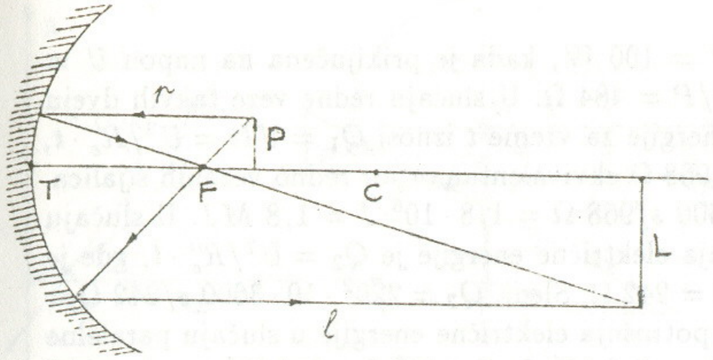
1027. Da bi se vodi mase $m_1 = 200\ g$ povisila temperatura za $\Delta t = 75°C - 15°C = 60°C$ potrebna je količina toplote $Q_1 = m_1 c \Delta t = 0,2\ kg \cdot 4200\ J/kg°C \cdot 60°C = 50400\ J = 50,4\ kJ$. Količina toplote dobijena sagorevanjem $m_2 = 6\ g$ špiritusa, čija je toplota sagorevanja $\lambda = 3 \cdot 10^3\ J/kg$ iznosi $Q_2 = m_2 \lambda = 180 \cdot 10^3\ J = 180\ kJ$. Stepen iskorišćenja toplote je $\eta = Q_1/Q_2 = 0,28$.

1028. Razlikuju se dva slučaja:

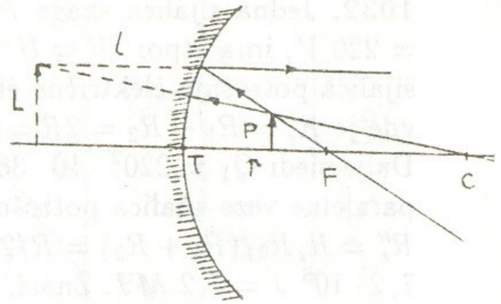
a) Predmet se nalazi između žiže F i centra krivine C izdubljenog sfernog ogledala. U ovom slučaju lik predmeta je realan, uvećan i izvrnut (sl.3.). Kako je veličina lika (L) tri puta veća od veličine predmeta (P), tj. $L = 3P$, sledi da uvećanje iznosi $u = L/P = 3$, a s obzirom da je takođe $u = l/p = L/P = 3$ dobija se da je rastojanje lika od ogledala (l) tri puta veće od rastojanja predmeta od ogledala (p), tj. $l = 3p$. U ovom slučaju rastojanje između predmeta i njegovog lika je $l - p = 3p - p = 2p = 28\ cm$, tako da je $p = 14\ cm$ i $l = 3p = 42\ cm$. Iz jednačine sfernog ogledala $1/f = 1/p + 1/l$, sledi da je žižna daljina ogledala

$$f = \frac{pl}{p+l} = \frac{14 \cdot 42}{14 + 42}\ cm = 10,5\ cm.$$

b) Predmet se nalazi između žiže F i temena T izdubljenog sfernog ogledala. U ovom slučaju lik je imaginaran, i uvećan (sl.4.). Za razliku od prethodnog slučaja (a) ovde je rastojanje između predmeta i njegovog lika $l + p = 3p + p = 4p = 28$, tako da je $p = 7\ cm$ i $l = 3p = 21\ cm$. Kako je lik imaginaran,



Slika 3.

