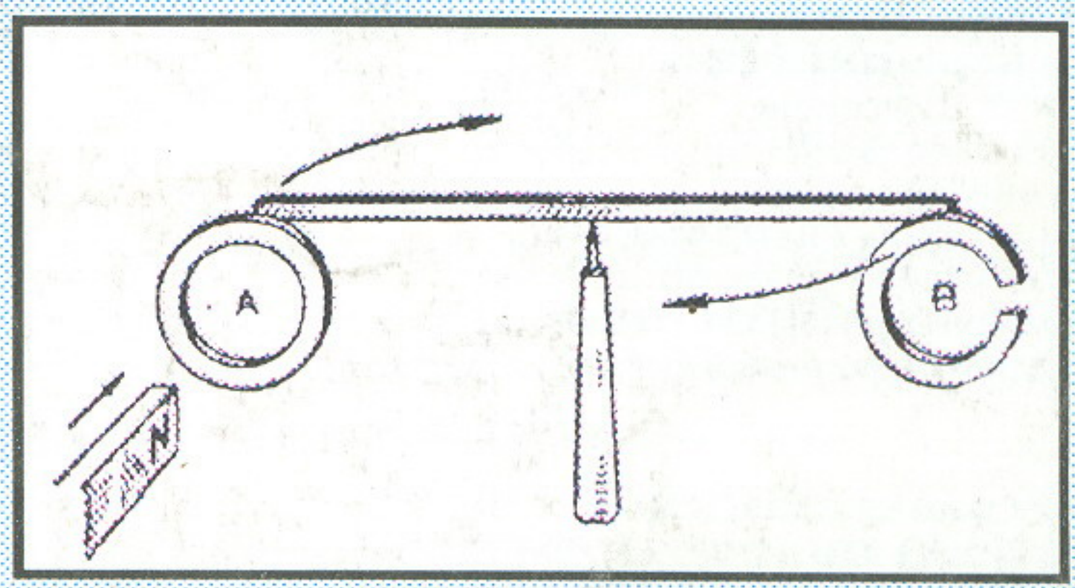
58
95/96
YU ISSN 0351-5575

Млади ФИЗИЧАР

часопис из физике за ученике

ИЗДАЈЕ: ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

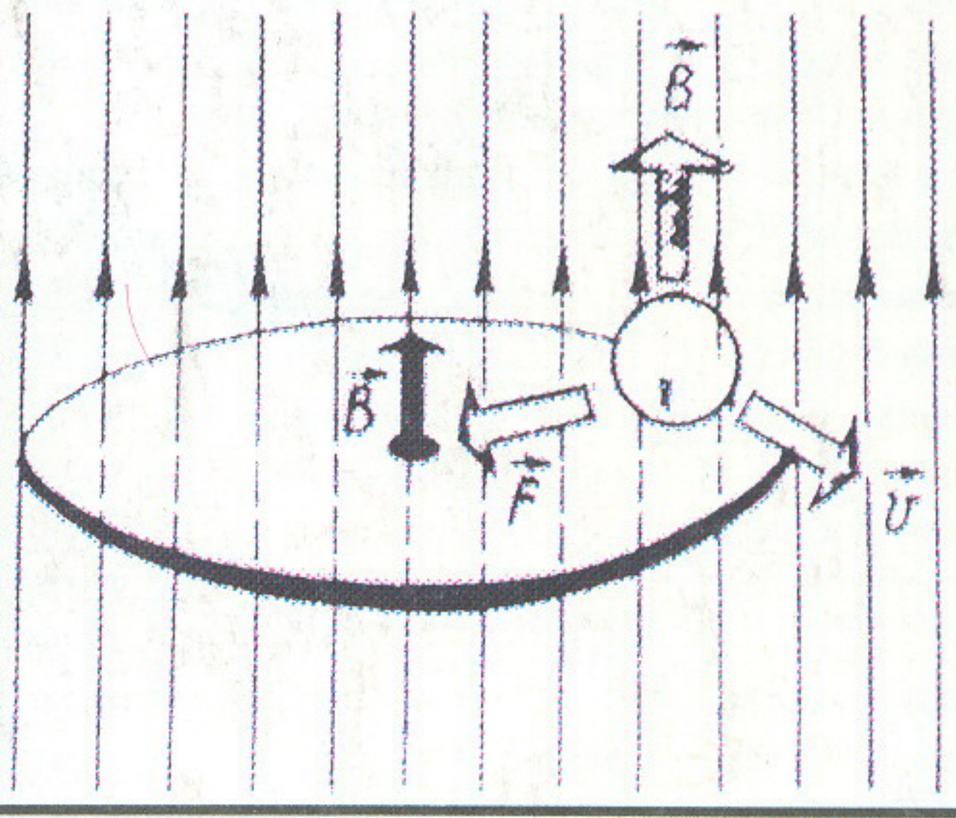


ЛЕНЦ

ВЕЛИКАНИ ФИЗИКЕ

ЛОРЕНЦ

$$F_L = |q_0| v B \sin\alpha$$



Година XV **број 58** **1995/96**

МЛАДИ ФИЗИЧАР Часопис за ученике основних и средњих школа
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 начальных и средних школ

ИЗДАВАЧКИ САВЕТ

Др Илија САВИЋ,
Физички факултет, председник
Др Петар АЦИЋ,
Институт за нуклеарне науке, Винча
Др Вукота БАБОВИЋ,
ПМФ, Крагујевац
Вера БОЈОВИЋ,
Одељење Министарства просвете, Београд
Др Борко ВУЛИЧИЋ,
ПМФ, Подгорица
Др Павле ВАСИЋ,
ПМФ, Приштина
Др Јулијана ГЕОРГИЈЕВИЋ
Технолошки факултет, Београд
Др Милан ДИМИТРИЈЕВИЋ,
Астрономска опсерваторија, Београд
Др Светомир ДИМИТРИЈЕВИЋ,
Одељење Министарства просвете, Нови Сад
Љубомир ЈОВАНОВИЋ, проф.
"Гимназија", Земун
Академик Звонко МАРИЋ,
Институт за физику
Др Надежда НОВАКОВИЋ,
Филозофски факултет, Ниш
Др Зоран ПЕТРОВИЋ,
Институт за физику, Београд
Вида РАДИЋ, наставник
ОШ "Бранко Радичевић", Нови Београд
Др Душан РИСТАНОВИЋ,
Медицински факултет, Београд
Др Станоје СТАНОЈЕВИЋ,
Институт за физику ПМФ, Нови Сад

УРЕДНИЦИ РУБРИКА

Др Светозар БОЖИН
Др Јелена МИЛОГРАДОВ-ТУРИН
Др Мирјана ПОПОВИЋ-БОЖИЋ
Наташа ЧАЛУКОВИЋ
Др Александар СТАМАТОВИЋ
Томислав СЕНЋАНСКИ
Светозар СТАНОЈЕВИЋ,
заменик секретара Уредништва
Др Душан ФИЛИПОВИЋ

САРАДНИЦИ УРЕДНИШТВА

Др Радомир ЂОРЂЕВИЋ
Ратомирка МИЛЕР
Љиљана ПЕТРОВИЋ,
секретар Уредништва
Невенка КРСТАЛИЋ
Данило БЕОДРАНСКИ
Ксенија БАБИЋ

ГЛАВНИ И ОДГОВОРНИ УРЕДНИК: **Проф. др ТОМИСЛАВ ПЕТРОВИЋ**
ТЕХНИЧКИ УРЕДНИК: **Др НИКОЛА ВУКЕЛИЋ**

САДРЖАЈ:

Великани физике 1
Томислав Петровић: Е. Х. Ленц 1
Мирјана Поповић-Башић: Хендрик-Антон Лоренц 3
Ј. Ј. Курепа, Д. Д. Маркушев, М. Терзић: Мултифотонска апсорпција код полиатомских молекула 5
Решења теоријских задатака са XXVI међународне олимпијаде из физике 8
Решења одабраних задатака за ученике основне школе 14
Одабрани задаци за ученике основне школе 15
Решења одабраних задатака за ученике средњих школа 15
Решења задатака из астрономије 20
Одабрани задаци за ученике средњих школа 20
Стеван Ђениже: Озон, наш заштитник од UV зрачења 22
Марко Бачић: Стоксов закон 25
Томислав Петровић: Представљамо вам... Марка Ђорђевића 26
Забавна страна 28
Извињење читаоцима и неке исправке 29
Писали су нам... Рекли су... Одговарамо 30
Препоручујемо 32

Компјутерска припрема текста и цртежа: **Др Никола ВУКЕЛИЋ**
Милица РАДОВАНОВИЋ
Стручни лектор: **Живојин НИКОЛИЋ**
Језички лектор: **Др Асим ПЕЦО**
Корице: **Т. ПЕТРОВИЋ и М. МАНЧИЋ**
Штампа: **"Кућа штампе", Земун**

Часопис су уређивали: Ђорђе Басарић и Слободан Жегарац (1976/77), Душан Ристановић и Драшко Грујић (1977/78), Љубо Ристовски и Душан Коледин (1978/79-1981/82), Душан Коледин и Драган Поповић и Јаблан Дојчиловић (1982/83), Драшко Грујић (1983/84-1986/87), и Јаблан Дојчиловић (1991/92-1993/94).

ВЕЛИКАНИ ФИЗИКЕ

Е.Х.ЛЕНЦ

Емилиј Христианович - Ленц (1804 - 1865) је руски физичар и електротехничар. Рођен је у Дерпти, малом месту у близини града Тарту (Грузија). По завршетку гимназије уписао се на универзитет у овом граду, али га није завршио. То му, међутим, није сметало да се као врло млад почне бавити науком (физика, геофизика, метеорологија).

Када је у Русији 1823. године организована научна експедиција бродом око света, организатори су послали Ленца да у њој учествује. У експедицији су му била поверена океанографска истраживања. О тим истраживањима он је објавио неколико научних радова.

Од 1828. године Ленцова научна делатност остварује се у сарадњи са Петроградском Академијом наука. На основу објављених радова Ленц је изабран за дописног, а убрзо, 1834, и за редовног члана академије. Упоредо са научном делатношћу, Ленц се бавио и наставним радом. Од 1836. он добија катедру физике и физичке географије на Петроградском универзитету и много је учинио да се Петроградска Академија приближи Петроградском универзитету. Први је академик који је држао наставу на Универзитету; био је декан Физичко-математичког факултета, а пред крај живота, 1863. изабран је и за ректора унуверзитета. Две године касније умро је у Риму.

У светској науци, и уџбеницима физике, Ленц је познат по "Ленцовом правилу" и по "Џул-Ленцовом закону". Његов научни рад је, ипак, много обимнији. Дао је знатан допринос у области метеорологије и геофизике, а обогатио је и мерну технику конструисањем више оригиналних мерних уређаја. Помоћу свог "мултипликатора" (једне врсте тангентног галванометра) проверавао је Омов закон и мерио јачину струје у експериментима о топлотном дејству струје. Показивања овог инструмента очитавао је у степенима угла закретања магнетне игле.

Научни рад под насловом "О одређивању смера галванских струја побуђених електродинамичком индукцијом" Ленц је објавио 1833. године. У овом раду он указује на чињеницу да Фарадеј даје посебна правила за одређивање смера електромоторне силе, посебно за волтаелектричну индукцију (индукција струјом) и за магнетоелектричну индукцију (индукција магнетом). Ленц је осећао да посебна правила замагљују чињеницу да у свим случајевима индукције постоји само један индукциони процес који подлеже општем правилу.

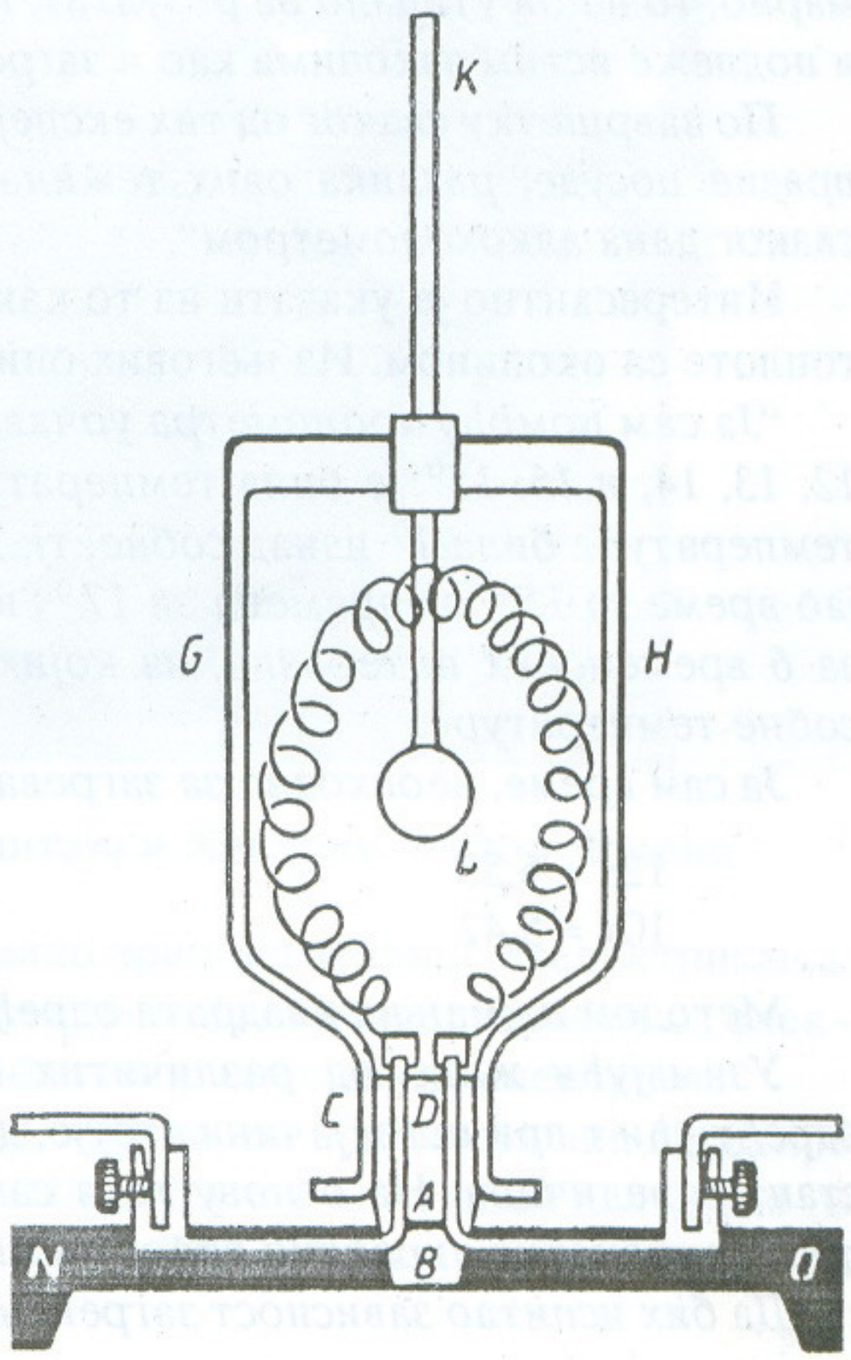
Своје правило, које се налази у свим уџбеницима физике, Ленц је формулисао на следећи начин: "Ако се метални проводник креће у близини галванске струје или магнета, у њему ће се побуђивати галванска струја таквог смера, да би када би проводник мировао, омогућила његово кретање у супротну страну".

Примену овог правила Ленц је испитивао на низу примера и они су показали да у свим случајевима настаје индукована електромоторна сила таквог смера да се она супроставља променама које ју стварају.

За оне ученике, које интересује експериментална физика, дајемо оригиналне Ленцове описе апаратуре и методе помоћу којих је дошао до Закона о топлотном дејству струје при протицању кроз метални проводник.

"Моја истраживања о издвајању топлоте могу да се поделе на она где је одређивана издвојена топлота у одсуству хемијских разлагања, и на она о издвајању топлоте у присуству таквих разлагања.

У првој групи посматрано је издвајање топлоте у металној жици. Уређај за ово мерење састоји се од постоља NO, на чијој средини је учвршћен стаклени запушач AB изврнутог стакленог балона GH. Кроз дно балона направљен је отвор у коме је запушач за пролаз



термометра KL. На цевчици термометра дијамантом су направљени зарези, тако да се са сигурношћу може очитавати $1/25^0$. Доњи запушач AB је тако избушен да кроз њега пролазе платинске жице C и D. Крајеви ових жица имају конусне завршетке на које се натичу платинске капице.

Жица, кроз коју тече струја, оформљена у виду калема намотавањем на штапић дебљине 2 линије (1 линија = 2,54 mm). Крајеви жице се увуку између конуса и капице и добро приклеште. Захваљујући својој еластичности, калем се одржава у вертикалном положају, при чему се навојци један с другим нигде не додирују. Доњи крајеви платинских жица су залемљени за бакарне везе, а ове за клеме на постољу, помоћу којих се остварује везивање за батерију од 24 елемента.

У балон се сипа течност чије се загревање мери термометром. Као течност служио је 85-86% алкохол, док вода, чак и дестилована, представља тако добар проводник да је кроз њу протицао знатан део струје, што се могло одмах видети по издвајању гаса на жици.

У колу грејача, поред батерије, налазио се мултипликатор и агометар (реостат). (За јединицу електричног отпора Ленц је узимао отпор једног навојка агометра (систем електричних величина у то време још није био створен).

Експерименти су вршени на следећи начин. Жичани грејач стављен је у балон и унета је одређена количина алкохола. Када се укључи батерија, помоћник је цело време помоћу агометра одржавао јачину струје на изабраној вредности, а ја сам, гледајући у хронометар и термометар, бележио подизање температуре у алкохолу. Истовремено се цела апаратура обртала, тако да је течност у балону вршила ротацију, захваљујући којој је температура била стално хомогена. Тако је постизано да пораст температуре унутар течности буде правилан. У случају прекида таквог обртања показивања термометра су била скоковита, а резултати испитивања су постајали врло непоуздани.

Када је загревање достигло жељени степен, изнад кога ја нисам хтео да идем, струја је прекидана и очитан је положај клизача агометра. Одмах после тога затворено је струјно коло без грејача, а струја помоћу агометра доведена до претходне јачине и очитано је показивање агометра. Потом је грејач још једном укључен. На тај начин, за исту вредност струје, добијају се 3 очитавања агометра са укљученим грејачем и 2 пута без њега; узимају се средње вредности, а разлика прве и друге даје отпор грејача у навојцима агометра; сагласно горе реченом, тај јединични навојак код мене служи константном јединицом за све отпоре.

Отпор апаратуре састоји се из три дела - отпор бакарних довода, платинских конуса и грејача. Први може да се занемари, јер су бакарни проводници имали укупну дужину свега 4 палца (1 палац = 25,4 mm), а дебљину свега 1 линија; отпор платинских конуса је занемарен, али и кад се не би занемарио, то не би утицало на резултат, пошто њихово загревање највећим делом се предаје течности и подлеже истим законима као и загревање жице.

По завршетку сваког од тих експеримената одређивана је тежина целе апаратуре, као и тежина празне посуде; разлика ових тежина била је тежина алкохола. Јачина алкохола одређивана је сваког дана алкохолометром".

Интересантно је указати на то како је Ленц у својим експериментима узимао у обзир размену топлоте са околином. Из његових описа то се види, и, чини нам се, да је дато врло добро решење.

"Ја сам помоћу хронометра уочавао те моменте када је термометар показивао 10^0, затим 11, 12, 13, 14, и 15; 15^0 је била температура за 1^0 нижа од собне, а затим сам то исто радио када је температура била 1^0 изнад собне, тј. 17^0, а потом и при 18, 19, 20, 21, и 22^0. После тога сам одбијао време за 15^0 од времена за 17^0; време за 14^0 од времена за 18^0 итд. и тако добио загревање за 6 временских интервала, из којих је сваки обухватао по једнак број степени изнад и испод собне температуре.

Ја сам време, неопходно за загревање за 1^0, означио са τ и на основу мерења добио 6 једначина:

$12\tau = 6{,}53$	$8\tau = 4{,}30$	$4\tau = 2{,}22$
$10\tau = 5{,}42$	$6\tau = 3{,}25$	$2\tau = 1{,}05$

Методом најмањих квадрата одређено је τ. За дати случај добио сам да је $\tau = 0{,}5419...$

Узимајући жице од различитих метала (бакар, платина, легура бакра, никла и цинка) и одређујући τ при истој јачини струје, добио сам да је производ $\tau \cdot \lambda$ (λ-отпор жице) приближно константна величина. На основу тога сам закључио да је загревање у истом временском интервалу пропорционално директно отпору жице.

Да бих испитао зависност загревања од јачине струје, требало је да вршим експерименте са јед-

ном истом жицом при различитим јачинама струје. Мењајући јачину струје, одређивао сам време τ. Резултати су показали да је производ квадрата јачине струје и времена τ приближно исти за све употребљене јачине струје. На тај начин је претпоставка да је издвојена топлота пропорционална квадрату јачине струје потврђена ".

На проблему испитивања топлотног ефекта при протицању струје кроз проводник, независно један од другог, радили су Ленц и енглески физичар Џул (Joule James Prescott, 1818–1889). Због тога у науци закон $Q = I^2Rt$ носи назив Џул-Ленцов закон. По том закону: *"Количина топлоте која се издваја при протицању струје кроз проводник једнака је производу квадрата јачине струје (I^2), отпору проводника (R) и времену протицања (t)".*

Томислав Петровић

ХЕНДРИК - АНТОН ЛОРЕНЦ

Хендрик – Антон Лоренц (Hendrick - Anton Lorentz) је холандски физичар, чије је дело значајно допринело заокружењу класичне физике, посебно класичне теорије електромагнетних појава, и припремило прелазак на теорију релативитета и квантну механику. Рођен је 18. VII 1853. у Арнему, школовао се на Лејденском универзитету, где је 1875. одбранио докторску тезу "Допринос теорији одбијања и преламања светлости". 1878 године је постао професор математичке физике на Лејденском универзитету, где је предавао све до 1923. Руководио је Катедром теоријске физике. Од 1913. је био директор кабинета за физику у Институту Тејлер у Харлему - музеју у коме се чувају платна славног сликара Франца Халса (Franz Hals). Ту се угасио Лоренцов живот у фебруару 1928.