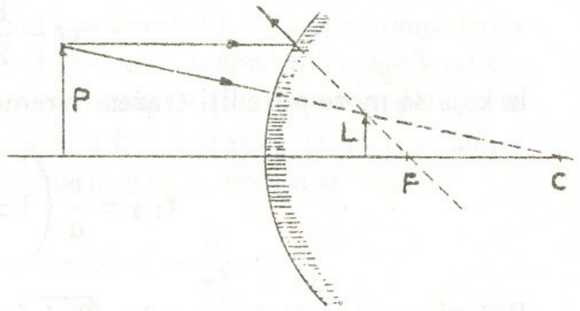


Slika 4.

rastojanje lika od ogledala treba uzeti sa negativnim znakom, tako da se za žižnu daljinu ogledala dobija ista vrednost kao u slučaju (a)

$$f = \frac{pl}{p+l} = \frac{7 \cdot (-21)}{7 - 21}\ cm = 10,5\ cm.$$

1029. Žižna daljina f ispupčenog sfernog ogledala jednaka je polovini poluprečnika krivine R : $f = R/2 = 40/2\ cm = 20\ cm$. Lik je umanjen, uspravan i imaginaran (sl. 5.). Kako je rastojanje predmeta od ogledala $p = 60\ cm$, iz jednačine sfernog ogledala se dobija da je rastojanje lika od ogledala $L = pf/(p - f) = 15\ cm$. Uvećanje objektiva je $u = L/P = l/p = 15\ cm/60\ cm = 1/4$, što znači da je lik četiri puta manji od predmeta, kako se dobija i konstrukcijom (sl.5.).



Slika 5.

1030. Žižna daljina objektiva je $f = 1/D = 1/8\ m$, gde je D – optička moć. Iz uslova da uvećanje sočiva objektiva bude $u = l/p = 25$ (l i p su odgovarajuća rastojanja lika i predmeta od sočiva) kao i iz jednačine sočiva $1/f = 1/p + 1/l$ dobija se $1/f = 25/l + 1/l = (25+1)/l$, tako da je $l = 26f = 26/8\ m = 3,25\ m$.

1031. Koeficijent korisnog dejstva je $\eta = P_k/P$, gde je $P_k = Fv = mgv$ korisna snaga potrebna za podizanje tereta težine $F = mg$ brzinom v, a $P = UI$ snaga električne struje koju elektromotor dizalice uzima iz električne mreže. Iz prethodnog je tražena ječina električne struje

$$I = \frac{P_k}{\eta U} = \frac{mgv}{\eta U} = \frac{3000\ kg \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 0,5\ \frac{m}{s}}{0,92 \cdot 220\ V} = 74,1\ A.$$

1032. Jedna sijalica snage $P = 100\ W$, kada je priključena na napon $U = 220\ V$, ima otpor: $R = U^2/P = 484\ \Omega$. U slučaju redne veze takvih dveju sijalica potrošnja električne energije za vreme t iznosi $Q_1 = UIt = U^2/R'_e \cdot t$, gde je $R'_e = R_1 + R_2 = 2R = 968\ \Omega$ ekvivalentan otpor redno vezanih sijalica. Dalje sledi $Q_1 = 220^2 \cdot 10 \cdot 3600\ s/968\ \Omega = 1,8 \cdot 10^6\ J = 1,8\ MJ$. U slučaju paralelne veze sijalica potrošnja električne energije je $Q_2 = U^2/R''_e \cdot t$, gde je $R''_e = R_1R_2/(R_1 + R_2) = R/2 = 242\ \Omega$. Sledi, $Q_2 = 220^2 \cdot 10 \cdot 3600\ s/242\ \Omega = 7,2 \cdot 10^6\ J = 7,2\ MJ$. Znači, potrošnja električne energije u slučaju paralelne veze sijalica je za $\Delta Q = Q_2 - Q_1 = 7,2 \cdot 10^6\ J - 1,8 \cdot 10^6\ J = 5,4 \cdot 10^6\ J = 5,4\ MJ$ veća nego u slučaju njihove redne veze. Č.S. i G.V.

1033. Neka je $H = gt^2/2$ visina solitera (izražena u spratovima). Visina koju preleti kap posle $t_1 = t - 1\ s = 3\ s$ je $h = gt_1^2/2$. Sledi da visina koju kap preleti u poslednjoj sekundi padanja iznosi $x = H - h = H(1 - h/H)$. Kako je $h/H = t_1^2/t^2$, sledi da je $x = H(1 - t_1^2/t^2) = 24(1 - 9/16)$ spratova $= 10,5$ spratova.

1034. U trenutku kada se putnik koji trči poravna sa prvim vagonom, njegov pređeni put vt treba da je veći od pređenog puta voza $at^2/2$ za dužinu voza L, odnosno važi relacija

$$vt - \frac{1}{2}at^2 = L$$

iz koje se može odrediti traženo vreme t:

$$t_{1,2} = \frac{v}{a}\left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{2aL}{v^2}}\right).$$

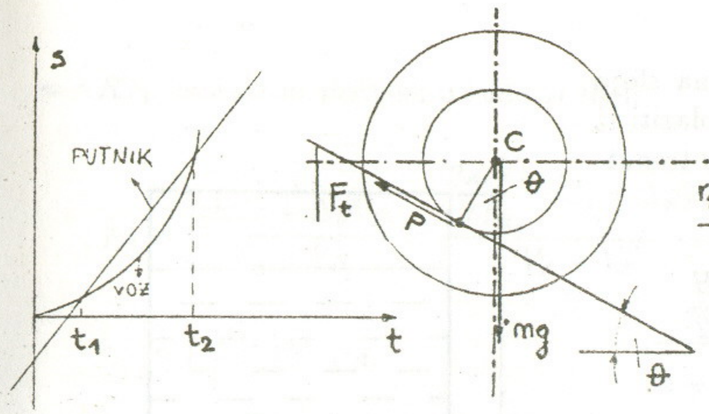
Rešenje postoji samo za $v \geq \sqrt{2aL}$ (za manje brzine putnik uopšte ne dostiže prvi vagon voza). Prema uslovu zadatka treba izabrati rešenje

$$t_1 = \frac{v}{a}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2aL}{v^2}}\right).$$

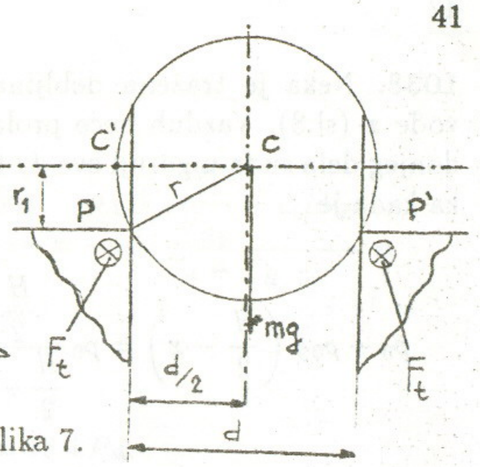
Ako bi putnik, dostigavši prvi vagon voza posle vremena t_1, nastavio da trči istom brzinom v, onda bi on prestigao ovaj vagon, a u trenutku

$$t_2 = \frac{v}{a}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{2aL}{v^2}}\right)$$

ponovo se poravnao sa njim. Celu ovu priču upotpunjuje zavisnost pređenog puta voza i putnika od vremena, prikazana na slici 6.



Slika 6.



Slika 7.

1035. Ugao obrtanja kod ravnomerno ubrzanog kružnog kretanja je dat relacijama $\varphi = 2\pi n = \alpha t^2/2 = a_t t^2/(2r)$, gde je n – broj obrta, α – ugaono ubrzanje, a r – poluprečnik putanje materijalne tačke. S druge strane je ugaona brzina jednaka $\omega = v/r = \alpha t = a_t t/r$, odakle se nalazi da je $t = v/a_t$. Kada se ovaj izraz za vreme zameni u početne relacije, dobija se da je $2\pi n = v^2/(2ra_t)$, odakle sledi $a_t = v^2/(4\pi nr) = 0,1\ m/s^2$.

1036. Jednačine kretanja kuglice koja se kotrlja niz žljeb date su relacijama: $ma = mg\sin\theta - 2F_t$ (za translaciju) i $I_\alpha = 2F_t r_1$ (za rotaciju), gde je a – ubrzanje kuglice, I – njen moment inercije ($I = 2mr^2/5$), F_t – sila trenja (ima ih dve – videti sliku 7.), θ – nagibni ugao žljeba, α – ugaono ubrzanje kuglice, a r_1 – udaljenost tačaka dodira kuglice od ose rotacije ($r_1 = \sqrt{r^2 - d^2/4}$, gde je d – širina žljeba). Kako se kotrljanje odvija bez klizanja, to je $v = \omega r_1$ i $a = \alpha r_1$. Ako se ovi izrazi zamene u jednačine kretanja, dobija se

$$ma = mg\sin\theta - 2F_t = mg\sin\theta - \frac{Ia}{r_1^2},$$

odakle sledi konačni izraz za zavisnost ubrzanja kuglice a od nagibnog ugla θ:

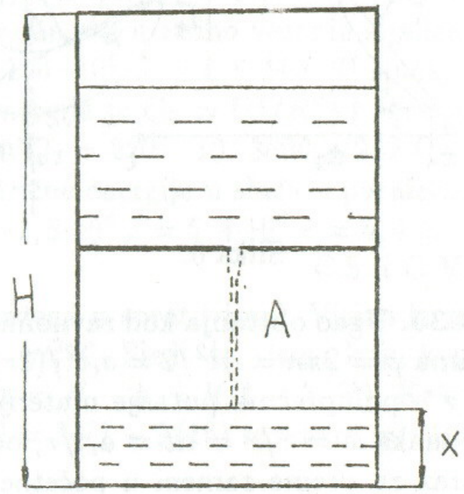
$$a = \frac{g\sin\theta}{1 + \dfrac{I}{mr_1^2}} = \frac{g\sin\theta}{1 + \dfrac{I}{r^2 - \left(\dfrac{d}{2}\right)^2}}.$$

1037. U trenutku kada se kugla odvaja od elastične teniske lopte, njena brzina je jednaka brzini najviše tačke lopte. Neka je to brzina v. Dalje se kugla kreće slobodno, odnosno jednakousporeno sve do visine h, koja je u vezi sa brzinom v preko „poznate“ relacije $v = \sqrt{2gh}$. Brzina najniže tačke lopte, u trenutku odvajanja kugle, jednaka je nuli. To znači da se može smatrati da je brzina centra mase lopte u tom trenutku jednaka $v_c = v/2$. Lopta se dalje kreće vertikalno naviše i dostiže visinu $h_1 = v_c^2/2g = v^2/8g = h/4 = 0,25\ m$.

1038. Neka je tražena debljina sloja vode x (sl.8). Vazduh neće prolaziti iz donjeg dela suda u gornji sve do trenutka kada je

$$p_0 + \rho_0 g\left(\frac{H}{2} - x\right) = p_0 \frac{\frac{H}{2}}{\frac{H}{2} - x},$$

odnosno dok se pritisci iz gornjeg i donjeg dela suda u tački A ne izjednače. Do pritiska vazduha u donjem delu suda, koji figuriše na desnoj strani ove relacije, došlo se primenom Bojl–Mariotovog zakona ($T = const$). Iz ove relacije se dobija kvadratna jednačina po nepoznatoj debljini sloja x



Slika 8.

$$x^2 - \left(H + \frac{p_0}{\rho_0 g}\right)x + \left(\frac{H}{2}\right)^2 = 0,$$

čija su rešenja:

$$x_{1,2} = \frac{H}{2} + \frac{p_0}{2\rho_0 g} \pm \sqrt{\left(\frac{H}{2} + \frac{p_0}{2\rho_0 g}\right)^2 - \left(\frac{H}{2}\right)^2}.$$

Znak „+“ ovde treba odbaciti zbog uslova da je $x < H/2$, tako da je konačno rešenje

$$x = \frac{H}{2} + \frac{p_0}{2\rho_0 g}\left(1 - \sqrt{\frac{2Hg\rho_0}{p_0} + 1}\right).$$

1039. U početnom trenutku gas se nalazi samo u sudu A, pa je odgovarajuća jednačina stanja $p_{A_0}V_A = nRT_{A_0}$, odakle se može odrediti ukupan broj molova gasa u sistemu $n = p_{A_0}V_A/(RT_{A_0})$. Posle zagrevanja gasa odgovarajuće jednačine stanja su: $p_A V_A = n_A RT_1$ i $p_B V_B = n_B RT_1$, pri čemu je $p_B = p_A - \Delta p$. Ako se izraz za pritisak u sudu B zameni u jednačinu stanja za ovaj sud, a zatim obe jednačine stanja saberu, dobija se $p_A(V_A + V_B) - \Delta p V_B = RT_1(n_A + n_B) =$