Алберт Ајнштајн и Хендрик-Антон Лоренц

Електронска теорија

Година 1895. је била изузетно плодна открићима у физици. Само што је Жан Перен (Jean Perrin) објавио проналазак да се катодни зраци састоје од сићушних наелектрисаних честица, којима је Ирац Стони (Johnstone Stoney) већ 1891. дао име електрони, Лоренц је то сазнање обогатио на маестралан начин. Пошто електрон, размишљао је, личи на мало зрно негативног наелектрисања, мора да је могуће реконструисати целу Максвелову теорију електромагнетизма, полазећи од електрона. Уместо о континуираном наелектрисаном флуиду, треба говорити о скупу електрона.

И велики научник је почео да ствара теорију у којој је етар, који се, по претпоставци, простире свуда, попуњен електронима. Тако је настало славно дело "THE THEORY OF ELECTRONS and its applications to the phenomena of light and radiant heat" (ЕЛЕКРОНСКА ТЕОРИЈА и њене примене на светлосне појаве и зрачење топлоте), објављено 1909.

Према Лоренцу, у провидним срединама електрони су у миру или у таквом стању да не могу много да се померају из свог равнотежног положаја: насупрот томе, у проводницима се електрони могу кретати слободно. На основу електронске теорије Лоренц је објаснио многа до тада позната својства светлости и електромагнетних таласа, извео релацију између диелектричне пропустљивости и густине диелектрика, нашао зависност коефицијента преламања материје од њене густине, дао израз за силу на покретно наелектрисање у електромагнетном пољу – Лоренцова сила. Објаснио је везу између електропроводности материје и топлотне проводности, развио теорију расејања светлости.

Предвиђање и откриће Земановог ефекта

Али, Лоренц се није задовољио само тиме да објасни познате феномене: предвидео је феномен који до тада није био уочен.

Пошто се материја састоји од електрона, писао је, електромагнетни таласи морају деловати на њих на посебан начин, и израчунавања ми дозвољавају да предвидим следеће: ако се пламен натријума, например, постави иамеђу полова електро-магнета, и ако се посматра помоћу спектроскопа, уочиће се цепање спектралне линије на две, па чак и три компоненте.

Било је то врло смело предвиђање, у стилу оног Ле Веријевог о постојању и положају планете Нептун. Исто као што се Гал (Galle) прихватио да провери предвиђање славног астронома, тако се Лоренцов ученик и сународник, Питер Земан (Pieter Zeeman) прихватио да потврди предвиђања славног физичара.

Када је Земан 1896. извео експеримент који је потврдио Лоренцово предвиђање, што савремена физика назива "откриће Земановог ефекта", Лоренц је наставио да разрађује теорију цепања спектралних линија, За ове резултате Земану и Лоренцу је 1902. године додељена Нобелова награда за физику. Много касније, 1918, Земан је наследио Ван дер Валса на Амстердамском универзитету.

Значај Земановог ефекта у припремама за наставак квантне теорије је био огроман, јер је, како је написао Паули (W. Pauli), то била прва директна и очигледна потврда идеје да постојање спектралних линија треба повезати са кретањем електрона.

Лоренцове трансформације и настанак теорије релативитета

Лоренц је својим радом припремио и настанак теорије релативитета. Крајем деветнаестог и почетком двадесетог века физичаре је мучио тзв. негативни резултат Мајкелсон-Морелијевог (A. A. Michelson, E. W. Morely) експеримента, изведеног са циљем да се утврди да ли се брзина светлости, измерена у правцу кретања Земље, разликује од брзине светлости измерене у нормалном правцу у односу на кретање Земље. Ово питање је било тесно повезано са питањем да ли постоји стационарни референтни систем, тзв. етар, у коме се светлост простире брзином c, у односу на који се креће Земља.

Да би објаснио, Мајкелсон-Морелијевим експериментом утврђену независност брзине простирања светлости од брзине посматрача, Фицералд (G. F. Fitzgerald) је увео претпоставку, (а независно од њега и Лоренц), да се тела која се крећу, скраћују у правцу кретања. Ову претпоставку која је изгледала веома чудна, Лоренц је математички уобличио . Извео је релације које повезују просторне и временске координате једног догађаја у два референтна система, који се, један у односу на други крећу константном брзином. Ове релације се данас називају Лоренцове трансформације. 1904. године Лоренц је извео израз који повезује масу електрона са брзином електрона. Следи познати Ајнштајнов (A. Einstein) рад "О електродинамици тела у кретању", објављен 1905, који, заједно са поменутим Лоренцовим радовима, чини основу Специјалне теорије релативитета.

Лоренц је имао велики утицај на ново поколење физичара. Био је један од организатора и председавајућих познатих Солвејевских конгреса физичара (1911-27), на којима су се окупљали творци квантне механике и теорије релативитета.

Мирјана Поповић-Божић

ОД АТОМА ДО ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧЕСТИЦА И ВАСИОНЕ

МУЛТИФОТОНСКА АПСОРПЦИЈА КОД ПОЛИАТОМСКИХ МОЛЕКУЛА

Ј. Јовановић-Курепа[1)], Д.Д. Маркушев[1)], М. Терзић[2)]

[1)] *Институт за физику, Прегревица 118, 11080 Београд*

[2)] *Институт за физику, ПМФ Нови Сад, Доситеја Обрадовића 4, 21000 Нови Сад*

Основно правило у атомској физици је да ће до *апсорпције* доћи само у случају када се енергија кванта светлости (електромагнетног зрачења) *тачно поклапа* са разликом енергија два енергијска нивоа атома или молекула. Међутим, ако су у питању нелинеарни процеси апсорпције, онда ово правило више не важи, тј. атом или молекул могу апсорбовати и фотоне чија се енергија не поклапа са разликом енергија та два нивоа. Нелинеарност тог процеса се огледа у интеракцији светлости са атомима или молекулима, тј. у ширењу и цепању њихових енергијских нивоа и на тај начин омогућавања чак и апсорпције неколико десетина фотона (због тога и назив *мултифотонска* апсорпција), и побуде до нивоа јонизације и (код молекула) дисоцијације. Неки од основних процеса које проучава нелинеарна оптика су: двојно преламање; оптичка активност; расејање светлости и генерација виших хармоника; Брилуеново (*Brillouin*) расејање; нелинеарна апсорпција и међусобно дејство електромагнетног зрачења и атома или молекула (дво-, тро- и мултифотонска апсорпција те Земанов (*Zeeman*) и Штарков (*Stark*) ефекат); самофокусирање ласерског зрачења итд. Основна карактеристика свих ових процеса је да они нелинеарно зависе од интензитета поља (I) датог електромагнетног зрачења, а неки од њих се и не могу посматрати ако је интензитет поља зрачења мањи од 1 kW/cm^2. (1 kW = $1\cdot10^3$ W). Ласер нам је неопходан из најмање два разлога:

1) помоћу ласера добијамо монохроматско зрачење чију фреквенцију ν_1 (или таласну дужину λ_1) можемо мењати и бирати у зависности од тога који атом или молекул желимо побудити. Ако желимо да радимо са атомима, онда ћемо изабрати ласер који ради у ултраљубичастој (UV) области спектра, јер се код атома побуђују електронски нивои. Пошто су енергијски нивои распоређени код сваког атома другачије, то ће се и њихово побуђивање вршити фотонима друге фреквенције из UV области. Молекул можемо да побудимо у електронске, вибрационе, и ротационе нивое. За побуду електронских нивоа се користе ласери из UV и видљиве области спектра, за вибрациону побуду се користе они из инфрацрвене (IR) области, а за ротационо побуђивање се могу користити они ласери који раде у далекој IR области (близу области кратких радио таласа).

2) ласер нам омогућава не само добијање велике густине енергије зрачења (Φ), од које зависи ниво побуђености атома или молекула, већ и добијање великог интензитета зрачења (I), од кога зависи и величина ширења и цепања енергијских нивоа (у даљем тексту ћемо се ограничити на импулсне ласере, јер се они користе за добијање великих интензитета зрачења). Густина енергије се обично дефинише као енергија E, коју носи ласерски зрак по јединици површине S (S је површина попречног пресека ласерског зрака), што се може написати као:

$$\Phi = \frac{E}{S}\left[\frac{J}{cm^2}\right] \tag{1}$$

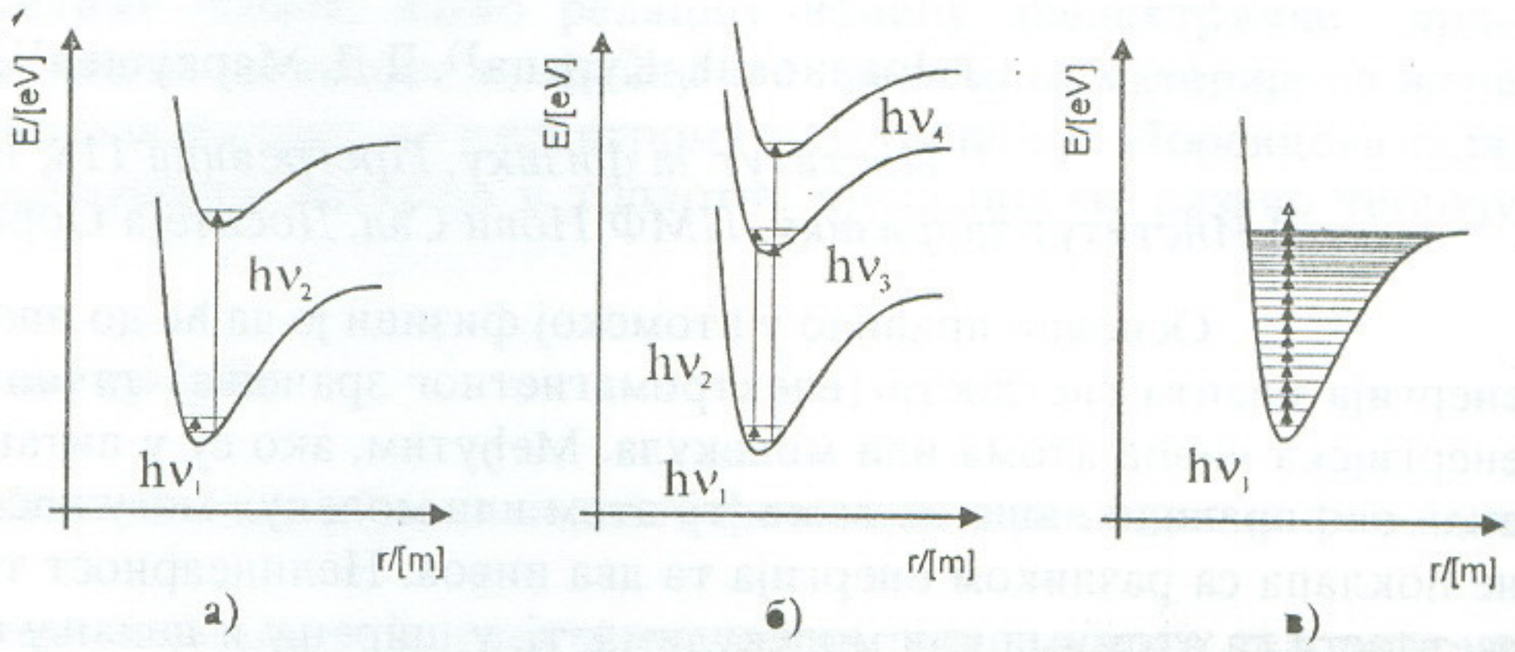
а интензитет се дефинише као

$$I = \frac{\Phi}{\tau}\left[\frac{J}{cm^2\cdot s} = \frac{W}{cm^2}\right], \tag{2}$$

где је τ време трајања ласерског импулса. Ако се узме да савремени ласери могу да имају импулсе реда величине једне фемтосекунде (1fs = $1\cdot10^{-15}$ s), и да им је густина енергије > $1\cdot10^{-6}$ J онда је јасно да се помоћу њих могу добити електромагнетна поља интензитета > 1GW/cm^2 (1GW = $1\cdot10^9$ W)

Сада ћемо детаљније објаснити мултифотонску (вишеструку) апсорпцију ласерског зрачења од стране полиатомског молекула. Већ смо напоменули да ширење енергијских нивоа, услед интеракције са ласерским зрачењем (Штарков и Земанов ефекат), омогућава апсорпцију више десетина фотона. Још треба да поменемо и кршење селекционих правила која одређују тзв. *дозвољене* и "*забрањене*" прелазе из нижих у више енергијске нивое приликом апсорпције зрачења. Та се појава огледа у скоро једнакој вероватноћи "забрањених" и дозвољених прелаза, те она значајно *поспешује* процес мултифотонске апсорпције.

На слици 1, су у упрошћеном облику, дати могући типови побуђивања неког молекула помоћу ласера. Криве на слици су тзв. Морзеове (*Morse*) криве и представљају електронска стања датог молекула, а хоризонталне линије представљају вибрационе нивое датог електронског стања. Објаснимо сада сва три случаја: а) приказано је тзв. *једностепено* побуђивање вибрационог нивоа, помоћу фотона из IR ($h\nu_1$) области, или електронског нивоа, помоћу фотона из UV ($h\nu_2$) области. У овом случају енергија фотона се тачно поклапа са разликом енергија два суседна нивоа. Овакво побуђивање је могуће и без ласера, јер за то није неопходан велики интензитет зрачења; б) приказано је двостепено побуђивање електронског нивоа преко вибрационог или другог електронског међустања. У овом случају је потребно имати два импулсна ласера (један из IR ($h\nu_1$), а један из UV ($h\nu_2$) области), или оба из UV области ($h\nu_3$ и $h\nu_4$), који ће синхронизовано, један за другим (са тачно одређеним временом кашњења), побуђивати молекул. Услов тачне енергије фотона се може постићи коришћењем дифракционе решетке у самом ласерском резонатору; в) приказано је мултифотонско побуђивање IR ($h\nu_1$) фотонима. За овакав тип побуђивања потребан је импулсни ласер, јер, како идемо ка вишим нивоима, разлика енергије између суседних нивоа је све мања, па је потребно интензивно ласерско зрачење, које ће изазвати довољно велико ширење и цепање енергетских нивоа (вибрационих и ротационих), које ће омогућити апсорпцију датих фотона. Од интензитета ласерског зрачења зависи хоће ли молекул успети да апсорбује фотоне, а од густине енергије ласерског зрачења зависи до ког нивоа ће се молекул побудити.



Слика 1. Типови побуђивања молекула: а) једностепено побуђивање вибрационог (помоћу IR фотона $h\nu_1$) или електронског стања (помоћу UV фотона $h\nu_2$); б) двостепено побуђивање електронског стања преко вибрационог ($h\nu_1 + h\nu_2$) или другог електронског међустања ($h\nu_3 + h\nu_4$); в) мултифотонско побуђивање вибрационих нивоа IR фотонима $h\nu_1$. Величина r представља међунуклеарно растојање атома у молекулу (реда величине 10^{-10} m), а *E* је енергија дата у електрон-волтима (eV).

Замислимо сада да су вибрациони нивои код полиатомског молекула подједнако удаљени (еквидистантни) једни од других (иако нису). Да би дошло до апсорпције једног и више фотона, разлика енергије између два суседна нивоа мора бити једнака енергији једног фотона ласерског зрачења $h\nu$, што можемо овако исказати:

$$h\nu = E_2 - E_1, \quad h\nu = E_3 - E_2 \text{ итд.} \tag{3}$$

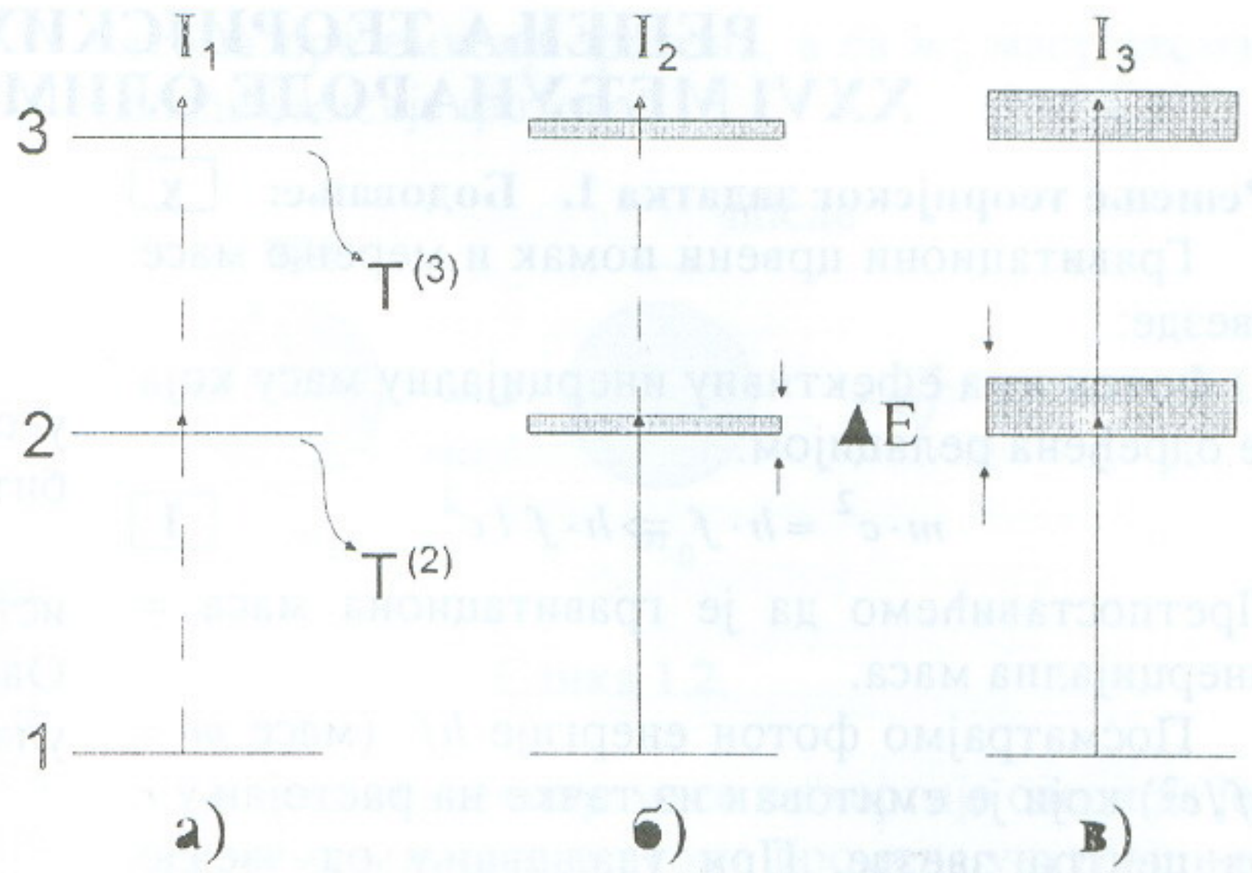
Међутим, ако мислимо да је то и довољно за дво- или мултифотонску апсорпцију, нисмо у праву. Постоји још један услов који мора бити задовољен, а то је да време трајања ласерског импулса τ *мора* бити мање од времена живота молекула у датом вибрационом стању $T^{(1)}, T^{(2)},..., T^{(n)}$, тј.

$$\tau < T^{(1)}, T^{(2)},..., T^{(n)} \tag{4}$$

Ако узмемо да су вредности $T^{(1)}, T^{(2)},..., T^{(n)}$ реда величине *микросекунде* ($1\mu s = 1 \cdot 10^{-6}$ s), онда ласер мора имати импулс чија ће дужина трајања τ бити реда величине неколико десетина (па и стотина) *наносекунди* (1 ns $= 1 \cdot 10^{-9}$ s) и мање.

Вратимо се, ипак, реалној слици, у којој вибрациони нивои молекула нису еквидистантни, већ се њихов међусобни размак смањује са порастом броја нивоа (слика 2). На први поглед би се

могло рећи да до мултифотонске апсорпције и побуђивања молекула у том случају, знајући услов (1), не може доћи (слика 2.(а)). Ипак, захваљујући горе поменутој интеракцији ласерског поља и молекула, енергијски нивои молекула постају "шири" за неку вредност енергије ΔE (слика 2.(б)). Тако је молекул сада у стању да апсорбује један фотон и пређе из вибрационог стања v = 1 у стање v = 2, уз задовољен услов (4), тај услов мора бити задовољен, као што смо и назначили, за било који енергијски ниво, али, то не мора да значи да може аутоматски апсорбовати следећи фо-тон, и прећи из стања v = 2 у стање v = 3. Да би се то догодило, ласерско зрачење мора имати тако велики интензитет да омогући довољно велико ширење нивоа ΔE, слика 2.(в), да би дошло до апсорпције још једног фотона у току ласерског импулса. Ово вреди и за сваку следећу апсорпцију фотона, те тај услов можемо овако исказати:



Слика 2. Апсорпција два фотона ласерског зрачења од стране молекула захваљујући ширењу енергијских нивоа: а) случај поља слабог интензитета I_1, када нема цепања нивоа, па нема ни апсорпције; б) случај поља већег интензитета ($I_2 > I_1$) када је могућ прелаз из v = 1 у v = 2 али не и прелаз v = 2 у v = 3; в) случај поља великог интензитета ($I_3 > I_2 > I_1$) када је могућ и прелаз са v = 2 на v = 3.

$$h\nu = (E_2 + \Delta E_2) - E_1,\ h\nu = (E_3 + \Delta E_3) - (E_2 + \Delta E_2) \text{ итд.}, \tag{5}$$

где треба напоменути да је, у општем случају, $\Delta E_2 \neq \Delta E_3$. Узмимо, ради једноставности, да су та ширења нивоа једнака за све. У том смислу можемо дати и општи услов за мултифотонску апсорпцију и побуђивање молекула из стања v = 1 у стање v = n као:

$$(n - 1)\, h\nu = E_n + E_1, \tag{6}$$

где број (n - 1) означава укупан број апсорбованих фотона. Из овог се види да је за побуђивање n-тог вибрационог нивоа довољно да (n - 1) фотона има енергију једнаку $E_n - E_1$. Остали међунивои се прелазе захваљујући постојању ширења нивоа ΔE. То и јесте суштина мултифотонских прелаза, али увек морамо имати у виду да је израз (6) поједностављен случај. Другим речима, за полиатомске молекуле, које чине пет или више атома, вибрациони нивои су дискретно распоређени само на почетку (првих пет или шест). После тога се више не може разликовати њихова дискретна структура, и ту област вибрационих нивоа, све до дисоцијативне границе, називамо *вибрационим квазиконтинуумом*. Ако ласером побудимо молекул до неког нивоа у вибрационом квазиконтинууму тако да можемо да рећи да је апсорбовао n = 20 фотона, то не значи да је молекул побуђен, на основу (6), до v = 19, већ вибрациони ниво може бити и виши.