$= nRT_1$, odakle za pritisak u sudu A sledi

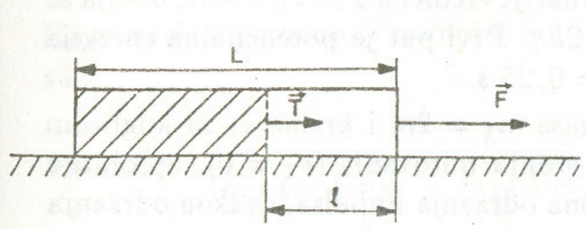
$$p_A = \frac{nRT_1 + \Delta p V_B}{V_A + V_B} = \frac{\frac{p_{A_0}V_A}{RT_{A_0}}RT_1 + \Delta p V_B}{V_A + V_B} = \frac{p_{A_0}V_A\frac{T_1}{T_{A_0}} + \Delta p V_B}{V_A + V_B} =$$

$$= 1,38 \cdot 10^5\ Pa.$$

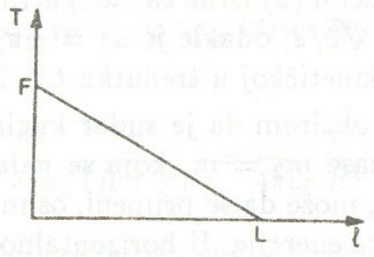
Pritisak gasa u sudu B iznosi $p_B = p_A - \Delta p = 18\ kPa$.

1040. Ako bi molekuli joda bili nedisosovani, onda bi pritisak u sudu iznosio $p = mRT/(MV) = 85\ kPa$, gde je m – masa joda, R – univerzalna gasna konstanta, T – temperatura, M – molarna masa joda, a V – zapremina suda. Neka je stepen disocijacije joda α. Tada se u sudu nalazi $2\alpha m/M$ molova atomskog joda J i $(1-\alpha)m/M$ molova molekularnog joda J_2. Odgovarajući pritisci su $p_1 = 2\alpha mRT/(MV)$ i $p_1 = (1-\alpha)mRT/(MV)$. Pritisak smeše ovih gasova je $p_s = p_1 + p_2 = (2\alpha + 1 - \alpha)mRT/(MV) = (1+\alpha)p$. Sledi da je stepen disocijacije jednak: $\alpha = p_s/p - 1 = 92/85 - 1 = 0,082$.

1041. Pod dejstvom sile $\vec{F}$ štap se kreće ubrzano, pri čemu je $\vec{F} = m\vec{a}$. Šrafirani deo štapa (sl.9) se kreće pod dejstvom tražene sile zatezanja $\vec{T}$. Njegova masa je $m(L-l)/L$. On se kreće istim ubrzanjem $\vec{a}$ kao i ostali delovi štapa. Znači, važi relacija $T = ma(L-l)/L = F(1-l/L)$. Vidi se da sila zatezanja linearno opada duž štapa od vrednosti F do 0 (sl.10).



Slika 9.



Slika 10.

1042. Uslov ravnoteže (uspostavljanje konačne brzine) je $F_{tr} = kv = F_r$, gde je F_r – reaktivna sila mlaza vode koja ističe. Znači, treba odrediti ovu silu. Referentni sistem vežimo za sud. Brzina isticanja vode u može se odrediti na osnovu zakona održanja energije. Isticanje vode mase Δm odnosi energiju $E_k = \Delta m u^2/2$ na račun smanjenja potencijalne energije vode Δmgh (h – visina

nivoa vode u sudu) i tega $Mg\Delta h$ ($\Delta h = \Delta m/\rho S$ – promena nivoa vode):

$$\frac{\Delta m u^2}{2} = \Delta m g h + Mg\Delta h = \Delta m g h + \frac{Mg\Delta m}{\rho S},$$

tako da je brzina isticanja vode jednaka

$$u = \sqrt{2gh + \frac{2Mg}{\rho S}}.$$

Kako je prema uslovu zadatka $M >> m_{vode} = \rho S h$, to je brzina isticanja vode: $u = \sqrt{2Mg/(\rho S)}$. Sila reakcije mlaza je $F_r = \Delta p/\Delta t = u\Delta m/\Delta t = u\rho s\Delta t u/\Delta t = \rho s u^2 = 2Mgs/S$, pa je konačna brzina kretanja suda $v = F_r/k = 2Mgs/(kS)$. J.D.