Процес мултифотонске апсорпције се данас у индустрији користи за изазивање хемијских реакција у смешама (гасним или течним) различитих елемената (нпр. за добијање специјалног ултрафиног керамичког праха SiC). Једна од првих примена мултифотонских процеса (дисоцијације) на полиатомским молекулима била је и раздвајање изотопа, а примењена је на молекулу UF_6, за издвајање изотопа ^{235}U и ^{238}U.

Истраживања мултифотонских процеса врше се, најчешће, коришћењем трансмисионе и фотоакустичке технике у оквиру ласерске спектроскопије. Резултати тих истраживања, која обухватају како апсорпцију, тако и пренос енергије између молекула апсорбера услед судара, значајни су не само за физику, него и за природне науке уопште. Циљ свих тих истраживања је да се што боље разуме суштина процеса, и да се нађу што оптималнији услови за њихову примену у индустрији.

РЕШЕЊА ТЕОРИЈСКИХ ЗАДАТАКА СА XXVI МЕЂУНАРОДЕ ОЛИМПИЈАДЕ ИЗ ФИЗИКЕ

Решење теоријског задатка 1. Бодовање: $\boxed{\text{X}}$

Гравитациони црвени помак и мерење масе звезде:

а) Фотон има ефективну инерцијалну масу која је одређена релацијом:

$$m \cdot c^2 = h \cdot f \Rightarrow h \cdot f / c^2 \qquad \boxed{1}$$

Претпоставићемо да је гравитациона маса = инерцијална маса.

Посматрајмо фотон енергије hf (масе $m = hf/c^2$) који је емитован из тачке на растојању r од центра звезде. При удаљавању од звезде фотон губи енергију, јер је због закона о очувању енергије:

промена енергије фотона (hf_p - hf_k) = промена гравитационе енергије.

$$h \cdot f_p - h \cdot f_k = -\frac{GMm_k}{\infty} - \left(\frac{GMm_p}{r}\right)$$

$$h \cdot f_k = h \cdot f_p - \frac{GMm_p}{r}$$

$$m_p = hf_p / c^2$$

$$h \cdot f_k = hf_p\left(1 - \frac{GM}{rc^2}\right) \Rightarrow f_k / f_p = 1 - GM / rc^2$$

$$\frac{f_k - f_p}{f_p} = \frac{\Delta f}{f} = -\frac{GM}{rc^2}$$

Негативан знак казује да је реч о црвеном помаку, тј. смањењу f и повећању λ.

За фотон, емитован са површине звезде, полупречника R је:

$$\frac{\Delta f}{f} = -\frac{GM}{Rc^2} \qquad \boxed{2}$$

б) При померању фотона у гравитационом пољу са неког почетног растојања r_p до неког крајњег растојања r_k, промена енергије фотона је:

$$hf_p - hf_k = -\frac{GMm_k}{r_k} + \frac{GMm_p}{r_p} \quad . \qquad \boxed{1} \qquad (1)$$

Можемо претпоставити да је:

$$m_p \approx m_k \approx hf_p / c^2, \qquad \boxed{2} \qquad (2)$$

па имамо:

$$hf_p - hf_k = \left(GMhf_p / c^2\right)\left[(1/r_p) - (1/r_k)\right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{f_k}{f_p} = 1 - \frac{GM}{c^2}\left(\frac{1}{r_p} - \frac{1}{r_k}\right)$$

У експерименту је R полупречник звезде, а d растојање од површине звезде, па је:

$$\frac{f_k}{f_p} = 1 - \frac{GM}{c^2}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+d}\right)$$

Да би дошло до резонантне побуде јона He^+ у свемирском броду, учестаност фотона мора бити доплеровски померена уназад од f_k ка f_p.

Означимо са f' учестаност фотона коју "региструју" јони у покретном свемирском броду. Ова учестаност повезана је са учестаношћу упадних фотона Доплеровом релацијом:

$$f_k' / f' = \sqrt{(1-\beta)/(1+\beta)} \approx 1 - \beta$$

Како при резонантној апсорпцији f' мора бити једнако f_p, то имамо:

$$f_k / f_p = 1 - \beta = 1 - (GM/c^2)\left[(1/R) - 1/(R+d)\right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{GM}{c^2}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+d}\right) \qquad \boxed{3}$$

$$\frac{1}{\beta} = \frac{Rc^2}{GM}\left(\frac{R}{d} + 1\right) \qquad \boxed{2} \qquad (4)$$

На основу задатих експерименталних података, на слици 1.1 је графички приказана зависност величине $1/\beta$ од $1/d$. Са овог графика се очитавају величине:

$$(A) \quad nagib \Rightarrow \left(\frac{Rc^2}{GM}\right)R = \alpha R$$

$$(B) \quad \frac{1}{\beta} - presek \Rightarrow \left(\frac{Rc^2}{GM}\right) = \alpha \qquad \boxed{3}$$

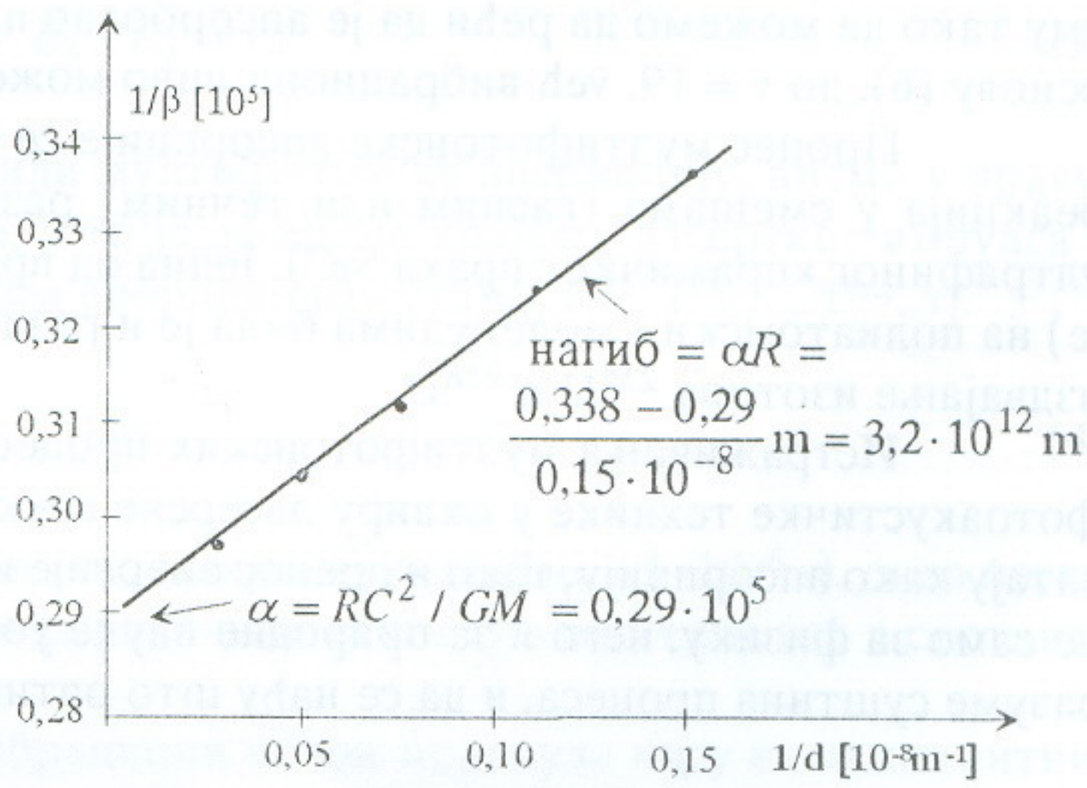
$$(C) \quad \frac{1}{d} - presek \Rightarrow -\frac{1}{R}$$

R и M се могу погодно одредити из (A) и (B) [јер (C) је вишак → може се користити за проверу].

Израчунавањем из датих података се добија:

$$R = 1{,}11 \cdot 10^8 \text{ m}$$
$$M = 5{,}2 \cdot 10^3 \text{ kg} \qquad \boxed{1}$$

Са графика, нагиб је: $\alpha R = 3{,}2 \cdot 10^{12}$ m



Слика 1.1.

$$\frac{1}{\beta} - presek \rightarrow \alpha = \frac{Rc^2}{GM} = 0{,}29 \cdot 10^5$$

$$\frac{(A)}{(B)} = R = \frac{3{,}2 \cdot 10^{12}\,\mathrm{m}}{0{,}29 \cdot 10^5\,\mathrm{m}} = 1{,}104 \cdot 10^8\,\mathrm{m}$$

Ако се вратимо у

$$(B) \Rightarrow M = \frac{Rc^2}{G\alpha} = 5{,}11 \cdot 10^3\,\mathrm{kg}$$

Ово је званично решење. Из њега се не може сасвим јасно видети да ли је оправдано применити у једначини (1) апроксимацију да је почетна маса фотона једнака крајњој маси фотона. Зато предлажем нешто потпуније решење овога дела проблема.

Означимо са $m_f \equiv m(r)$ и $f \equiv f(r)$ масу и фреквенцију фотона на растојању r $(t + d = r)$ од центра звезде.

$$m_f = hf/c^2$$

Посматрајмо рад који врши гравитациона сила при померању фотона за мало растојање dr:

$$dA_g = \frac{m_f MG}{r^2} dr$$

Рад гравитационе силе узрокује смањење енергије фотона:

$$dA_g = -hdf, \quad dA_g = \frac{hfMGdr}{c^2 r^2}$$

$$-hdf = \frac{hfMGdr}{c^2 r^2} \Rightarrow -\frac{df}{f} = \frac{MG}{c^2}\frac{dr}{r^2} \Rightarrow$$

$$\int_{f_p}^{f_k} \frac{df}{f} = -\int_{r}^{R+d} \frac{MG}{c^2}\frac{d_r}{r^2} \Rightarrow \ln\frac{f_k}{f_p} = \frac{MGd}{Rc^2(R+d)}$$

Да би дошло до резонантне побуде јона He^+ у свемирском броду, промена фреквенције, услед утицаја гравитације, мора бити компензована променом фреквенције услед Доплеровог ефекта. Дакле, мора бити:

$$\frac{f_p}{f_k} = \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1-\beta} \approx 1 + \beta$$ (за податке из табеле је $\beta << 1$)

Заменом у претходни израз добијамо:

$$\ln(1+\beta) = \frac{MGd}{R(R+d)c^2}$$

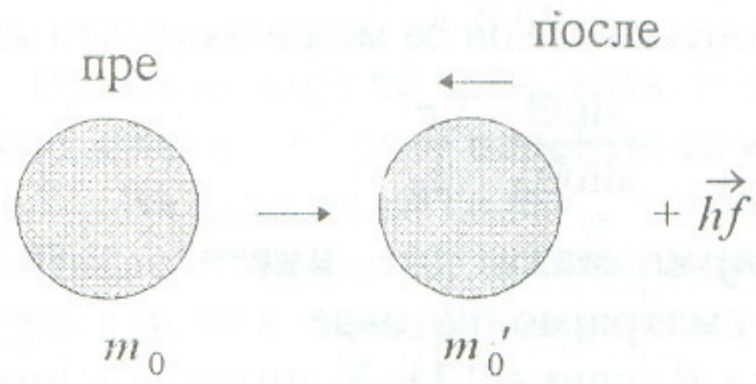
За $\beta << 1$ је $\ln(1+\beta) \approx \beta$, па је:

$$\beta \approx \frac{MGd}{R(R+d)c^2}$$

Видимо да је овај израз еквивалентан са једначином (4) званичног решења.

(c) (*i*)

Импулс емитованог фотона је hf/c, а енергија фотона = hf. Означићемо са m_0 масу атома пре емисије фотона, а са m_0' масу атома после емисије фотона.



Слика 1.2.

Из еквиваленције масе и енергије следи да је у систему мировања атома промена унутрашње енергије атома = промена енергије масе мировања.

$$\Delta E = (m_0 - m_0')c^2 \qquad \boxed{1}$$

(Напомена: разлику енергија атомских нивоа означили смо овде са ΔE, као што је уобичајено, уместо са E, како је у постављеном задатку).

У лабораторијском систему је:

Енергија пре емисије је: $\varepsilon = m_0 c^2$;

Енергија после емисије фотона је: $\varepsilon = (m_0'^2 c^4 + p^2 c^4)^{1/2} + hf$, где је p импулс атома; $\boxed{1}$

Према закону очувања енергије је:

$$m_0 = (m_0'^2 c^4 + p^2 c^4)^{1/2} + hf \qquad \boxed{1}$$

Закон одржања импулса даје:

$$p = hf/c$$

Заменом у претходну релацију добијамо:

$$(m_0 c^2 - hf)^2 = (hf)^2 + m_0'^2 c^4$$

$$\therefore hf(2m_0 c^2) = (m_0^2 - m_0'^2)c^4 = (m_0 - m_0')c^2(m_0 + m_0')$$

$$= \Delta E\left[2m_0 - (m_0 - m_0')\right]c^2 = \Delta E\left(2m_0 c^2 - \Delta E\right)$$

Напокон,

$$hf = \Delta E\left(1 - \frac{\Delta E}{2m_0 c^2}\right) \qquad \boxed{1}$$

(*ii*)

За емисију He^+ јона $(n = 2 \rightarrow 1)$ је:

$$\Delta E = 13{,}6eV \cdot 2^2\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = 40{,}8\ \mathrm{eV}$$

Уз то, $m_0 c^2 = 3752 \cdot 10^6$ eV, па је релативна промена фреквенције услед узмака: $\boxed{1}$

$$\left|\frac{f - f_0}{f_0}\right| = \left|\frac{\Delta f}{f_0}\right| = \frac{\Delta E}{2mc^2} = 5{,}4 \cdot 10^{-9} \qquad (hf_0 = \Delta E)$$

Званично решење превео и допунио елементима свог решења

Марко Ђорђевић,

Трећа београдска гимназија

Решење теоријског задатка 2.

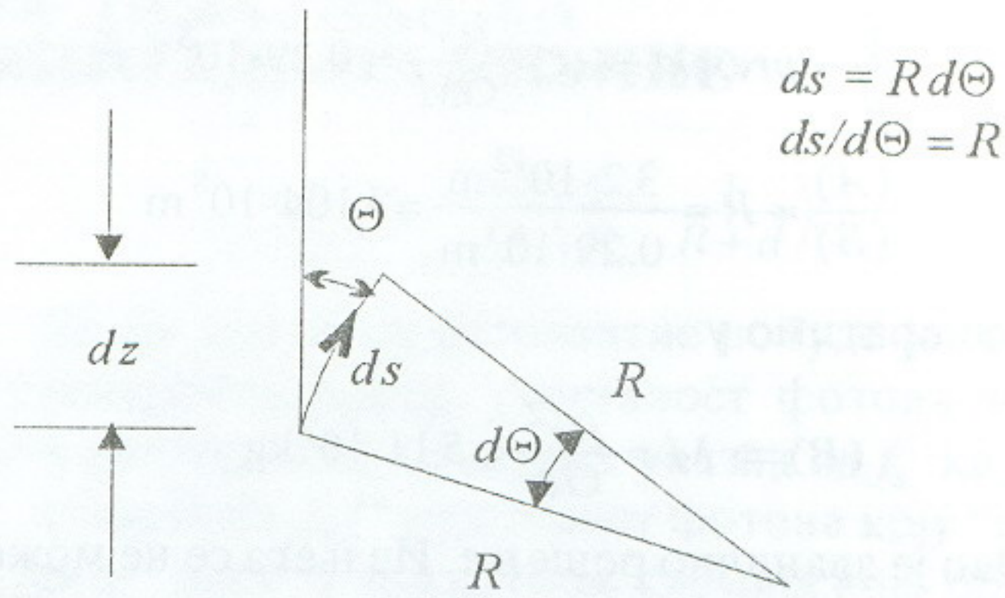
Простирање звука

(a) (6 поена)

Декарт-Снелијусов закон се може написати као:

$$\frac{\sin\Theta}{\sin\Theta_0} = \frac{c}{c_0} \qquad (1)$$

Посматрајмо мали део путање звучног таласа ds и сматрајмо га овде као лук круга полупречника R (слика 2.1). Уочимо да R може узимати вредности између $-\infty$ и $+\infty$. Посматрајмо компоненту звучног таласа која је усмерена на горе из извора S.



Слика 2.1.

Диференцирањем једначине (1) добијамо:

$$\cos\Theta d\Theta = (\sin\Theta_0 / c_0)dc$$

За звучни талас усмерен на више важи: $c = c_0 + bz$, тако да је $dc = b \cdot dz$ и

$$\cos\Theta d\Theta = (\sin\Theta_0 / c_0)b \cdot dz,$$

одакле следи да је:

$$dz = (c_0/\sin\Theta_0)(1/b)\cos\Theta\, d\Theta \qquad (2)$$

Такође, можемо писати (сматрајући мали део путање ds као праволинијски):

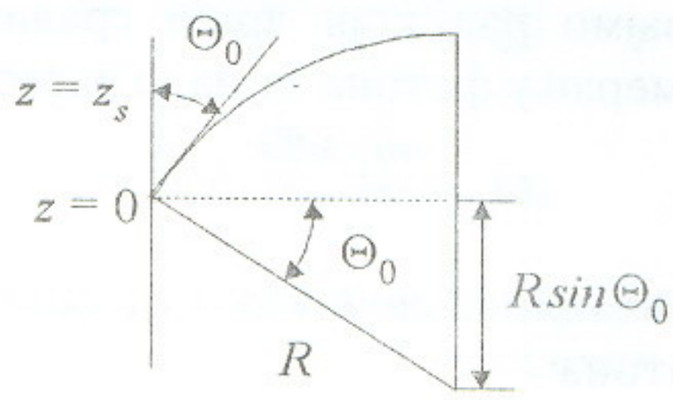
$$dz = ds\cos\Theta \qquad (3)$$

Из једнакости (2) и (3) добијамо:

$$ds = (c_0/b\sin\Theta_0)\, d\Theta,$$

одакле је $ds/d\Theta = R = c_0/b\sin\Theta_0$.

Овај резултат, стриктно, важи само за мале лучне сегменте ds. Користећи то из једнакости (1) следи да то важи за све вредности угла Θ, што значи да важи и у свим тачкама трајекторије, која, дакле, чини лук круга полупречника R, све док звучни талас не пређе у област где је $z < 0$ (док не пресече x осу).



Слика 2.2.

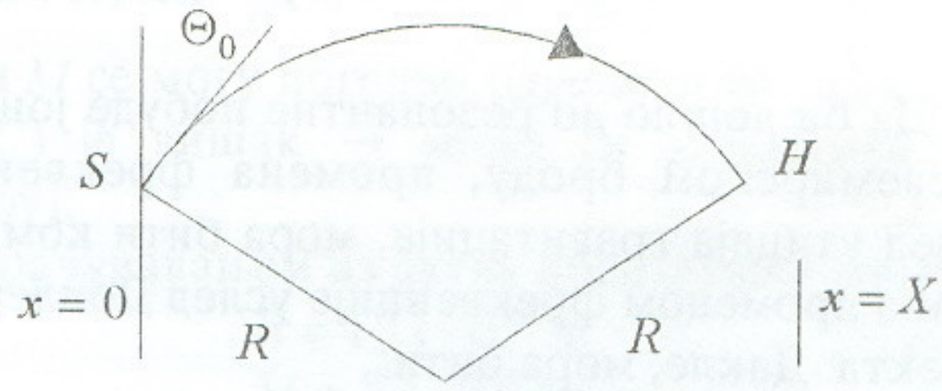
(b) (3 поена)

Са слике 2.2. добијамо:

$$z_s = R - R\sin\Theta_0 =$$
$$= R(1-\sin\Theta_0) = (c_0 / b\sin\Theta_0)(1-\sin\Theta_0)$$

Одавде следи:

$$\Theta_0 = \arcsin\left[c_0 / (c_0 + bz_s)\right]$$



Слика 2.3.

(c) (4 поена)

Са слике 2.3. се види да је:

$$X = 2R\cos\Theta_0 = (2c_0 / b\sin\Theta_0)\cos\Theta_0 =$$
$$= (2c_0 / b)\cot\Theta_0$$

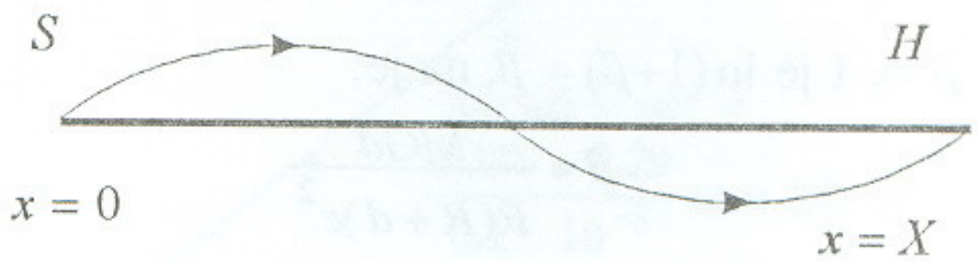
одакле је:

$$\cot\Theta_0 = bX / 2c_0$$

Које друге могућности постоје да звучни талас стигне у тачку H? Ево једне (слика 2.4):

У овом случају је:

$$X / 2 = 2R\cos\Theta_0 = (2c_0 / b)\cot\Theta_0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \cot\Theta_0 = bX / 4c_0$$



Слика 2.4.

Уопште, за вредност $\Theta_0 < \pi/2$, звучни талас из извора S ће стићи у H за вредности угла Θ_0 дате са:

$$\Theta_0 = \operatorname{arccot}\left[bX / 2nc_0\right] = \arctan\left[2nc_0 / bX\right]$$

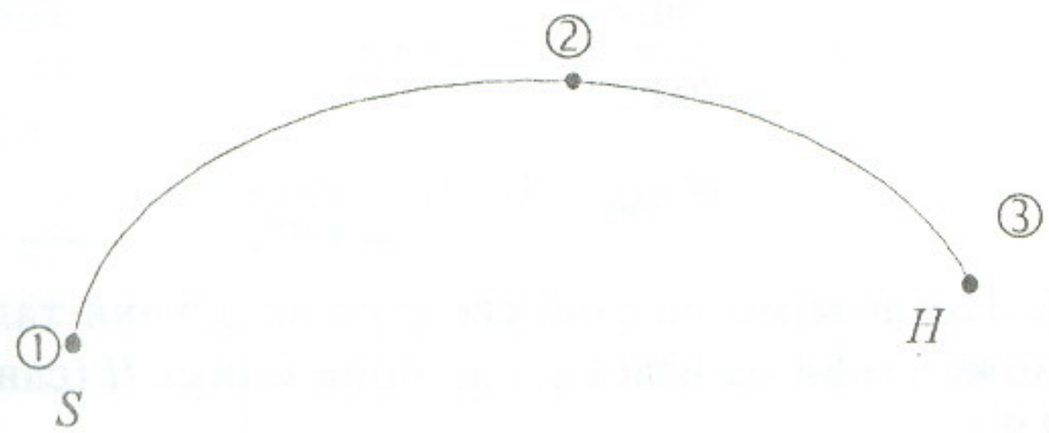
где је $n = 1,2,3,4...$ Уочимо да за $n = \infty$ је $\Theta_0 = \pi/2$, што одговара зраку који се простире дуж x-осе.

(d) (2 поена)

Са наведеним вредностима за X, c_0, b, четири најмање вредности угла Θ_0, под којима се одашиље звучни талас, јесу:

n	Θ_0 (степени)
1	86,19
2	88,09
3	88,73
4	89.04

(e) (5 поена)



Слика 2.5.

Тражимо:

$$\int_1^3 dt = \int_1^3 \frac{ds}{c}$$

Прво ћемо израчунати време за које звучни талас пређе растојање од ① до ②.

$$t_{12} = \int_1^2 \frac{ds}{c} = \int_{\Theta_0}^{\pi/2} \frac{Rd\Theta}{c}$$

Користећи да је $R = c_0/b\sin\Theta_0 = c/b\sin\Theta$ (следи из једнакости (1)) добијамо:

$$t_{12} = \frac{1}{b}\int_{\Theta_o}^{\pi/2} \frac{d\Theta}{\sin\Theta},$$

тако да је:

$$t_{12} = \frac{1}{b}\left[\ln\operatorname{tg}\left(\frac{\Theta}{2}\right)\right]_{\Theta_0}^{\pi/2} = -\frac{1}{b}\ln\operatorname{tg}\left(\frac{\Theta_0}{2}\right).$$

Уочавајући да је $t_{13} = 2t_{12}$ добијамо:

$$t_{13} = -\frac{2}{b}\ln\operatorname{tg}\left(\frac{\Theta_0}{2}\right).$$

За дато b, добијени израз даје време путовања звучног таласа од S до H за најмању вредност угла Θ_0 под којим се талас одашиље (одређен је у делу под (d)):

$$t_{13} = 6{,}6546\ s$$

Време за које ће зрак, који се простире дуж x-осе, стићи од S до H одређује се из једначине $t = X/C_0$. За дате податке је $t_{13} = 6{,}6666\ s$.

Дакле, зрак који се простире дуж x-осе путује дуже него зрак одређен са $n = 1$. Значи, зрак одређен са $n = 1$ стићи ће први.

Алтернативно решење теоријског задатка 2.

Задатак се могао решити и на следећи начин, који сам ја следио.

(a)

Поделимо z-осу на бесконачно много малих одсечака дужине Δz, ($\Delta z \to 0$). У оквиру једног одсечка можемо сматрати да се звучни талас простире праволинијски (тј. да се брзина звука, у оквиру тог одсечка, не мења, те да нема ни преламања звучног таласа).

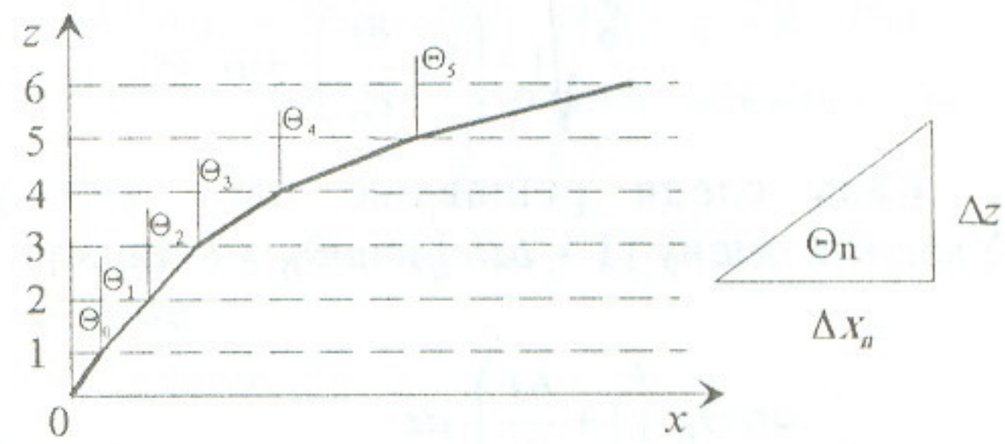
Одредимо сада зависност преломног угла од брзине простирања звука унутар једног одсечка.

$$\left.\begin{aligned} \frac{\sin\Theta_0}{\sin\Theta_1} &= \frac{c_0}{c_1} \\ \frac{\sin\Theta_1}{\sin\Theta_2} &= \frac{c_1}{c_2} \\ &\vdots \\ \frac{\sin\Theta_{n-1}}{\sin\Theta_n} &= \frac{c_{n-1}}{c_n} \end{aligned}\right\}$$

Множењем ових једнакости добијамо:

$$\frac{\sin\Theta_0}{\sin\Theta_n} = \frac{c_0}{c_n} = \frac{c_0}{c_0 + bz}$$

(што је еквивалентно једнакости (1) у званичном решењу.)



Слике 2.6. и 2.7.

Одредимо растојање $\overline{OB}$.

$\overline{OB} = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 \ldots + \Delta x_n + \ldots$

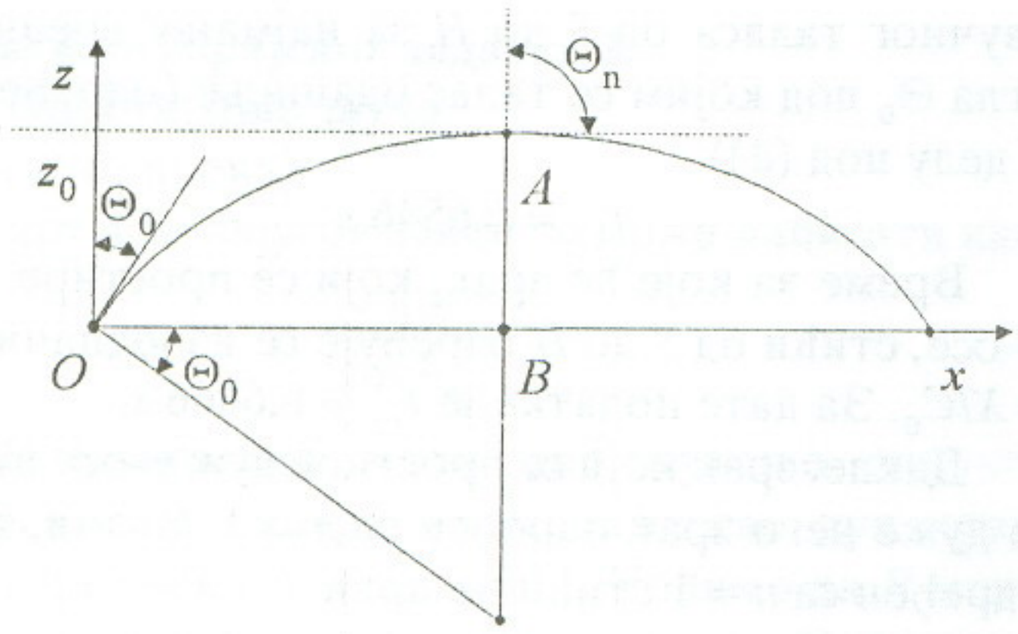
Са слике 2.7. добијамо $\Delta x_n = \Delta z \tan\Theta_n$.

Из једнакости:

$$\frac{\sin\Theta_0}{\sin\Theta_n} = \frac{c_0}{c_n} = \frac{c_0}{c_0 + bz}$$

елементарним алгебарским трансформацијама добија се :

$$\tan\Theta_n = \frac{\sin\Theta_0 \cdot \left(1 + \frac{bz}{c_0}\right)}{\sqrt{1 - \left(1 + \frac{bz}{C_0}\right)^2 \sin^2\Theta_0}}$$



Слика 2.8.

Дакле,

$$\overline{OB} = \int_0^{z_0} dz \cdot \tan\Theta_n ,$$

где ћемо z_0 одредити из услова да је у тој тачки

$$\Theta_n = 90^0,$$

па из једнакости (I) добијамо

$$\frac{\sin\Theta_0}{\sin 90^o} = \frac{c_0}{c_0 + bz_0},$$

одакле следи да је

$$z_0 = \frac{c_0}{b}\left(\frac{1}{\sin\Theta_0} - 1\right).$$

Даље је:

$$\overline{OБ} = \int_0^{z_0} \frac{\sin\Theta_0 \cdot \left(1 + \frac{bz}{c_0}\right) \cdot dz}{\sqrt{1 - \left(1 + \frac{bz}{c_0}\right)^2 \sin^2\Theta_0}}$$

Сада следи решавање овог интеграла! Уведимо смену $(1 + bz/c_0)\sin\Theta_0 = t$, тада је:

$$\int_0 \frac{\sin\Theta_0 \cdot \left(1 + \frac{bz}{c_0}\right) \cdot dz}{\sqrt{1 - \left(1 + \frac{bz}{c_0}\right)^2 \sin^2\Theta_0}} = \frac{c_0}{b\sin\Theta_0} \int \frac{t \cdot dt}{\sqrt{1 - t^2}}$$

Даље се елементарним алгебарским трансформацијама добија да је овај интеграл једнак:

$$-\frac{c_0}{b\sin\Theta_0}\sqrt{1 - t^2}$$

Значи:

$$\overline{OB} = -\frac{c_0}{b\sin\Theta_0} \cdot \sqrt{1 - (1 + bz/c_0)^2 \sin^2\Theta_0} \Bigg|_0^{\frac{c_0}{b}\left(\frac{1}{\sin\Theta_0} - 1\right)}$$

$$\overline{OB} = -\frac{c_0}{b\sin\Theta_0} \cdot \sqrt{1 - \left(1 + \frac{b}{c_0}\frac{c_0}{b}\left(\frac{1}{\sin\Theta_0} - 1\right)\right)^2 \cdot \sin^2\Theta_0} +$$

$$+ \frac{c_0}{b\sin\Theta_0}\sqrt{1 - \sin^2\Theta_0}$$

$$\overline{OB} = -\frac{c_0\cos\Theta_0}{b\sin\Theta_0} = \frac{c_0}{b}\cot\Theta_0$$

Са слике 2.8. се види да је $\overline{OB} = R\cos\Theta_0$, па је:

$$\frac{c_0\cos\Theta_0}{b\sin\Theta_0} = R\cos\Theta_0$$

Одакле следи да је:

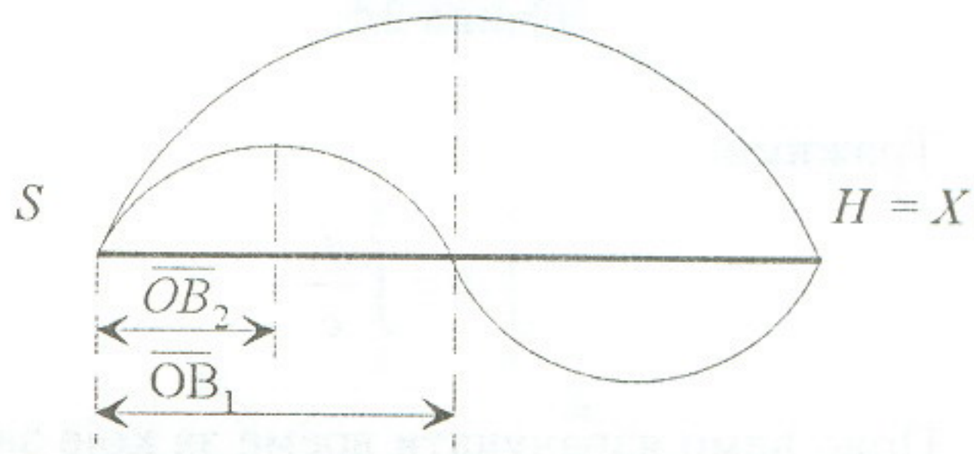
$$R = \frac{c_0}{b\sin\Theta_0}$$

(b) Да не би било преламања на површини океана потребно је да на висини z_s угао Θ_n буде 90^0, па важи:

$$\frac{\sin\Theta_0}{b\sin 90^0} = \frac{c_0}{c_0 + bz_s}$$

$$\Theta_{o\min} = \arcsin\frac{c_0}{c_0 + bz_s}$$

(c)Погледајмо на које све начине звучни талас може стићи од извора S до пријемника H (слика 2.9.).



Слика 2.9.

Дакле, потребно је да буде испуњен услов:

$$\overline{OB} = \frac{c_0}{b}\cot\Theta_0 \begin{cases} \overline{OB_n} \cdot 2n = X, \ n \in N \\ \frac{c_0}{b} \quad \cot\Theta_0 = X / 2n \end{cases}$$

$$\cot\Theta_0 = \frac{bX}{2nc_0}$$

$$\Theta_0 = \operatorname{arccot}\left[\frac{bX}{2nc_0}\right] = \arctan\left[\frac{2nc_0}{bX}\right]$$

Делови под (d) и под (e) се решавају на исти начин као и у званичном решењу.

Званично решење превео и дао алтернативно решење **Грбић Борис,** ученик III разреда Математичке гимназије Београд

Решење теоријског задатка 3

(a) (3 поена) Маса цилиндра је: $M = dV = \pi a^2 ld$. Како је маса шипке једнака маси цилиндра, то је укупна маса пловка једнака $2M = 2\pi a^2 ld$. Маса истиснуте воде је сигурно мања од $\pi a^2 l\rho$ (када је пловак на ивици потапања). Користећи Архимедов принцип, закључујемо да је:

$$2\pi a^2 ld < \pi a^2 l\rho \text{ , односно } d < \rho / 2.$$

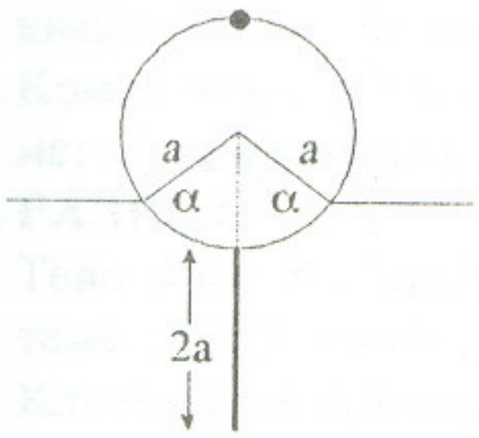
Када је угао пливања једнак $\alpha (< \pi)$, из геометрије следи (сл.3.1) да је запремина истиснуте воде: $V = la^2 d - la^2 \sin\alpha \cdot \cos\alpha$.

По Архимедовом закону маса пловка једнака је маси истиснуте воде. Због тога је:

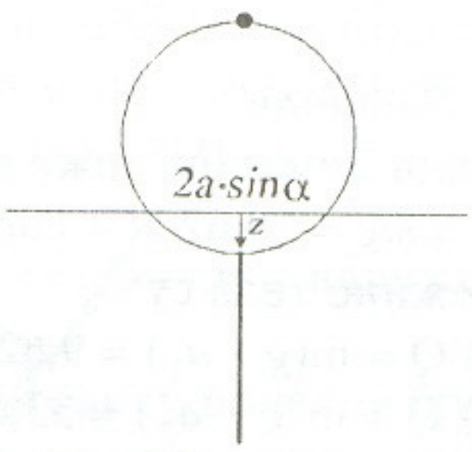
$$2\pi a^2 ld = la^2 \rho(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha),$$

па је α одређено релацијом:

$$\alpha - \sin\alpha\cos\alpha = 2\pi d / \rho.$$



Слика 3.1



Слика 3.2.

(b) (3 поена) Када се цилиндар урони за мало растојање z из положаја равнотеже у вертикалном правцу, јавља се реституциона сила која делује навише и која је једнака тежини додатно истиснуте воде, тј. $\rho 2a\sin\alpha \cdot lz\rho$ (сл 3.2). Дакле, Њутнова једначина кретања пловка (узимајући у обзир и додатни фактор 1/3) гласи:

$$8M\ddot{z} / 3 = -2\rho glza\sin\alpha \quad \text{или} \quad \ddot{z} + \frac{3\rho g\sin\alpha}{4\pi da} z = 0$$

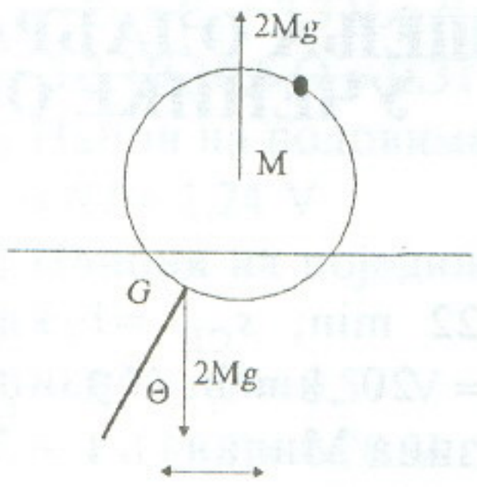
Ово је стандардна једначина синусоидалног осцилаторног кретања (као математичко клатно).

Решење је облика $z = \sin(\omega_z t)$, где је кружна учестаност:

$$\omega_z = \sqrt{\frac{3\rho g\sin\alpha}{4\pi da}} = \sqrt{\frac{3g\sin\alpha}{2a(\alpha - \cos\alpha\sin\alpha)}}.$$

при чему је коришћена релација са краја дела (a).

(c)(8 поена) Пошто се занемарује вискозност и кретање воде, запремина истиснуте воде, када се пловак изведе из равнотежног положаја, остаје иста као у стању равнотеже, па пловак не осцилује дуж вертикале. Због тога можемо сматрати да пловак осцилује као физичко клатно око осе цилиндра (сл.3.3), при чему је центар масе пловка тачка G у којој шипка додирује цилиндар (јер су маса шипке и маса цилиндра једнаке).



Слика 3.3.

Да бисмо одредили период осциловања, потребно је одредити моменат инерције пловка око осе осциловања.

Најпре израчунавамо моменат инерције цилиндра, I_0, око његове централне осе и моменат инерције шипке, I_s, око њеног центра.

$$I_0 = Ma^2/2 \left(= \int_0^a r^2 dm = \int_0^a r^2 2Mrdr / a \right)$$

$$s = \int_{-a}^{a} (Mdx / 2a)x^2 = \left(Mx^3 / 6a \right)\Big|_{-a}^{a} = Ma^2 / 3$$

Користећи Штајнерову теорему, налазимо момент инерције штапа у односу на осу цилиндра, а самим тим моменат инерције целог пловка:

$$I_M = Ma^2/2 + [Ma^2/3 + M(2a)^2] = 29Ma^2/6$$

Када се пловак закрене за угао Θ, јавља се спрег сила $2Mga\sin\Theta$ приближно једнак $2Mga\Theta$, за мало Θ. Дакле, једначина кретања пловка:

$$I_M\ddot{\Theta} \approx -2Mga\Theta \quad \text{тј.} \quad \ddot{\Theta} + \frac{12g}{29a}\Theta = 0$$

јесте једначина простог хармонијског кретања. Решење је синусоидална функција, $\Theta \propto \sin(\omega_\Theta t)$, са кружном учестаношћу: $\omega_\Theta = \sqrt{12g / 29a}$.

(d) (5 поена) Мерач убрзања показује да је

$$T_\Theta / T_z \approx 1{,}5,$$

односно (због $T = 2\pi / \omega$): $(\omega_z / \omega_\Theta)^2 \approx 2.25$.