1043. Uslov da potencijalna energija E_p bude jednaka kinetičkoj energiji $E_k = E_0 - E_p$, gde je E_o – ukupna energija harmonijskog oscilovanja, tj. $E_p = E_0 - E_p$, ispunjen je kada je

$$E_p = \frac{E_0}{2}. \qquad (1)$$

Kako je $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ i $E_0 = E_{pmax} = \frac{1}{2}kx_0^2$, gde je x – elongacija, x_0 – amplituda a k – konstanta elastičnosti oscilatora, na osnovu (1) sledi

$$x = \frac{\sqrt{2}}{2}x_0. \qquad (2)$$

Smenjujući u (2) izraz za elongaciju u funkciji vremena $x = x_0\cos\omega t$, dobija se $\cos\omega t = \sqrt{2}/2$, odakle je $\omega t = \pm\pi/4 + 2k\pi$. Prvi put je potencijalna energija jednaka kinetičkoj u trenutku $t = T/8 = 0,25\ s$.

1044. S obzirom da je sudar kuglice mase $m_1 = 2m$ i brzine v_1 sa kuglicom klatna mase $m_2 = m$, koja se nalazi u stanju mirovanja ($v_2 = 0$), apsolutno elastičan, može da se primeni, osim zakona održanja impulsa, i zakon održanja mehaničke energije. U horizontalnom pravcu je:

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad \text{i} \qquad (1)$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}, \qquad (2)$$

gde su sa "prim" označene odgovarajuće veličine posle sudara. Iz (1) i (2) dobija se

$$2v_1 = 2v_1' + v_2' \quad \text{i} \qquad (1')$$

$$2v_1^2 = 2v_1'^2 + v_2'^2 \qquad (2')$$

Zamenom $v_1' = (2v_1 - v_2')/2$ iz (1') u (2'), posle sređivanja dobija se kvadratna jednačina po v_2'

$$3v_2'^2 - 4v_1 v_2' = 0,$$

čija su rešenja $v_2' = 0$ i $v_2' = 4v_1/3$. Jasno je da samo drugo rešenje ima fizički smisao.

Ukupna energija matematičkog klatna jednaka je početnoj kinetičkoj energiji posle sudara:

$$E_0 = \frac{1}{2}m_2 v_2'^2 = \frac{8}{9}mv_1^2.$$

Kako je maksimalna potencijalna energija $E_{pmax} = \frac{1}{2}kx_0^2$ jednaka ukupnoj energiji E_0, gde je $K = m\omega^2 = mg/l$ – konstanta elastičnosti oscilatora i kako je amplituda x_0 povezana s maksimalnim ugaonim pomerajem (ugaona amplituda) θ_0, izraz $x_0 = \theta_0 l$, sledi $\frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{1}{2}m\frac{g}{l}(\theta l)^2 = \frac{1}{2}mgl\theta^2 = \frac{8}{9}mv_1^2$, odakle je $\theta_0 = 4v_1/3\sqrt{gl} = 0,1346\ rad = 7,713°$ a $x_0 = \theta_0 l = 1,346\ m$.

1045. Na pokretnu perlu (sl.11.), osim sile zemljine teže $Q = mg$, deluje odbojna Kulonova sila

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{r^2},$$

gde je r – rastojanje između perle i kuglice. U ravnotežnom položaju ($r = R$) je $\vec{Q} + \vec{F} = 0$ tj.

$$mg = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 R^2}.$$

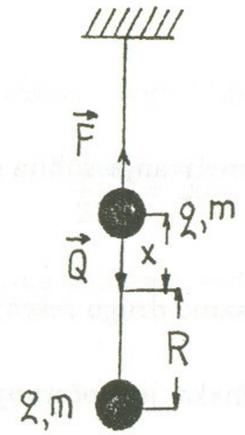
Kada se perla izvede iz ravnotežnog položaja za x, na nju deluje rezultantna sila

$$F_R = mg - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{(R+x)^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 R^2} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{(R+x)^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{R^2}\frac{2Rx + x^2}{(R+x)^2},$$