Према томе:

$$2.25 = \left[3g\sin\alpha / 2a(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha)\right] / \left[12g / 29a\right]$$

одакле добијамо: $\alpha - \sin\alpha\cos\alpha \approx 1.61\sin\alpha$

Како је $1.61 \approx 1.57 (= \pi/2)$, то смо показали да је физички прихватљиво решење $\alpha = \pi/2$, што је требало показати. Замењујући решење $\alpha = \pi/2$, добијамо $\omega_z^2 = 3g/\pi a$ па је $4d/\rho = 1$. Како је $T_z = 1$ s, то је:

$1 = (2\pi/\omega_z)^2 = 4\pi^3 a / 3g$, одакле је $a = 0.237$m.

Сада можемо наћи масу пловка:

$$2M = 2\pi a^2 ld = 2\pi a^3 \rho / 4 = \pi a^3 \rho / 2 =$$
$$= \pi \cdot 500 \cdot (0.237)^3 = 20.9\text{kg}$$

Званично решење превео и коментарисао

Стошић Марко, ученик III разреда Математичке гимназије Београд

57

РЕШЕЊА ОДАБРАНИХ ЗАДАТАКА ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНЕ ШКОЛЕ

6. РАЗРЕД

1. *Задатак*

Подаци: $s_{AB} = 1$ km; $t_1 = 22$ min; $s_{CD} = 1$ km; $t' = 12$ min = 0,2 h; $v_1 = 20$ km/h (брзина Ђорђа); $v_2 = 10$ km/h (брзина Милана); t – ?

Време поправке бицикла – t је једнако разлици времена које је Ђорђе провео од почетка до краја стазе и времена за које би стазу прешао

Слика

без прекида вожње:

$t = t_1 - t_{AD}$ (1)

непознато је t_{AD}. Из закона пута који прелази Милан следи:

$s_{BC} = v_2 t' = 10$ km/h $\cdot$ 0,2 h = 2 km (2)

$s_{AD} = s_{AB} + s_{BC} + s_{CD} = 4$ km (3)

Из (2) и (3) следи:

$t_{AD} = s_{AD}/v_1 = 4$ km / 20 km/h = 0,2 h = 12 min

Сменом у (1) добија се:

$t = 22$ min – 12 min = 10 min

2. *Задатак*

Средња брзина је:

$v_s = (s_1 + s_2)/(t_1 + t_2)$ одакле је:

$s_1 = v_s(t_1 + t_2) - s_2 = 80$ m

Тражена брзина је:

$v_1 = s_1/t_1 = 16$ m/s

3. *Задатак*

Подаци: $t_1 = 3{,}5$ h; $t_2 = t_1 + 7$ min; v_1 – брзина хидроглисера; v_2 – брзина воде Дунава; v_1/v_2 – ?

$v' = v_1 + v_2$ (брзина низводно) (1)

$v'' = v_1 - v_2$ (брзина узводно) (2)

Из (1) и (2) налази се $v_2 = v' - v_1$ као и $v_2 = v_1 - v''$, одакле следи да је: $v' - v_1 = v_1 - v''$, односно да је: $v_1 = (v' + v'')/2$ (3)

Како је $v_2 = v' - v_1$, сменом v_1 из (3) добија се: $v_2 = v' - (v' + v'')/2$ односно $v_2 = (v' - v'')/2$.

Према томе, однос брзина биће:

$v_1/v_2 = (v' + v'')/(v' - v'')$

Како је $v' = s/t_1$ и $v'' = s/t_2$ имамо да је:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{s}{t_1} + \frac{s}{t_2}}{\frac{s}{t_1} - \frac{s}{t_2}} = \frac{s\left(\frac{t_1 + t_2}{t_1 t_2}\right)}{s\left(\frac{t_2 - t_1}{t_1 t_2}\right)} = \frac{t_1 + t_2}{t_2 - t_1} = 61$$

7. РАЗРЕД

1. *Задатак*

Подаци: $v_0 = 20$ m/s; $a = 0{,}5$ m/s^2; $s = 225$ m; v – ?; t – ?

Из закона пута $s = v_0 t + a t^2/2$ и закона брзине $v = v_0 + at$ елиминацијом времена t добија се:

$v = \sqrt{v_o^2 - 2as}$. Према томе:

$v = \sqrt{(20m/s)^2 + 2 \cdot 0{,}5m/s^2 \cdot 225m} = 25m/s$, а

$t = (v - v_0)/a = 10$ s

2. *Задатак*

Подаци: $v_1 = 50$ m/s; $a = 12$ m/s^2; $t = 3$ s; v_s - ?

$v_s = s_u/t_u$

Како је $s_u = v_1 t - at^2/2$, а $t_u = t$, имамо да је:

$v_s = (v_1 t - at^2/2)/t$ односно:

$v_s = v_1 - at/2 = 50$ m/s – (12 m/s$^2 \cdot$ 3 s)/2 = 32 m/s

3. *Задатак*

Сила Земљине теже је за све случајеве:

$F = mg = 19{,}62$ N = const.

Тежине тела су:

а) $Q = m(g - a_1) = 9{,}62$ N

б) $Q = m(g + a_2) = 33{,}62$ N

в) $Q = m(g - a_3) = 0$

(Тело нема тежину кад слободно пада).

8. РАЗРЕД

1. *Задатак*

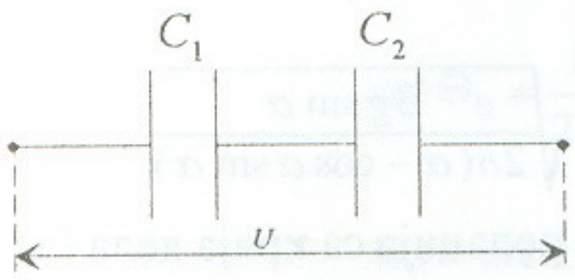
Кулонова сила, пре додира куглица, је:

$F_1 = k(q_1 q_2)/r^2$

После додира свака куглица има наелектрисање $(q_1 + q_2)/2$, па је тада Кулонова сила:

$F_{II} = \dfrac{k\left(\dfrac{q_1 + q_2}{2}\right)^2}{r^2}$ Однос сила је: $\dfrac{F_I}{F_{II}} = \dfrac{4(q_1 q_2)}{(q_1 + q_2)^2}$

2. *Задатак*



Напон батерије је $U = Q/c_e$ одакле је $Q = U c_e$. Напон на првом кондензатору је $U_1 = Q/c_1$. Сменом Q имамо да је:

$U_1 = U c_e/c_1$. Како је еквивалентни капацитет $c_e = (c_1 c_2)/(c_1 + c_2) = 4\ (\mu F)^2/5\ \mu F = 0{,}8\ \mu F$, онда је:

$U_1 = 450$ V $\cdot$ 0,8 μF/1 μF = 360 V

Напон на другом кондензатору је:

$U_2 = U c_e/c_2 = 450$ V $\cdot$ 0,8 μF/4 μF = 90 V

Дискусија: Пад напона је већи на кондензатору већег капацитета. Ако се кондензатори

споје паралелно напон, на њиховим крајевима је једнак.

3. *Задатак*

Подаци: $\varepsilon_1 = 1{,}5$ V; $r_1 = 3\ \Omega$; $\varepsilon_2 = 1{,}8$ V; $r_2 = 3{,}5\ \Omega$; $R = 4\ \Omega$;

а) I - ?;

б) U - ?;

в) U_1 - ?; U_2 - ?

а) $I = \varepsilon_U / R_U$ (где је ε_U - укупна електромоторна сила, а R_U - укупни отпор кола). Како је:

$\varepsilon_U = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 3{,}3$ V, а $R_U = r_1 + r_2 + R = 10{,}5\ \Omega$, онда је:

$I = 3{,}3$ V/ $10{,}5\ \Omega \approx 0{,}31$ A

б) Напон на половима батерије је:

$U = RI \approx 1{,}24$ V

в) Напони на појединим галванским елементима су:

$U_1 = \varepsilon_1 - r_1 I \approx 0{,}57$ V

$U_2 = \varepsilon_2 - r_2 I \approx 0{,}70$ V

Задатке одабрао и решио

Томислав Сепћански

ОДАБРАНИ ЗАДАЦИ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНЕ ШКОЛЕ

6. РАЗРЕД

1. Из места А ка месту В, које је од места А удаљено 38 km, у 10 часова и 30 минута пошао је бициклиста, крећући се брзином 8 km/h. Следећег дана у 13 часова он је кренуо обрнутим смером (из места В ка месту А) брзином 10 km/h. И првог и другог дана он је прешао преко моста који се налазио на том путу, у исто време. Одредити време проласка бициклисте преко моста.
2. Дрвени квадар, чија је основа облика квадрата, странице a, има масу 0,4 kg. Колика ће бити маса квадра ако му се висина повећа два пута, а свака страница квадрата смањи два пута?
3. Комад мермера тежак је у алкохолу 380 N.Одредити тежину мермера у ваздуху, ако је густина мермера 2700 kg/m^3, алкохола 800 kg/m^3, а ваздуха 1,29 kg/m^3.

7. РАЗРЕД

1. Тело масе 3kg креће се вертикално наниже убрзањем 12 m/s^2. Колика је сила, која осим силе теже, делује на ово тело?
2. Клатно има дужину 1m. Колику почетну брзину треба да има клатно да би се оно отклонило до висине на којој се налази његова тачка вешања?
3. Тело је пало са висине од 240 m и зарило се у песак 0,2 m дубоко. Одредити средњу силу отпора песка ако је тело масе 1kg, почело падати брзином 14 m/s. Отпор ваздуха занемарити.

8. РАЗРЕД

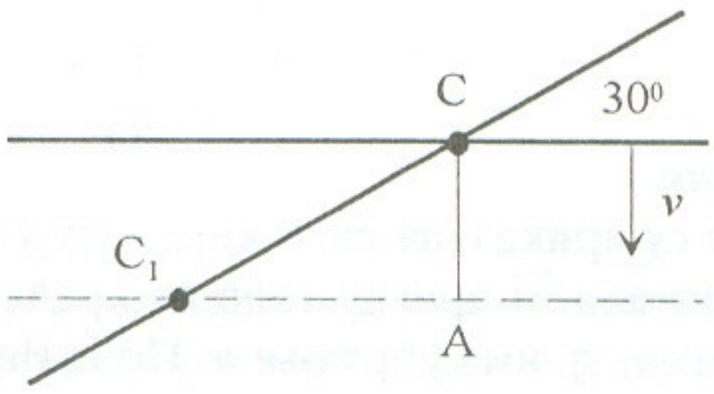
1. У електрично коло везана су серијски три потрошача. Напон на крајевима другог потрошача два пута је виши од напона на првом, а напон на трећем потрошачу 1,5 пута је виши од напона на другом потрошачу.
   У ком потрошачу струја изврши највећи рад за исто време?
2. Четири отпорника од 1 Ω, 2 Ω, 3 Ω и 4 Ω спојена су тако да је њихов укупан отпор 1 Ω. Колика је снага потрошача (отпорника) чији је је отпор 2Ω ако кроз отпорник од 3 Ω тече струја јачине 3 A?
3. Електрична дизалица подигне тело м+асе 1,2 t за 42,5 s на висину од 22 m. Мотор дизалице је прикључен на напон од 220 V. Колика је јачина струје ако је коефицијент корисног дејства 80%?

РЕШЕЊА ОДАБРАНИХ ЗАДАТАКА ЗА УЧЕНИКЕ СРЕДЊИХ ШКОЛА

1. РАЗРЕД

1. *Задатак*

На слици су пуним линијама приказани положаји оба штапа у једном тренутку, а испрекиданом линијом положај покретног штапа након неког временског интервала Δt. Ако је брзина пресечне тачке штапова u, тада је CA = $v\ \Delta t$ и $CC_1 = u\ \Delta t$. У правоуглом троуглу CAC_1 страница CA је наспрам угла од 30°, па је $CC_1 = 2CA$. Следи: $u = 2v$.



2. *Задатак*

Ако је укупно време падања t, тада је:

$$h = \frac{1}{2}gt^2, h_1 = \frac{1}{2}g\left(\frac{t}{3}\right)^2 = \frac{1}{9}h$$

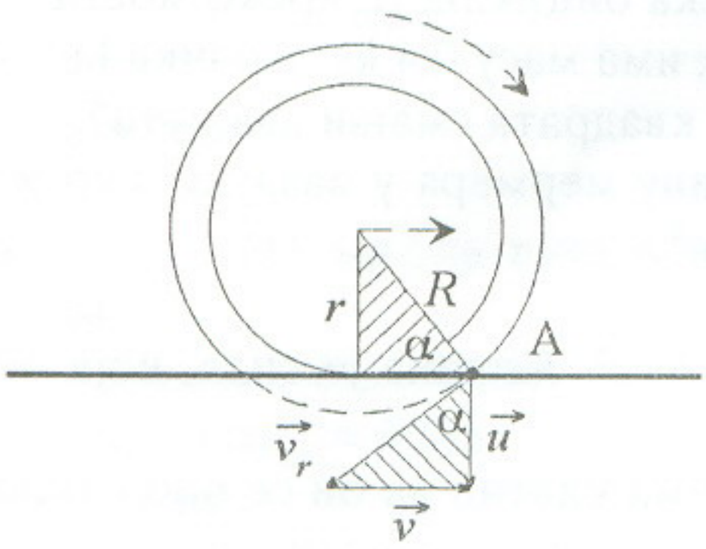
и

$$h_1 + h_2 = \frac{1}{2}g\left(\frac{2}{3}t\right)^2 = \frac{4}{9}h.$$

Следи:

h_1=30 m, h_2=4h/9 - h_1=90 m, h_3=h-h_1-h_2=150 m.

3. *Задатак*



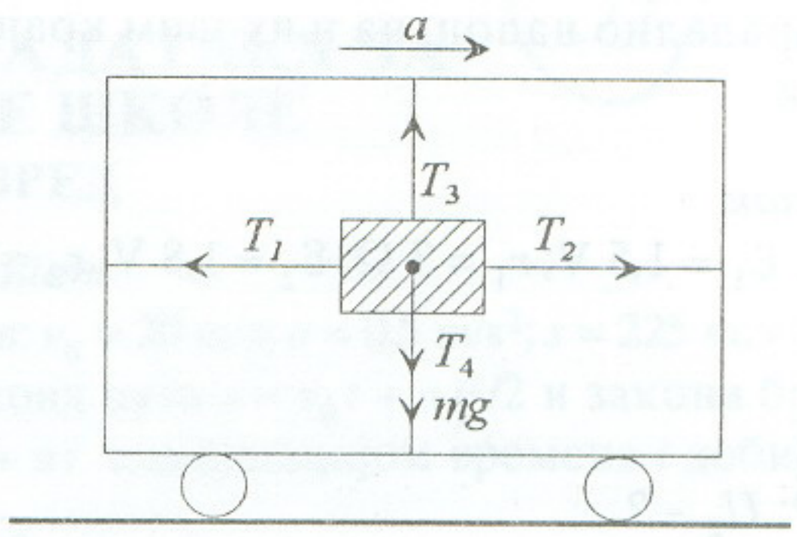
Котрљање је кретање сложено из транслације целог точка и ротације точка око своје осе. Стога је тренутна брзина ($\vec{u}$) тачке А на точку једнака векторском збиру брзине транслације $\vec{v}$ (тј. брзине којом се креће центар точка) и периферијске брзине ротације $\vec{v}_r$. При томе се зна да вектор $\vec{v}$ има правац паралелан са шинама; да је вектор $\vec{v}_r$ у правцу тангенте на точак у тачки А и да је $\vec{v} + \vec{v}_r = \vec{u}$. Сва та три услова испуњена су само ако су вектори $\vec{v}_r$ и $\vec{v}$ усмерени као што је приказано на слици. Дакле, точак се креће удесно. Из сличности шрафираних троуглова следи:

$$\frac{v}{u} = \frac{r}{\sqrt{R^2 - r^2}} = 1, \text{тј.}\, v = u = 5\frac{m}{s}$$

4. *Задатак*

На слици су приказане силе које делују на тело. У хоризонталном правцу тело се креће заједно са колицима, тј. има убрзање a. По II Њутновом закону механике је:

$$ma = T_2 - T_1 \qquad (1)$$



У вертикалном правцу тело се не креће, па је:

$$T_3 - T_4 - mg = 0 \text{ , тј. } mg = T_3 - T_4 \qquad (2)$$

Дељењем једначина (1) и (2) добија се:

$$\frac{a}{g} = \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_4} \Rightarrow a = g\frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_4}.$$

Задатке одабрала и решила
Наташа Чалуковић

2. РАЗРЕД

1. *Задатак*

Електромоторна сила извора је:

$$E = 20 \text{ V}.$$

Примедба: Податак дат у формулацији задатка да је "унутрашњи отпор извора EMS (r) сразмеран отпору волтаметра" (R) треба схватити као да је r упоредиво по величини са R, а не да је r пропорционално са R.

2. *Задатак*

$R = 10^{-1}$ m	$q_1 = 10^{-5}$ C
r =10 m	$1/4\pi\varepsilon_0 = 9\cdot 10^9$ Nm^2/c^2

ΔE - ?

Пре додира прва кугла има сопствену енергију:

$$E_1 = \frac{q_1^2}{2C},$$

где је капацитет кугле $C = 4\pi\varepsilon_0 R \Rightarrow$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_1^2}{2R}.$$

После додира настаје прерасподела наелектрисања: $q' = q_1/2$ и $q' = q_1/2$ (исти потенцијал и исти полупречници).

Укупна енергија тела после раздвајања је једнака збиру сопствене енергије сваке кугле и енергије узајамног деловања:

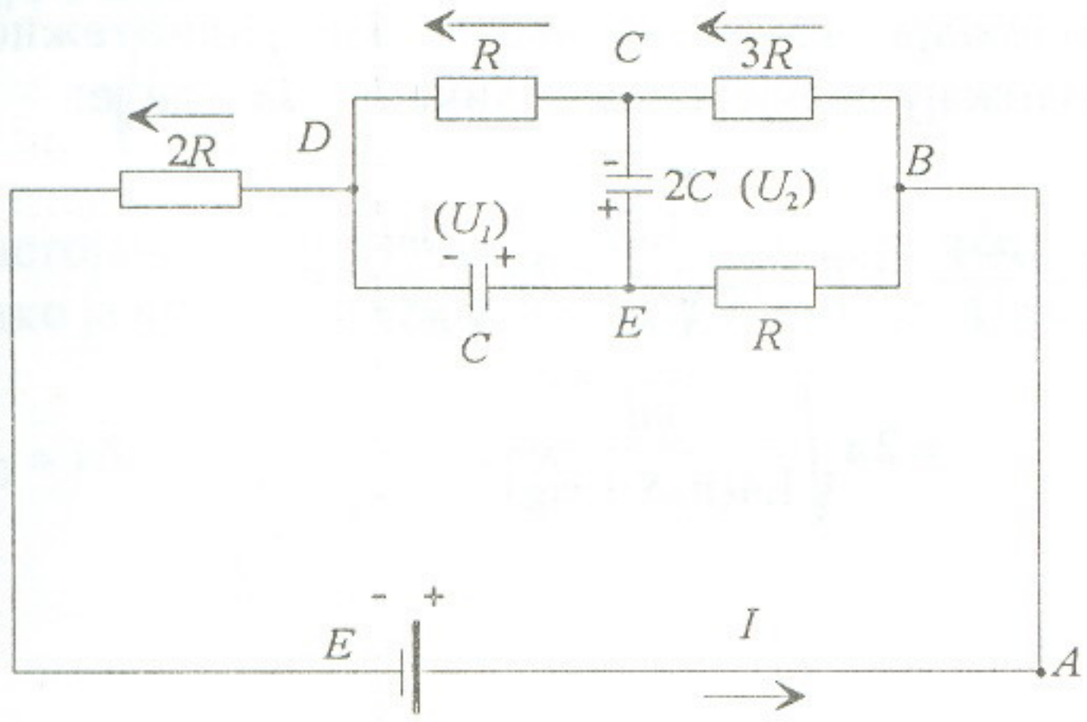
$$E_2 = 2\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\left(\frac{q_1}{2}\right)^2}{2R}+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_1^2}{4r}.$$

Промена ен ергије $\Delta E = E_2 - E_1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta E = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_1^2}{4}\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{r}\right) \Rightarrow \Delta E = -2{,}23\ \text{J}$$

(Знак – значи да се енергија смањује.)

3. *Задатак*



Док се кондензатори пуне, кроз њих протиче струја промењивог интензитета (нестационарни режим). Када се они напуне, јачина струје кроз кондензаторе је нула (стационарни режим), али напони на кондензаторима имају одређене вредности.

На основу II Киркофовог правила следи:

Контура $ABCDA$: $E = I(3R + R + 2R) \Rightarrow$

$I = E/6R$ (1)

Контура $ECDE$: $U_1 - U_2 = IR \Rightarrow U_1 - U_2 = E/6$ (2)

Контура $CEBC$: $U_2 = I\cdot 3R \Rightarrow U_2 = E/2$ (3)

Сменом (2) у (3) добијамо $U_1 = 2E/3$

4. *Задатак*

Подаци:

$d = 4{,}8\cdot 10^{-3}$ m

$m = 10^{-14}$ kg

$g = 9{,}81$ m/s^2

$U = 10^3$ V

а) q – ?