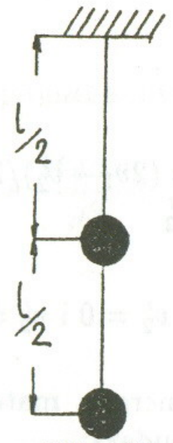
usmerena ka ravnotežnom položaju. Kada su oscilacije male, odnosno $x \ll R$, rezultujuća sila je srazmerna elongaciji

$$F_R \simeq \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 R^3}x = \frac{2mg}{R}x = kx,$$

gde je $k = 2mg/R$ – konstanta elastičnosti ovog oscilatora. Znači, male oscilacije perle su harmonijske sa ugaonom frekvencijom $\omega = \sqrt{k/m} = \sqrt{2g/R}$ tako da je period ovog sistema $T = 2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{R/2g} = 0,634\ s$.



Slika 11.



Slika 12.

1046. Period oscilovanja fizičkog klatna dat je izrazom

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl_c}},$$

gde je $I = m(l/2)^2 + ml^2 = 5ml^2/4$ momenat inercije fizičkog klatna (sl.12.) u odnosu na osu rotacije (tačka vešanja), a $l_c = (ml/2 + ml)^2/2m = 3l/4$ – rastojanje težišta od ose rotacije. Položaj težišta sistema od n tela mase m_i i položaja $\vec{r}_i$ dat je izrazom

$$\vec{r}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i\vec{r}_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}.$$

Period oscilovanja datog fizičkog klatna iznosi

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{5}{3}\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\sqrt{\frac{5}{3}} = T_1\sqrt{\frac{5}{3}},$$

gde je $T_1 = 2\pi\sqrt{l/g}$ period oscilovanja matematičkog klatna dužine l. Odnos perioda oscilovanja fizičkog klatna i odgovarajućeg matematičkog klatna iznosi $T_2/T_1 = \sqrt{5/3} = 1,29$.

1047. Kako se jačina struje u datom LC oscilatornom kolu menja sa vremenom po zakonu $I = I_0\sin\omega t = -0,02\sin 400\pi t$ (A), sledi da je amplituda struje $I_0 = 0,02$ A, a ugaona frekvencija $\omega = 400\pi$.

a) Period oscilovanja iznosi $T = 2\pi/\omega = 0,005$ s

b) S obzirom da je $\omega = 1/\sqrt{LC}$, sledi $C = 1/(L\omega^2) = 0,633\mu F$.

c) Budući da je maksimalna energija magnetnog polja $W_{m_0} = \frac{1}{2}LI_0^2$ u zavojnici induktivnosti L jednaka maksimalnoj energiji električnog polja $W_{e_0} = \frac{1}{2}CU_0^2$ između obloga kondenzatora, pri maksimalnom naponu U_0, sledi da vrednost maksimalnog napona iznosi $U_0 = I_0\sqrt{L/C} = 25,14$ V.

d) Maksimalne energije magnetnog polja i električnog polja su jednake i iznose: $W_{m_0} = W_{e_0} = \frac{1}{2}LI_0^2 = 0,2$ mJ. A.S.

1048. De Broljeva talasna dužina data je formulom $\lambda = h/p$. S obzirom da je masa elektrona (preracunata u jedinice energije) $mc^2 = 0,511$ MeV, vidimo da se slučajevi a) i b) razlikuju po tome što je u slučaju a) odnos kinetičke energije i energije mirovanja $\frac{E_k}{mc^2} = \frac{10\ eV}{0,511\ MeV} \approx 2\cdot 10^{-5}$, a u slučaju b) $\frac{E_k}{mc^2} \approx 2$. Zato je u slučaju a) kretanje elektrona nerelativističko (mala brzina), a u slučaju b) relativističko.

a) Pošto je brzina kretanja elektrona mala, možemo koristiti nerelativističku vezu između kinetičke energije i impulsa

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m},$$

odakle se dobija

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} = 0,388\ nm.$$

b) Impuls relativističke čestice dat je sa

$$p = \frac{mv}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

a njena ukupna energija

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = mc^2 + E_k$$

je po definiciji zbir energije mirovanja i kinetičke energije. Rešavanjem ove dve jednačine može se naći veza između p i E_k koja nam treba da bismo našli λ. Npr., iz prve jednačine je

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{m^2c^2}{m^2c^2 + p^2},$$

$$\text{tj.} \quad E_k = c(\sqrt{m^2c^2 + p^2} - mc),$$

ili $p^2 = \frac{E_k^2}{c^2} + 2mE_k$,

pa se za De Broljevu talasnu dužinu dobija

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h_c}{E_k\sqrt{1 + \frac{2mc^2}{E_k}}} = 8,7 \cdot 10^{-13}\ m.$$

(nastaviće se) M.B.