б) $q = 1{,}98\cdot 10^{-6}$ C

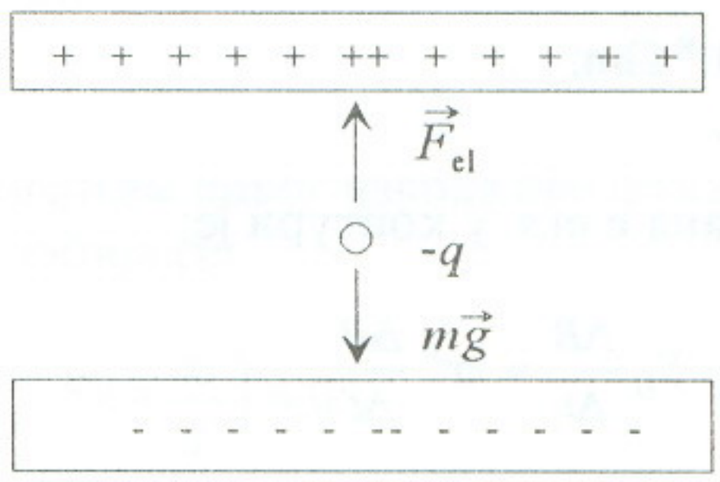
а)

Услов равнотеже:

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\vec{F}_g + \vec{F}_{el} = 0 \Rightarrow$$

$$\left.\begin{array}{l} mg = \vec{F}_{el} \\ \vec{F}_{el} = |q|\cdot\dfrac{U}{d} \end{array}\right\} \Rightarrow |q| = \frac{mgd}{U} = 4{,}7\cdot 10^{-19}\ \text{C}$$



б) Након озрачивања честица се убрзано креће надоле, тј. у смеру деловања гравитационе силе. Тада важи:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + q_1\vec{E} \text{ односно } mg + F_{el} = ma \Rightarrow$$

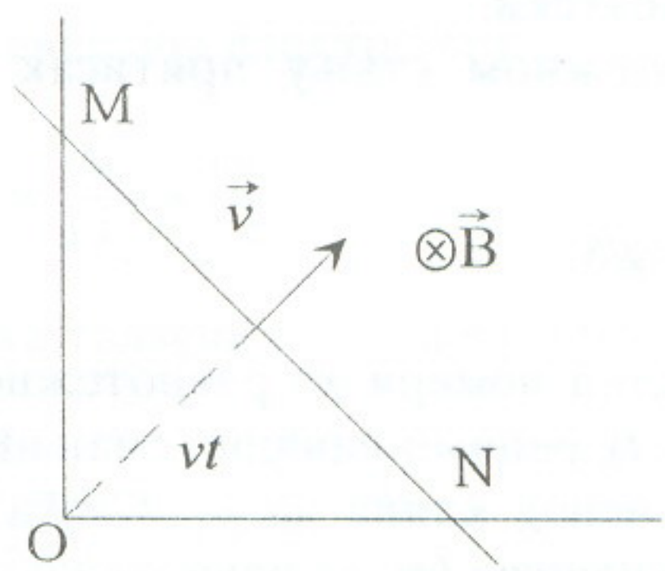
$$a = \frac{mg + q_1U/d}{m} \Rightarrow a = g + \frac{q_1U}{md} \Rightarrow a = 13{,}81\ m/s^2$$

Задатке одабрала и решила

Ратомирка Милер

3. РАЗРЕД

1. *Задатак*



Како је угао између вектора $\vec{v}$ и $\vec{B}$ прав, то је тренутна вредност индуковане е.м.с. у контури:

$\varepsilon = Blv$,

где је l дужина дела покретног проводника

између тачака M и N. Висина једнакокракогц правоуглог троугла MON је vt, па је

$l = 2vt.$

Следи:

$\varepsilon_i = B2vtv = 2Bv^2t.$

2. *Задатак*

$d = 2$ mm $= 2\cdot10^{-3}$ m
$r = 10$ cm $= 10^{-1}$ m
$I = 5$ A
$\rho = 1{,}7\cdot10^{-8}\ \Omega$m;
$\Delta B/\Delta t = ?$.

Индукована e.m.s. у контури је:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = S_0\frac{\Delta B}{\Delta t} = \pi r^2\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

Јачина струје која тече кроз контуру је:

$$I = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{\varepsilon_i}{\rho\frac{l}{S}}, \text{где је } l = 2\pi r \text{ и } S = \frac{\pi d^2}{4}$$

Следи:

$$I = \frac{\varepsilon_i d^2}{8r\rho} = \frac{\pi r d^2}{8\rho}\cdot\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

Одатле се налази:

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{8I\rho}{\pi r d^2} = 0{,}54T/s$$

3. *Задатак*

Дато: p_o, s, l, $\gamma = 1{,}4$ (двоатомски гас); (грешком је испуштен податак да је маса клипа m.)
Тражи се: период малих осцилација ако је процес адијабатски.
У равнотежном стању притисак гаса испод клипа је:

$p = p_o + mg/S.$

Ако се клип помери из равнотежног положаја за x ($x << l$), рецимо навише, смањиће се притисак гаса испод клипа на p_1. Стога ће на клип деловати наниже (тј. ка равнотежном положају) сила:

$F = (p_0 - p_1)S + mg = (p - p_1)S.$

Притисак p_1 се може добити из једначине адијабатског процеса:

$$pV^\gamma = p_1V_1^\gamma \Rightarrow pl^\gamma = p_1(l+x)^\gamma \Rightarrow p = p_1\left(\frac{l+x}{l}\right)^\gamma =$$

$$= p_1\left(1+\frac{x}{l}\right)^\gamma \Rightarrow p_1 = p\left(1+\frac{x}{l}\right)^{-\gamma}.$$

Користећи приближну формулу дату у задатку добија се:

$$p_1 = p\left(1-\gamma\frac{x}{l}\right).$$

Следи:

$$F = (p - p_1)S = \frac{pS\gamma}{l}x.$$

Дакле, ако се клип изведе из равнотежног положаја за x, на њега, ка равнотежном положају делује, сила облика $F = kx$, где је:

$$k = \frac{pS\gamma}{l} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{ml}{pS\gamma}} =$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{ml}{1{,}4(p_0S + mg)}}.$$

4. *Задатак*

По цилиндричној површини тело осцилује аналогно математичком клатну чија је дужина једнака полупречнику дате површине (реституциона сила је, као и код клатна, тангецијална компонента Земљине теже). Кружна учестаност кретања тела по левој цилиндричној површини је $\omega_1 = (g/r)^{1/2}$, а по десној $\omega_2 = (g/R)^{1/2}$. Нека је x_{01} максимални отклон тела улево, а x_{02} је максимални отклон удесно. Када тело пролази кроз најнижу тачку, крећући се улево, његова брзина је:

$v_0 = x_{02}\omega_2.$

Када се тело креће у супротном смеру, његова је брзина, у најнижој тачки иста, али се тада може написати у облику: $v_0 = x_{01}\omega_1$. Следи: $x_{01}\omega_1 = x_{02}\omega_2$, тј.

$$\frac{x_{01}}{x_{02}} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{\frac{r}{R}}.$$

4. РАЗРЕД

1. *Задатак*

$v_1 = v_2 = v = 3c/4$

$\Delta t_1 = 50$ ns

$l_0 = ?$

Догађаји "пад честица на мету" у лабораторијском референтном систему дешавају се на истом месту. Дакле, временски интервал $\Delta t_1 = 50$ ns одговара тзв. сопственом времену између датих догађаја. У референтном систему, који се креће брзином v (и у којем честице мирују, а мета се креће), временски интервал између истих догађаја је:

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta t_1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Растојање између честица у том систему једнако је путу који пређе мета за време Δt_2. Дакле:

$$l_0 = v\Delta t_2 = \frac{v\Delta t_1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = 17m.$$

2. *Задатак*

Из закона одржања енергије

$(Mc^2 = m_1c^2 + T_1 + m_2c^2 + T_2)$

и закона одржања импулса

$$0 = \frac{1}{c}\sqrt{T_1(T_1+2m_1c^2)} - \frac{1}{c}\sqrt{T_2(T_2+2m_2c^2)}$$

добија се:

$$T_1 = \frac{\left[(M-m_1)^2 - m_2^2\right]c^2}{2M};$$

$$T_2 = \frac{\left[(M-m_2)^2 - m_1^2\right]c^2}{2M}.$$

3. *Задатак*

Густина енергије зрачења, која се односи на интервал фреквенција [ν, ν + dν], емитована са јединице површине у јединици времена је: $W = E_{\nu,T}d\nu$. Иста густина енергије може се представити и преко одговарајућег интервала таласних дужина: $W = E_{\lambda,T}d\lambda$. Дакле: $E_{\nu,T}d\nu = E_{\lambda,T}d\lambda$. Диференцирањем израза $\nu = c/\lambda$ добија се $d\nu = -c/\lambda^2 d\lambda$, где негативни предзнак само показује да се са повећањем фреквенције смањује таласна дужина. Следи:

$$E_{\lambda,T}d\lambda = A\left(\frac{c}{\lambda}\right)^3 e^{-\frac{ac}{\lambda T}}\frac{c}{\lambda^2}d\lambda,$$

односно:

$$E_{\lambda,T} = A\frac{c^4}{\lambda^5}e^{-\frac{ac}{\lambda T}}.$$

Изједначавањем првог извода ове функције по λ са нулом добија се:

$$\frac{Ac^4}{\lambda^7}e^{-\frac{ac}{\lambda T}}\left(-5\lambda + \frac{ac}{T}\right) = 0.$$

следи:

$$\lambda = \frac{ac}{5T} = 1{,}44\cdot 10^{-6}\,\mathrm{m}.$$

4. *Задатак*

Минималној деброљевској таласној дужини електрона одговара максимални импулс. Електрон има максимални импулс када се фотон расеје под углом 180°. Из релација:

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{mc^2}{2} \text{ и } \lambda' = \lambda + 2\lambda_c$$

добија се:

$$\lambda = 2\frac{h}{mc} = 2\lambda_c \text{ и } \lambda' = 4\lambda_c.$$

Кинетичка енергија електрона је:

$$T = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = \frac{hc}{4\lambda_c} = \frac{mc^2}{4}.$$

Деброљевска таласна дужина електрона је:

$$\lambda_e = \frac{hc}{\sqrt{T(T+2mc^2)}} = \frac{2\sqrt{10}}{5}\lambda_c.$$

Задатке одабрала и решила

Наташа Чалуковић

РЕШЕЊА ЗАДАТАКА ИЗ АСТРОНОМИЈЕ

1. *Задатак*

Период математичког клатна:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g_0}} \qquad (1)$$

l_1 - дужина клатна, g_0 – гравитационо убрзање на површини Земље.

Из (1) следи:

$$g_0 = \frac{4\pi^2 h}{T_0^2}$$

Према услову задатка, период клатна у кабини дела брода веће масе $T = T_0/2$. Према томе:

$$g = g_0/4 \qquad (2)$$

Ако са r_1 и r_2 означимо растојања тих делова брода од центра масе, а важи да је $r_1 + r_2 = l$, применом релације за положај центра масе следи:

$$\frac{m_2}{m1} = \frac{r_1}{r_2} \Rightarrow \qquad (3)$$

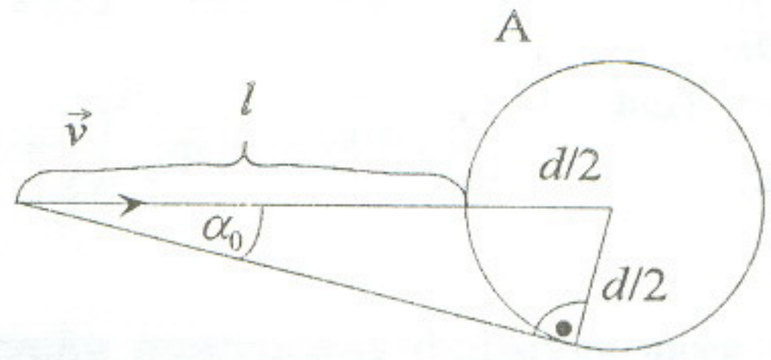
$$r_2 = 0{,}5 \cdot r_1 \Rightarrow r_2 = l/3 \qquad (4)$$

На основу (2) следи:

$$g = \frac{4\pi^2 r_2}{T^2} \Rightarrow T = 4\pi\sqrt{\frac{l}{3g_0}}$$

2. *Задатак*

У астрономији се користи величина коју називамо угаоним полуречником, а то је угао под којим се види полупречник неког небеског тела са Земље (у овом случају са космичког брода).



Ако је угаони полупречник астероида α_0, онда са слике видимо да је:

$$\sin\alpha_0 = \frac{d/2}{d/2 + l} \Rightarrow \sin\alpha_0 = 0{,}2917 \Rightarrow$$

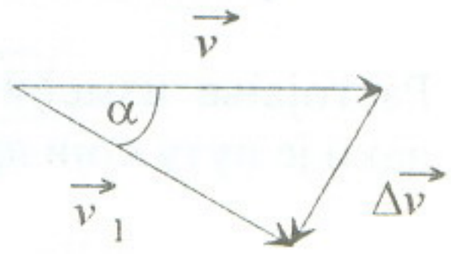
$$\alpha_0 = 16^o 57' 27''$$

Са векторског приказа брзина (брзина брода је $\vec{v}$, прираштај брзине $\Delta\vec{v}$ и нова брзина $\vec{v}_1$), добићем минимални угао промене правца, смера и интензитета брзине:

$$\vec{v} + \Delta\vec{v} = \vec{v}_1$$

$$\sin\alpha = \Delta v / v \qquad \sin\alpha = 0{,}3$$

$$\alpha = 17^o 27' 27''$$



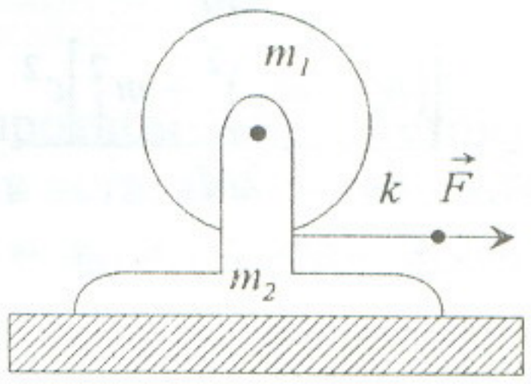
Одавде се види да до судара неби дошло, астронаут мора да промени курс за угао $\alpha_1 > \alpha_0$, а не само интензитет брзине.

Задатке одабрала и решила
Ратомирка Милер

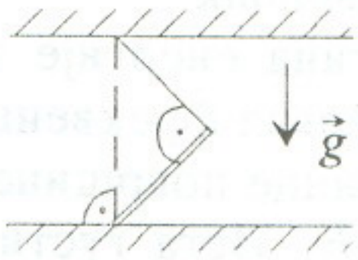
ОДАБРАНИ ЗАДАЦИ ЗА УЧЕНИКЕ СРЕДЊИХ ШКОЛА

1. РАЗРЕД

1. Дуж исте праве крећу се равномерно успорено два тела, једно према другом. Интезитети њихових убрзања су a_1 и a_2. У једном тренутку брзине тела су v_1 и v_2. Колико треба да је растојање међу телима у том тренутку, да би се она током даљег кретања срела?
2. Припремајући се за скок, кобра се извија вертикално навише сталном брзином v. Наћи силу притиска кобре на тло, сматрајући да је њена маса m равномерно распоређена по дужини l.
3. Ваљак масе m_1 може да ротира без трења око хоризонталне осовине учвршћене на постоље масе m_2. Преко ваљка намотана је лака неистегљива нит чији се крај вуче силом F, као на слици. Наћи убрзање тачке K ако нит не проклизава преко ваљка и ако је трење између постоља и подлоге занемарљиво.



4. Између две непокретне хоризонталне плоче налази се хомогени штап. Један крај штапа везан је неистегљивом лаком нити за горњу плочу, а други се ослања о доњу. У положају приказаном на слици штап је у равнотежи. При којим вредностима коефицијента трења је то могуће? Дужине нити и штапа су једнаке, а угао између њих је прав.

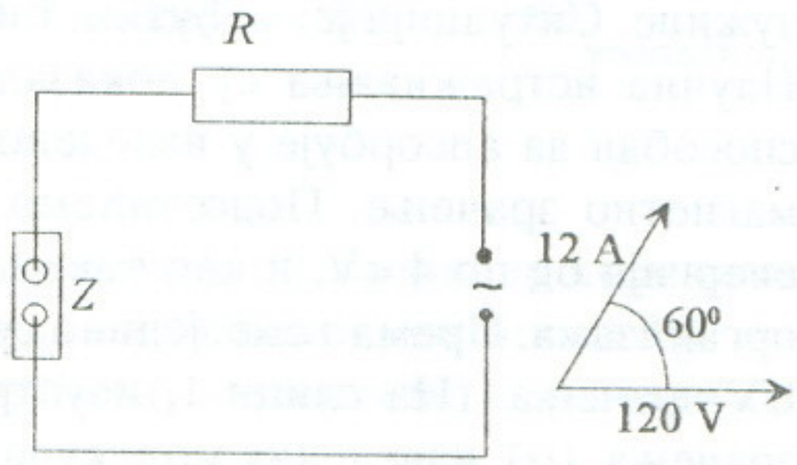


2. РАЗРЕД

1. Из црева које лежи на земљи избија млаз воде брзином 10 m/s под углом 45° према хоризонту. Површина излазног отвора црева је 5 cm². Колика је маса воде која се налази у ваздуху? Отпор ваздуха је занемарљив.
2. У вертикалном цилиндричном суду, под лаким покретним клипом, налази се 18 g засићене водене паре. Површина попречног пресека суда је 100 cm². За колико ће се спустити клип, ако се у простору испод њега распрши 18 g воде температуре 0 °C? Атмосферски притисак је нормалан. Специфични топлотни капацитет воде је 4,18 KJ/kgK, а топлота испаравања је 2,26 MJ/kg. Топлотни капацитет суда и клипа, као и трење, занемарљиви су.
3. Колику потенцијалну енергију деформације поседује запремина 1 m³ воде океана густине 1000 kg/m³ на дубини 10 km, ако је запремински модул еластичности воде $E_v = 1{,}96 \cdot 10^9$ N/m²?
4. Сијалица има влакно од волфрама дужине 20 cm. Јачина електричне струје кроз влакно је 0,4 A, а јачина електричног поља у влакну на температури 1800°C износи 560 V/m. Наћи полупречник и отпор влакна на тој температури, ако је специфични отпор волфрама $4{,}56 \cdot 10^{-8}$ Ωm (на 0 °C), а термички коефицијент отпора $4{,}8 \cdot 10^{-3}$ 1/°C. Занемарити топлотно ширење влакна.

3. РАЗРЕД

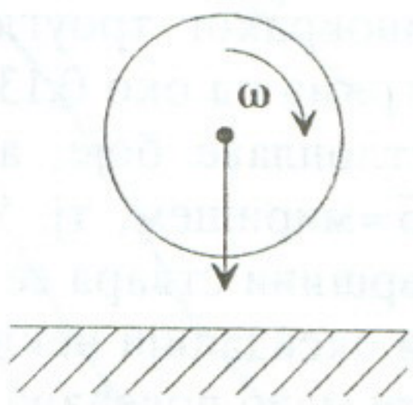
1. На векторском дијаграму приказани су фазори јачине струје и напона на потрошачу Z (слика). Одредити амплитуду е.м.с. извора, ако је $R = 10$ Ω.



2. Температура ваздуха на површини Земље је T_o. Наћи време за које звук стигне са Земље до висине h, ако је температура ваздуха на тој висини T. Сматрати да температура ваздуха опада линеарно са висином.
3. Уски сноп беле светлости пада нормално на бочну страну призме која се налази у ваздуху. Паралелно другој бочној страни, на растојању 10 cm, постављен је заклон. Угао између бочних страна призме је 10°. Колико ће бити растојање између црвеног и љубичастог трага на заклону, ако је индекс преламања призме за црвену светлост 1,73, а за љубичасту 1,82?
4. Монохроматска светлост таласне дужине 480 nm пада на танак слој уља дебљине $2{,}4 \cdot 10^{-6}$ m и индекса преламања 1,5. Ако је са друге стране уља оптички гушћа средина, наћи под којим углом треба да пада светлост на уље, да би се у рефлектованој светлости појавио интерференциони максимум тринаестог реда.

4. РАЗРЕД

1. Хомогени диск полупречника 5 cm, који ротира око своје осе (слика) угаоном брзином 60 rad/s, пада у вертикалном правцу на хоризонталну подлогу и одбија се од ње. Одредити брзину диска непосредно након одбијања, ако је познато да њен правац заклапа 60° са хоризонтом и да диск више не ротира.



2. У центру хомогеног диелектричног сферног слоја унутрашњег полупречника 25 cm и спољашњег 50 cm налази се тачкасто наелектрисање 3 μC. Наћи енергију електричног поља у диелектрику, ако је његова релативна диелектрична пропустљивост 3.
3. Протон који лети брзином $4{,}6 \cdot 10^4$ m/s, судара се са непобуђеним атомом хелијума који мирује. Након судара атом је у побуђеном стању, а протон се креће у супротном смеру од првобитног и има дупло мању брзину него пре судара. Наћи таласну дужину фотона који ће емитовати хелијумов атом. Маса протона је $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg, а атома $6{,}64 \cdot 10^{-27}$ kg.
4. Стање микрочестице у једнодимензионој бесконачно дубокој правоугаоној потенцијалној јами описује се функцијом $\psi(x) = (2/l)^{1/2} \sin(2\pi x/l)$, где је l ширина јаме. Колика је вероватноћа налажења честице у средњој трећини јаме?

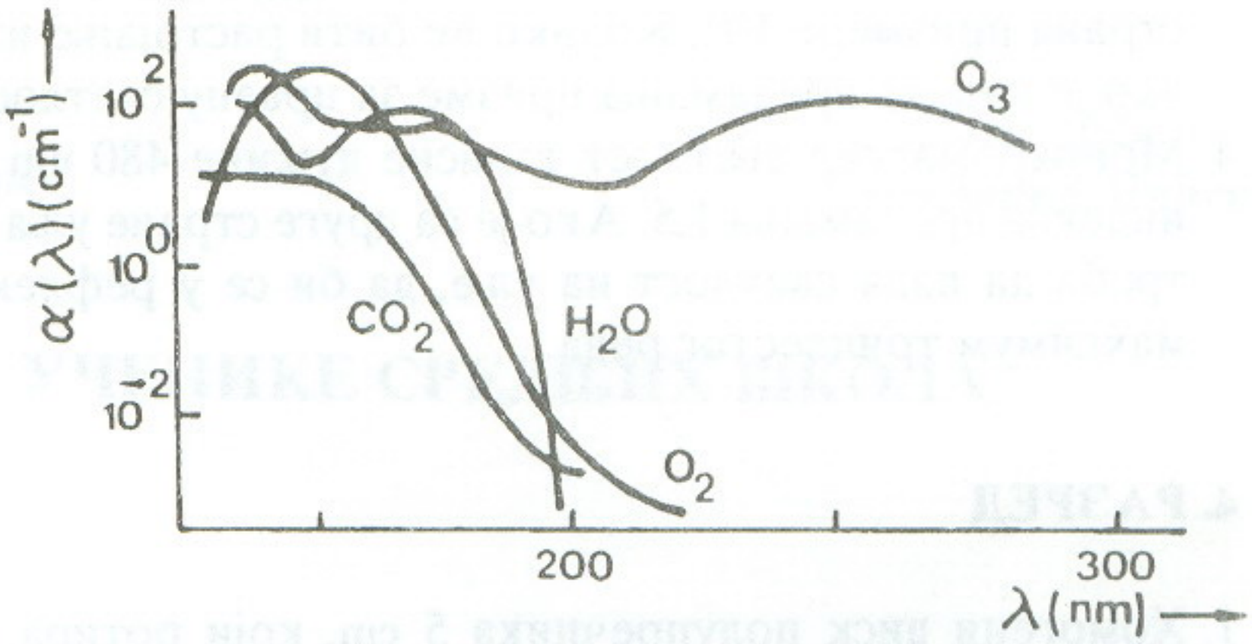
ФИЗИКА И ЕКОЛОГИЈА

ОЗОН, НАШ ЗАШТИТНИК ОД UV ЗРАЧЕЊА

Стеван Ђениже, Физички факултет, Београд

Слушајући дневне извештаје метеоролога о атмосферском притиску, температури и влажности ретко ко се сети питања везана за састав те атмосфере. А баш тај састав, који нам обезбеђује количину животу неопходних молекула кисеоника (O_2), постаје проблематичнији из дана у дан. Наиме, интензивно електромагнетно зрачење које нам стиже са Сунца, носи са собом и фотоне великих енергија способних за стварање нежељених хемијских процеса у ћелијама живих бића. Та област електромагнетног спектра позната је као ултра-љубичаста (ултра-виолетна; или тзв. UV-област) и покрива област таласних дужина испод 400 nm. Срећа је данашњих живих организама да се фотони из тог дела спектра задржавају, апсорбују, у деловима атмосфере па тако и не стижу до површине наше планете. Апсорпцију фотона таласних дужина мањих од 200 nm врше молекули чија структура (просторни распоред одговарајућих атома, тзв. грађа) дозвољава интеракцију између молекула и електромагнетног зрачења. То су, пре свега, молекули воде (H_2O), угљен диоксида (CO_2). кисеоника (O_2) и озона (O_3). С обзиром на то да водене паре и угљен диоксида, за сада, има у изобиљу у нашој атмосфери, можемо се сматрати заштићеним од UV фотона испод 200 nm таласне дужине. Ситуација је, међутим, битно другачија у области таласних дужина између 200 nm и 350 nm. Научна истраживања су показала да од молекула, који се налазе у атмосфери, једино је озон способан да апсорбује у наведеном интервалу таласних дужина врло интензивно Сучево електромагнетно зрачење. Подсетићемо се да фотони из тог интервала спектра представљају "пакете" енергија од по 4 eV, и као такви, способни су за изазивање хемијских реакција у ћелијама живих организама. Према томе, једино су молекули озона наши заштитници од тог дела, за живот разорног, UV зрачења. (На слици 1, илустрације ради, приказани су апсорпциони коефицијенти слабљења зрачења, (α), наведених молекула у атмосфери Земље у функцији од UV таласних дужина).

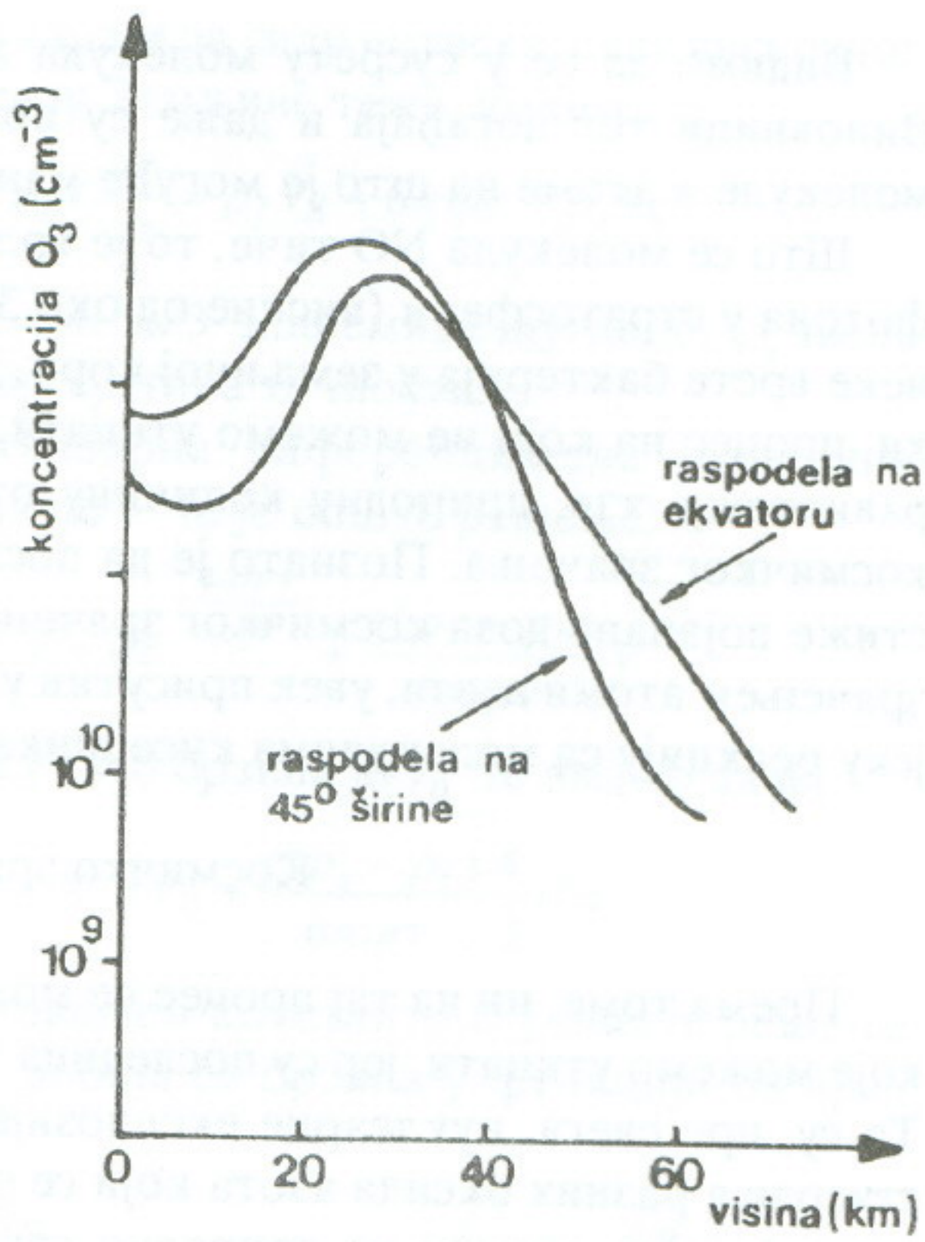
Према томе улога озона, као природног заштитника од штетног UV зрачења је незамењива. Већ и мало смањење броја молекула озона у атмосфери може изазвати врло штетне, чак и кобне, последице по здравље живих организама. Питања везана за стварање и разарање молекула озона, као и њихове просторне расподеле у оквиру атмосфере, постају нам од великог значаја.



Молекул озона је изграђен од три атома кисеоника (O_3) смештених у темена равнокраког троугла са растојањем међу језгрима од око 0,13 nm. У гасном стању је светлоплаве боје, а своје име на грчком ὀζō=миришем, тј. "миришљив", добио је због те своје, лако уочљиве, особине. На Земљиној површини ствара се при електричним пражњењима за време олуја, или других пражњења, као и при оксидацији неких органских материја. Тако ће у околини борових шума концентрација озона бити мало повећана због присуства смоле на дрвету, на морској обали, то је узроковано распадом алги избачених на обалу. Просечна количина озона у ваздуху, близу Земљине површине, веома је мала. Целокупна његова количина у атмосфери би одговарала слоју гаса у Земљиној атмосфери од око 3 mm дебљине при нормалним условима. Главна количина озона се налази на великим висинама од 10 до 30 km (стратосфера) где се ствара од атома кисеоника под утицајем фотона Сунчевог зрачења таласних дужина до 185 nm. Апсорпцијом таласних дужина у интервалу од 200 nm до 300 nm озон се разграђује. На тај начин у нашој атмосфери постоји динамичка равнотежа стварања и распадања молекула озона под дејством Сунчевог зрачења.

Истраживања су показала да је озон равномерно распоређен у атмосфери. Просечна концентрација зависи од географске ширине, годишњег доба (положај Земље у односу на Сунце) и од

надморске висине. Тако, на пример, на слици 2 је приказана зависност броја молекула озона у запремини од 1 cm^3 од надморске висине у атмосфери. Види се да се резултати изведених мерења на екватору и на 45° географске ширине северне Земљине полулопте (и то зими) међусобно разликују. Мерења везана за биолошку активност тзв. UV-B (290 nm - 320 nm) зрачења током једне године вршена су на различитим географским ширинама северне полулопте наше планете. Резултати тих мерења су показани на слици 3. Опажамо да је та активност, пре свега, промењива у току године. Највећа је у току летњих месеци (мај, јун, јул, август), а најмања је у зимским месецима (новембар, децембар, јануар, фебруар). Поред тога, изгледа да је испитивана биолошка активност највећа негде око 30° географске ширине. На екватору је та активност током целе године велика, али је нешто мања у летњим месецима. Наравно, промењљив међусобни положај Сунце-Земља један је од главних узрока такве периодичности. До великог пораста биолошке активности, међутим, долази и када се, из неких разлога, смањи тај заштитни озонски слој, тзв. озонски штит. Евентуално смањење тог штита са 3 mm на 2 mm дебљине на географској ширини од 45° (случај наше државе) знатно би допринео количини (дози) пропуштеног штетног UV-B зрачења. Резултати испитивања на таласној дужини од 300 nm у току године представљени су у табели 1 и показују велику промену интензитета зрачења са смањењем дебљине озонског штита.



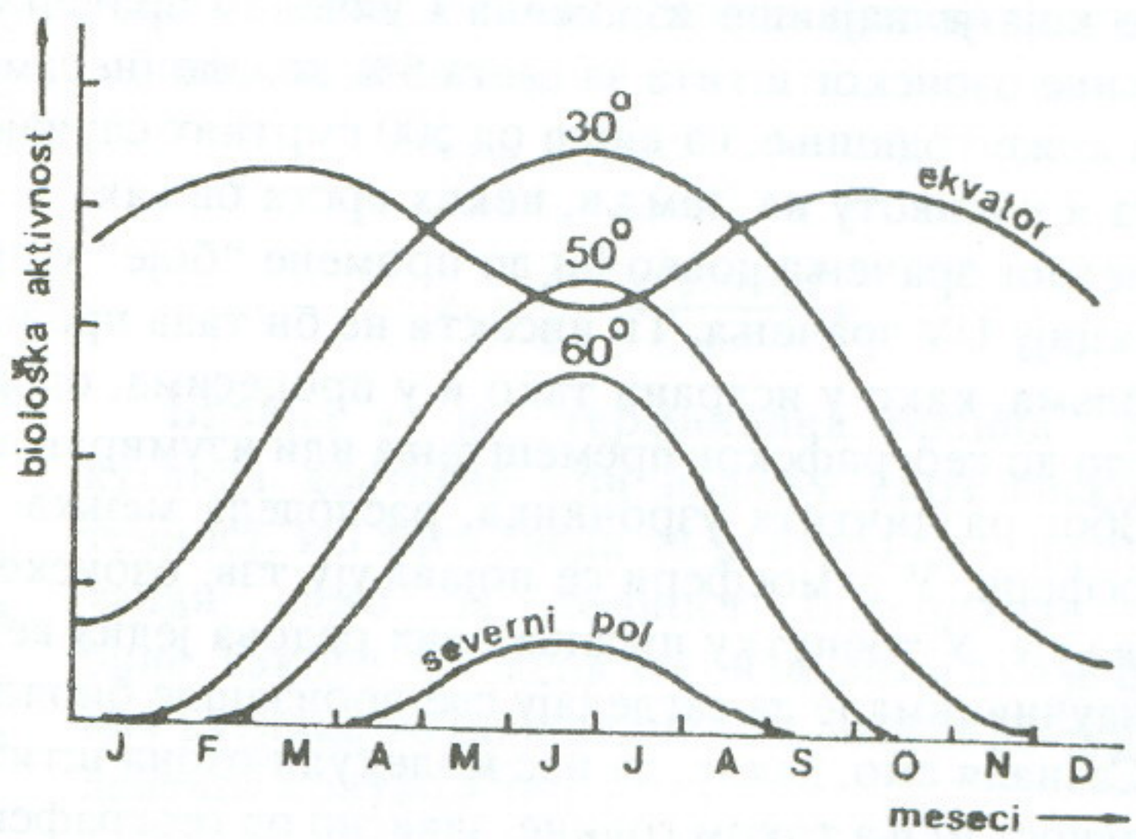
дебљина озонског штита

	3 mm				2 mm			
	март	јун	септ.	дец.	март	јун	септ.	дец.
интензитет зрачења (рел. јед.)	4	11	5	0,3	12	21	12	6

Табела 1

Из табеле се види да смањење дебљине тог штита за свега 33%, доводи до пораста дозе зрачења за неколико пута, која већ може представљати разарајућу дозу за неке молекуле живог организма.

Да бисмо спречили смањење дебљине озонског штита, морамо се упознати са ефектима, физичким и хемијским, процесима, који доводе до разарања молекула озона у атмосфери. Највећи непријатељи молекулу озона су азотмоноксид (NO) и атом хлора (Cl). Наиме, NO и Cl каталитички разарају O_3 и то по шемама:



$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

$$NO_2 + O \rightarrow NO + O_2$$

и

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$$

$$ClO + O \rightarrow Cl + O_2$$

Видимо да се у сусрету молекула азотмоноксида и атома хлора молекули озона разграђују. Виновници тог догађаја и даље су присутни и способни за даља разарања. Како, онда, свести молекуле и атоме на што је могуће мањи број у атмосфери?

Што се молекула NO тиче, то је врло тешко, јер се они стварају из молекула N_2O под дејством фотона у стратосфери (висине од око 30 km) наше атмосфере. Познато је, такође, да N_2O стварају неке врсте бактерија у земљиној кори. Дакле, стварање NO из N_2O је природан, биолошко-хемијски, процес на који не можемо утицати, а који уз процес стварања молекула озона битно утиче на равнотежу, тзв. природну количину озона у атмосфери. Молекули NO се стварају још и путем космичког зрачења. Познато је да после неке експлозије, супер-нове, негде у васиони, до Земље стиже појачана доза космичког зрачења (фотони врло велике енергије). У интеракцији са таквим зрачењем атоми азота, увек присутни у атмосфери, побуде се и у таквом стању (N^*) ступају у хемијску реакцију са молекулима кисеоника стварајући молекул NO и атом O по следећој шеми:

$$\text{Космичко зрачење} \rightarrow N \rightarrow N^* \; ; \quad N^* + O_2 \rightarrow NO + O$$

Према томе, ни на тај процес не можемо утицати. Међутим, постоје процеси у стварању NO, на које можемо утицати, јер су последица човековог учешћа у загађивању сопствене животне средине. То су, пре свега, нуклеарне експлозије. Познато је да приликом нуклеарне експлозије долази до стварања разних оксида азота који се затим разграђују до NO. Са овим вишковима молекула NO у атмосфери, у односу на природно створене, озбиљно се угрожава дебљина озонског штита. По научним проценама нуклеарне пробе извршене до 1965. године проузроковале су додатно смањење дебљине озонског штита за око 4%. Ако се зна да је карактеристично време регенерације равнотежне концентрације озона приближно 2,5 године, могу се само наслутити последице евентуалних нових нуклеарних проба. И летовима авиона кроз стратосферу ослобађа се велика количина молекула NO. Ипак, од процеса стварања молекула NO опаснији су они процеси који доводе до ослобађања атома Cl који је, такође, "велики непријатељ" молекула озона. Данас је веома добро познато да атоми хлора доспевају са фреоном 12 (CCL_2F_2) и фреоном 11 (CCL_3F) као врло распрострањеним индустријским гасовима у атмосферу. Због своје, за то погодне, конструкције (грађе) стижу до стратосфере где фотодисоцијацијом ослобађају своје атоме хлора који затим одмах започињу разградњу молекула озона. С обзиром на темпо њихове примене (спрејови, уређаји за хлађење) постоји велика опасност да ће ти молекули, кадтад, доспети у стратосферу и озбиљно угрозити дебљину озонског штита. А смањење дебљине тог штита, како смо већ видели, доводи до повећања количине штетног UV-B зрачења на површини Земље, односно, до нежељених биолошких последица. Од тих нежељених последица се, на првом месту, јављају обољења људске коже која је највише изложена Сунчевом зрачењу. По неким прорачунима, смањење садашње дебљине озонског штита за свега 5% довело би само у USA, до више од 10 000 нових обољења од рака коже годишње, са више од 500 смртних случајева. Повећана доза UV-B зрачења оставила би трага и у животу на Земљи, неких врста биљака и инсеката. Наиме, поремећени састав електромагнетног зрачења довео би до промене "боје" у природи за оне инсекте чије су очи способне за детекцију UV зрачења. Ти инсекти не би тада препознавали раније упознате боје. То би довело до проблема, како у исхрани тако и у процесима, одржавања врсте путем размножавања. Све би то довело до географског премештања или изумирања појединих биолошких врста.

Због различтитх узрочника, расподела мањка молекула озона није хомогено распоређена у атмосфери. У атмосфери се појављују тзв. озонске рупе чија се кретања данас пажљиво прате и најављују. У тренутку писања ових редова једна већа озонска рупа лоцирана је изнад Антартика. На научницима је да сагледају све произашле биолошке, метеоролошке и остале последице.

Сазнали смо, дакле, да нас молекули озона штите од штетног UV-B зрачења чија се биолошка активност мења током године, зависно од географске ширине. Код нас, у Југославији, та активност је највећа у летњим месецима. Према томе, није на одмет не изложити кожу најинтензивнијем Сунчевом зрачењу од 11 до 15 сати током јула и августа. На тај начин ћемо се заштитити од могућих последица обољења коже која се, на жалост, увек појављују много година касније од тренутка озрачивања. Сазнали смо, такође, да се продуктима индустријализације тај озонски штит полако, али сигурно смањује. Сви ћемо допринети очувању тог омотача ако коришћење разних спрејева сведемо на најмању меру или их, уопште, искључимо из употребе.

ПРИЛОЗИ УЧЕНИКА

• Извођење Стоксовог закона димензионом анализом

Стоксов закон нам казује колика сила F вискозног трења делује на тело сферног облика, полупречника r које се креће брзином v кроз течност коефицијента вискозности η. Можемо претпоставити да сила F зависи само од η, r, v тако да је:

$$F = k\eta^x r^y v^z$$

где је k бездимензионална константа пропорционалности а x, y, z су бездимензионални експоненти. Лева и десна страна морају имати исте димензије*:

$$[F] = [\eta]^x [r]^y [v]^z$$

$$MLT^{-2} = \left[ML^{-1}T^{-1}\right]^x [L]^y \left[LT^{-2}\right]^z$$

$$MLT^{-2} = M^x L^{-1+y+z} T^{-1-z}$$

Изједначавањем експонената имамо:

$$x = 1$$
$$-1 + y + z = 1$$
$$-1 - z = -2$$

Након решавања овог система једначина добијамо: $x = 1$; $y = 1$; $z = 1$.

Одавде је јасно да сила вискозног трења има следећи облик:

$$F = k\eta r v$$

Коефицијенат k је немогуће извести димензионом анализом, али је израчунато да је он једнак 6π. Коначно, Стоксов закон се може изразити следећом једначином:

$$F = 6\pi\eta r v$$

• Зависност брзине, убрзања и пређеног пута од времена за падање куглице кроз течност

Претпоставимо да у тренутку $t = 0$, куглица улеће у течност брзином v_0. На њу делују сила Земљине теже, сила потиска и вискозна сила трења (Стоксова сила). Други Њутнов закон динамике за то кретање има следећи облик:

$$ma = F_p + F_s - W$$

где је F_p сила потиска, F_s сила вискозног трења а W сила Земљине теже. Ако у ову једначину уврстимо изразе за силу потиска, силу вискозног трења и силу Земљине теже, имамо:

$$\rho_s V \frac{dv}{dt} = \rho_f V g + 6\pi\eta v r - \rho_s V g$$

где је $V = 4r^3\pi/3$ запремина куглице, ρ_s њена густина, ρ_f - густина течности.