**************** Đački biseri sa časova fizike **************

- $\frac{\rho v^2}{2}$ je pritisak izlaženja
- Hajzenbergova relacija se primenjuje u II Njutnovom zakonu

****

U organizaciji Društva fizičara Srbije i Ministarstva prosvete u Pirotu je 8. i 9. maja 1993. godine održano XVI republičko takmičenje iz fizike učenika osnovnih škola. Domaćin takmičenja bila je OŠ "8. septembar". Više detalja o ovom takmičenju biće u narednim brojevima Mladog fizičara.

Period polurasada pojedinih prirodnih radionuklida kreće se u širokom rasponu: od nekoliko desetinki sekunde do 10^9 godina. „Najdugovečnijim" nestabilnim elementom danas se smatra ${}_{52}Te^{128}$ čiji je period poluraspada procenjen na $1,5 \cdot 10^{24}$ godina, što je znatno duže od procenjene starosti same vasione – 10 do 20 milijardi godina!

Prva eksperimentalna nuklearna eksplozija izvšena je 16 juna 1945 godine. Otada je, ne uzimajući u obzir eksplozije nuklearnih bombi bačenih na Hirošimu i Nagasaki avgusta iste godine, izvršeno preko 1330 većih nuklearnih eksplozija pod zemljom, vodom ili u vazduhu, što u proseku znači jednu nuklearnu esploziju svakih 12 dana!

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF–46 DOSTAVILI SU:

1. OŠ „Stevan Čolović", Arilje, (nastavnik fizike Momir Vuković): Slavka Bojović, zadaci: 1018, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1025, 1026; Nevena Nol: 1023, 1024, 1025, 1026, 1027; Željka Radojević: 1018, 1019, 1021 1026, 1027; Danijela Stojanović: 1018, 1019, 1020, 1021, 1022; Dragana Luković: 1018, 1019, 1020, 1021, 1022; Ivana Bukvić: 1018, 1019, 1020, 1021, 1022
2. OŠ „Duško Radović", Beograd, (Smilja Aksentijević), Nikola Petrović: 1018, 1019, 1020, 1021
3. OŠ „Dositej Obradović", Kruševac, (Dušan Jovanović), Vladimir Vuković: 1063, 1064, 1065, 1066, 1067
4. OŠ „Vuk Karadžić", Čačak, (Božana Šišović), Aleksandar Pantović: 1055
5. OŠ, „I proleterska brigada", Beograd, Miloš Tešanović: 1054, 1055, 1056, 1057
6. Gimnazija „J.J. Zmaj", Novi Sad, (profesor fizike Gena Litričin), Jovan Radukin: 1077, 1082; Marko Rakić: 1068, 1069, 1070, 1071, 1072

U školskoj 1992/93 godini za uspešno rešavanje konkursnih zadataka nagrađeni su sledeći učenici:

a) Knjigom:
   1. Slavka Bojović, OŠ „Stevan Čolović", Arilje, (nastavnik Momir Vuković)
   2. Mare Janakova, OŠ „Rada Miljković", Jagodina, (Dragoslav Despotović)

b) Godišnjom pretplatom za „Mladi fizičar" u 1993/94 godini:
   1. Ana Novak, OŠ „Sonja Marinković", Novi Sad (Juraj Šimonji)
   2. Marko Đorđević, VIII beogradska gimnazija (Ljiljana Damjanović)
   3. Vladimir Vuković, OŠ „Dositej Obradović", Kruševac, (Dušan Jovanović)

Molimo nagrađene učenike da se jave redakciji Mladog Fizičara, radi dogovora oko preuzimanja nagrada (telefon redakcije 011 180–111 lokal 809).