Ово је линеарна диференцијална једначина првог реда по v те је опште решење:

$$v = Ce^{-\frac{6\pi\eta r v}{\rho_s V}} + \frac{g(\rho_s - \rho_f)}{6\pi\eta r v} V$$

У тренутку $t = 0$ брзина је v_0 те имамо да је:

$$C = v_0 + \frac{g(\rho_s - \rho_f)}{6\pi\eta r v}\frac{4}{3}r^3\pi$$

Увршћавањем константе C у опште решење једначине добија се брзина у функцији од времена:

$$v = v_0 e^{-\frac{9\eta t}{2\rho_s r^2}} + \frac{2}{9}\frac{r^2(\rho_s - \rho_f)}{\eta} g\left(1 - e^{-\frac{9\eta t}{2\rho_s r^2}}\right)$$

Интеграцијом добијамо пређени пут у функцији времена:

$$s = -v_0 \frac{2\rho_s r^2}{9\eta} e^{-\frac{9\eta t}{2\rho_s r^2}} + \frac{2}{9}\frac{r^2(\rho_s - \rho_f)}{\eta} g\left(t - \frac{2\rho_s r^2}{9\eta} e^{-\frac{9\eta t}{2\rho_s r^2}}\right)$$

А диференцијацијом функције v добијамо убрзање:

$$a = -v_0 \frac{9\eta t}{2\rho_s r^2} e^{-\frac{9\eta t}{2\rho_s r^2}} + \frac{(\rho_s - \rho_f)}{\rho_s} g e^{-\frac{9\eta t}{2\rho_s r^2}}$$

Када t тежи бесконачности брзина достиже највећу вредност v_t:

$$v_t = \lim_{t \to \infty} v$$

$$v_t = \frac{2}{9}\frac{r^2(\rho_s - \rho_f)}{\eta} g$$

Брзина v_t је "терминална брзина" коју куглица достигне при падању кроз вискозну течност. Из тога следи да је израз за v_t потпуно тачан само за течност бесконачне дубине. Такође, Стоксов закон не важи ако је брзина куглице толико велика да долази до турбулентног кретања течности.

Марко Бачић
ученик Магематичке
гимназије у Београду

* Димензија неке физичке величине исказује се као производ степена димензија основних физичких величина: масе (M), дужине (L), времена (T) и др. Тако су димензије силе F: маса пута дужина кроз време на квадрат (MLT^{-2}).

ПРЕДСТАВЉАМО ВАМ...

МАРКО ЂОРЂЕВИЋ,

добитник бронзане медаље на XXVI Међународној олимпијади из физике у Аустралији 1995. године.

Марко Ђорђевић је бивши ученик треће београдске гимназије. Сада је студент прве године физике (истраживачки смер) на Физичком факултету у Београду. Успех, који је он постигао у такмичењу са вршњацима из целог света (285 такмичара из 57 земаља), до данас није постигао ниједан наш ученик.

Нашој молби да, у интересу будућих наших такмичара у решавању задатака из физике и наставника физике, водимо разговор о томе како је заволео физику и припремао се за такмичења, Марко се радо одазвао.

Питање

Бити међу најбољима у екипи Југославије, и међу најбољима у свету, велики је твој успех и не само твој. Као што знаш, због санкција наша земља последњих година није учествовала на олимпијадама. Поновни повратак на међународну сцену лепо је обележен твојом медаљом. Сви, који су чули за твој успех, дивили су ти се и били су национално поносни. Колико си ти свестан величине и значаја успеха који си ти постигао? Да ли би могао да опишеш како си се осећао, како си доживео саопштење да си освојио медаљу?

Одговор

-Учествовати на Међународној олимпијади је велики догађај који се памти целог живота. Било је заиста лепо и узбудљиво. Ми, који смо први кренули да први пут представљамо СР Југославију, имали смо велику обавезу да се што боље покажемо и да у великој конкуренцији постигнемо неки успех. Мислим да смо успели. Када сам добио медаљу осећао сам срећу и понос што сам био члан екипе. Обрадовао сам се не само медаљи коју сам ја добио, него и признањима (похвалама) осталим друговима, јер је то био доказ да нисмо ништа случајно освојили-.

Питање

Ти си, Марко, уписом на Физички факултет, одабрао науку којом ћеш се у животу бавити. Да ли је то теоријска или експериментална физика? Да ли си можда одабрао област физике којој ћеш се потпуно посветити после дипломирања?

Одговор

-Још увек нисам одабрао ужу област којом ћу се бавити. Мислим да за то има времена. Хтео бих да кроз следеће четири године полако уђем у свет физике. Јер, иако ме неке области више интересују, са већим сазнањем можда ћу се заинтересовати за нешто друго-.

Питање

За одређену научну дисциплину млади се опредељују под утицајем једног или више фактора. Шта је тебе "одвукло" у воде физике?

Одговор

-Још у основној школи занимала ме је електротехника. Интересовало ме је како раде разне справе и уређаји. Чак сам неке од њих покушавао сам да направим. Тада сам кренуо и на прва такмичења из физике.

Велики утицај на мене извршио је мој ујак, који се бави истраживањима у теоријској физици. Увек ме је интересовало шта то он ради, шта израчунава на компјутеру, чему то служи. Он ми је то све полако објашњавао и ја сам се заинтересовао за физику-.

Питање

Претпостављам да си се редовно такмичио у решавању задатака, односно да си учествовао на такмичењима, која је организовало Друштво физичара Србије. Да ли је тако, и да ли си учествовао и на неким другим такмичењима?

Одговор

-Учествовао сам на скоро свим такмичењима које је организовало Друштво физичара Србије, као и на неким такмичењима из математике. Такмичио сам се у Чачку, Суботици, Бечићима, Крушевцу, Врњачкој Бањи, Крагујевцу и Нишу. И свуда је било лепо, интересантно. Мислим да је оваква врста такмичења врло корисна за младе. Подстиче интересовање за физику, омогућава активнији приступ учењу јер наводи на размишљање и разумевање при решавању задатака. Такмичарски дух ствара посебну драж и узбудљивост као и прилику да се провери сопствено знање. Поред свега тога, одлазећи на разна такмичења, видео сам нова и лепа места и стекао сам много пријатења, са којима се и данас дружим и виђам-.

Питање

Данашње и будуће, потенцијалне учеснике Савезног и Републичког такмичења, па и све

оне који намеравају да се такмиче у решавању задатака из физике, као и наставнике физике и родитеље такмичара, сигурно интересује како си се ти припремао за такмичења, посебно за такмичење на Олимпијади. Хоћеш ли да нам о томе нешто кажеш?

Одговор

-Моја припрема за такмичења се углавном сводила на решавање нестандардних проблемских задатака за које су поред знања потребни добро разумевање проблема и интуиција. Решавао сам задатке из разних књига, а садашњим такми-чарима бих посебно препоручио, по мом мишљењу, добро састављене, збирке задатака (од I – IV) аутора Наташе Чалуковић.

Највише и најозбиљније сам се припремао за Олимпијаду у Аустралији. Углавном сам се трудио да се што боље припремим за другачији тип задатака, који се даје на међународним такмичењима. Веома су ми користиле припреме које су се одржавале на Физичком факултету. Жао ми је што нисам имао више прилике за припреме из експерименталне физике, јер су експериментални задаци задали највише проблема нашој екипи-.

Питање

За врхунске резултате неопходно је да човек има одговарајуће способности и склоности, да воли научну дисциплину у оквиру које се такмичи и да доста ради. Поред ових субјективних елемената, на успех такмичара могу да утичу и многи објективни фактори, као што су: услови за рад, добра литература, утицај и помоћ рођака или пријатеља, утицај и подршка наставника и сл. Како би ти у твом случају ове факторе поређао по значају?

Одговор

-Сматрам да је за било који већи резултат, из било које области пресудна заинтересованост за то, неки унутрашњи мотив, али је сигурно да важну улогу играју и спољашњи фактори. За мене је најважније било то што сам заволео физику и што сам схватио да је то наука будућности. Добри услови за рад, утицај и помоћ рођака, допринели су да постигнем и неке резултате. Подршку ми је пружала и моја професорка из гимназије, а пуно су нам помогли и вође нашег тима на Олимпијади-.

Питање

Шта би ти саветовао садашњим и будућим такмичарима у решавању задатака из физике, с намером да им помогнеш саветом да би били успешнији?

Одговор

-За сваки успех потребан је велики самосталан рад, односно мора се радити више него што се тражи у школи. Мој савет такмичарима је да се труде да задатке не решавају формално механичком комбинацијом формула, већ да се ослоне пре свега на интуицију и да у глави створе слику проблема. Пасиван приступ учењу физике, који се своди на памћење формула и дефиниција, без правог разумевавања оног што се учи, не може донети никакве разултате. Пошто се у школама експерименту поклања мало пажње, препоручујем такмичарим да то сами некако надокнаде-.

Питање

Од када читаш часопис Млади физичар, шта о њему мислиш, шта би у њему требало мењати?

Одговор

-Читам га још од VI разреда основне школе. Ја сам већ био заволео физику, па је било природно да волим и часопис. И за мене, који сам доста знао, часопис је био доста тежак, а поготову за моје другове. Мислим да је то користан часопис. Сада је нешто лакши за читање него пре неколико година. Мислио сам да је он писан за студента с обзиром на неке чланке-.

Питање

Ти си сада студент, твоје утиске са Олимпијаде, решења неких задатака већ смо објављивали. "Млади физичар" добијаш и, вероватно, оно што те интересује, ти и прочиташ. Да ли си приметио да у броју 57 има неких грешака, на пример, на задњој страници корица где стоји ...

- Максвелова растојања, лабараторија.

– Тако је, добро си приметио. А шта ти мислиш да ли би ученик који запази те грешке, а имао је намеру да студира физику, могао да промени своју одлуку због тога што се у "Младом физичару" праве такве грешке?

Одговор

-Не, нико због тога не би променио одлуку. Па то су најобичније штампарске грешке, којих не би требало да буде, али оне нису тако "опасне"-.

Марко, хвала ти на труду. Мислим да је све што си рекао врло паметно. Надајмо се да ће то нашим младим љубитељима физике бити од велике користи, а и самој настави физике и физици – науци.

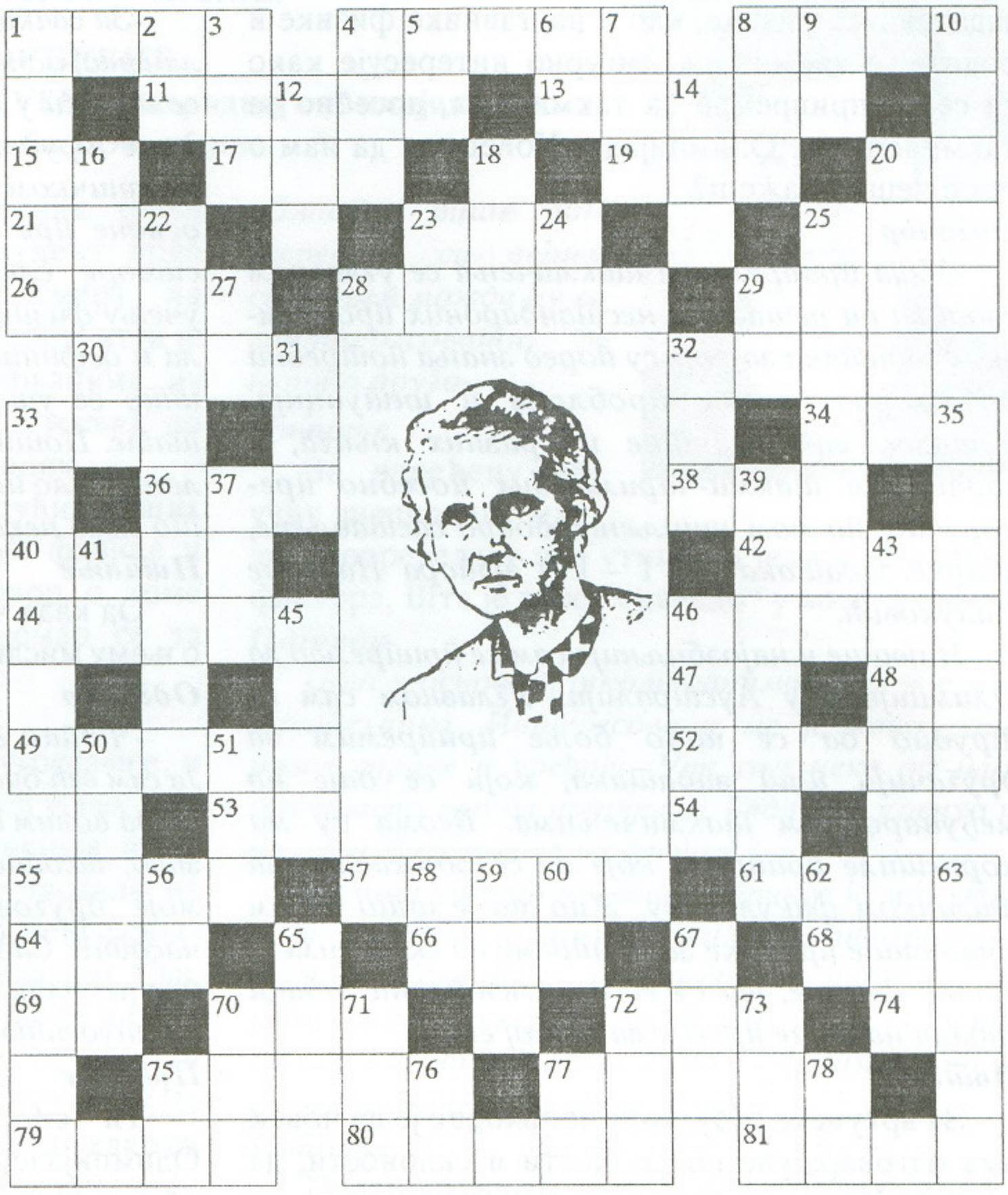
У идућој години, у овој рубрици писаћемо о новом такмичару, најбољем Југословену на XXVII Олимпијади у Норвешкој.

Разговор водио **Т. Петровић**

ЗАБАВНА СТРАНА

УКРШТЕНИЦА

"Сто година од открића радиоактивности"



Водоравно: 1.Име супруга научнице на слици. 4.Старогрчки филозоф-први открио да протрљани ћилибар привлачи ситне предмете. 8.Електрична појава у атмосфери. 11.Извор светлости великог интензитета. 13.Име града у коме је радила научница на слици. 15.Упишите: ан. 17.Назив једног типа ловачког авиона. 19.Део теразија. 20.Наш назив за једно слово латинице. 21.Врста оружја. 23.Завршница шаховске партије. 25.Оглашавање бика. 26.Ивица. 28.Квант светлости. 29.Једна планета. 30.Други назив за Грчку. 32.Прилог за време. 33.Неиндентификовани летећи објекти. 34.Слово латинице. 36.Неупотребљен. 38.Име научника према коме је назван један од гасних закона. 40.Једна од основних карактеристика елементарних честица. 42.Оптичка справа. 44.Јон који се креће према аноди. 46.Назив траке за пренос кретања. 47.Јединица електричног отпора. 48.Симбол радијума. 49.Елегантан. 52.Справа за мерење дужине. 53.Везник. 54.Наш назив за једно слово латинице. 55.Презиме научнице на слици. 57.Јединица дужине. 61.Врста прашка. 64.Везник. 66.Кратица за граммол или граммолекул. 68.Дивља животиња. 69.Слово грчке азбуке. 70.Род змија. 72.Мера за површину (множ.). 74.Предлог. 75.Презиме нашег и светског генијалног проналазача. 77.Име познатог књижевника (Балзак). 79.Текстилни радник. 80.Име научнице-радила заједно са Павлом Савићем на открићу фисије. 81.Име великог енглеског физичара.

Вертикално: 1.Равна површина. 2.Наш назив за једно слово латинице. 3.Оквир. 4.Део прибора за мерење масе. 5.Јединица за површину. 6.Епско књижевно дело. 7.Часовник. 8.Најлепша девојка. 9.Поред. 10.Додатак. 12.Млечни производ. 14.Скраћени назив италијанске телевизије. 16.Презиме проналазача динамита. 18.Јединица за снагу. 20.Презиме енглеског физичара (добио са Шредингером Нобелову награду 1933 год.). 22.Назив хемијског елемента који је пронашла и коме је кумовала научница на слици. 23.Симбол молибдена. 24.Показна заменица. 25.Назив хемијског елемента који је пронашла научница на слици. 27.Потврдна реч. 29.Везник. 31.Целокупан. 32.Део прибора за мерење масе. 33.Само. 35.Становник зграде. 37.Показна заменица. 39.Супстанција која се хемијским путем не може раставити на једноставнију (а састоји се само од истородних атома). 41.Два сугласника. 43.Редак минерал (MgO). 45.Женско име. 46.Улоге. 50.Одевни предмет. 51.Женско име од миља (Емилија). 55.Мера за драгоценост (за злато и драго камење). 56.Слово грчке азбуке. 58.Наш назив за једно слово латинице. 59.Назив за звук који постаје правилним трепереньем звучног извора. 60.Симбол алуминијума. 62.Симбол алуминијума. 63.Назив за елементарну честицу (у саставу протона, неутрона...). 65.Позивни знак за помоћ. 67.Коло. 70.Назив града у Аустрији. 71.Везник. 72.Женско име. 73.Језеро у Канади. 75.Показна заменица. 76.Јединица за површину. 77.Лична заменица. 78.Наш назив за једно слово латинице.

Укрштеницу саставио **Томислав Сенћански**

РЕШЕЊА

Водоравно: 1.ПЈЕР 4.ТАЛЕС 8.МУЊА 11.ЛАСЕР 13.ПАРИЗ 14.АН 17.МИГ 19.ТАС 20.ДЕ 21.ТОП 23.МАТ 25.РИК 26.ОБОД 28.ФОТОН 29.МАРС 30.ЕЛАС 32.ТАДА 33.НЛО 34.ИКС 36.НОВ 38.ГЕЈ 40.СПИН 42.ЛУПА 44.АНЈОН 46.РЕМЕН 47.ОМ 48.РА 49.ОТМЕН 52.ЛЕЊИР 53.МА 54.ЕН 55.КИРИ 57.МЕТАР 61.ТАЛК 64.АКО 66.МОЛ 68.ЛАВ 69.ПО 70.БОА 72.АРИ 74.СА 75.ТЕСЛА 77.ОНОРЕ 79.ТКАЧ 80.ИРЕНА 81.ИСАК

Вертикално: 1.ПЛАТО 2.ЕЛ 3.РАМ 4.ТЕГ 5.АР 6.ЕП 7.САТ 8.МИС 9.УЗ 10.АНЕКС 12.СИР 14.РАИ 16.НОБЕЛ 18.ВАТ 20.ДИРАК 22.ПОЛОНИЈУМ 23.МО 24.ТО 25.РАДИЈУМ 27.ДА 29.МА 31.САВ 32.ТЕГ 32.НАСАМО 35.СТАНАР 27.ОН 39.ЕЛЕМЕНТ 41.ПН 43.ПЕРИКЛАС 45.НЕНА 46.РОЛЕ 50.ТРИКО 51.ЕМИ 55.КАРАТ 56.РО 58.ЕМ 59.ТОН 60.АЛ 62.АЛ 63.КВАРК 65.СОС 67.ОПО 70.БЕЧ 71.АЛИ 72.АНА 73.ИРИ 75.ТА 76.АР 77.ОН 78.ЕС

Томислав Сенћански

ИЗВИЊЕЊЕ ЧИТАОЦИМА И НЕКЕ ИСПРАВКЕ

У току компјутерске припреме текста и при изради корица за бр.57 начињене су и тако отишле у штампу неке грешке, због којих се на овом месту извињавамо свим нашим читаоцима. Иако за учињене грешке нема оправдања, покушаћу да њихов настанак објасним.

Уредништво се труди да други по реду број часописа сваког годишта изађе на време, тј. пре зимског распуста ученика, а четврти број пре распуста ученика VIII разреда основне школе, односно ученика IV разреда средње школе. Међутим, низ техничких, па и финансијских проблема и присуство неких субјективних фактора (кашњење неких аутора и рецензената да заврше своје послове) ометају испуњавање планираних рокова.

У случају штампања 57. броја штампарија "Кућа штампе", која нам обавља посао под врло повољним условима, два пута је померала време резервисано за нас, да би најзад била приморана да лист штампа у периоду највећих својих обавеза пред нову годину, када је засута пословима на изради календара и сл. Када је особље штампарије прихватило да направи припрему за поткорични текст, извршена је коректура те припреме и све учињене грешке су означене. Очекивало се да ће после тога све бити у реду. Али, у општој журби да се часопис заврши и дистрибуира пре распуста, није извршена још једна контрола, а десило се нешто што се није могло предвидети: људи, који су далеко од физике, начинили су нове грешке па су се тако на задњој страни корица појавиле грешке: "лабараторија" уместо лабораторија, "Максвелова растојања" уместо Максвелова расподела, "не важи" уместо – важи.

Из сличних разлога (кашњења и журба), "Великани физике", лице које је радило припрему самоиницијативно је интервенисало и начинило грешку, због које доносимо исправку.

Уредник

ИСПРАВКЕ

У броју 57. часописа "Млади физичар", у чланку под насловом "Великани физике", на стр.2, седми ред одозго уместо реченице: "Кугле пречника око 30 cm су међусобно изоловане." треба да стоји реченица:

Кугла пречника око 30 cm, превучена станиолом, стављена је у унутрашњост друге, шупље кугле, пречника око 34 cm, тако да су међусобно изоловане.

Живојин Николић

Израз за коначну брзину цилиндра на страни 12 у броју 56 треба да гласи $V_t = Cr^{3-m}(\rho - \rho')$, а на странама 10 и 11 у броју 57: $V_T = Cr^{3-m}(\rho - \rho')$.

На страни 10 у броју 57 једначина равнотеже; гравитационе и силе потиска, треба да гласи:

$$V\rho g - 6\pi\eta K r^m V_T - V\rho' g = 0$$

Мирјана Поповић- Божић

ПИСАЛИ СУ НАМ..., РЕКЛИ СУ..., ОДГОВАРАМО

Крушкоња Владимир, ОШ "Миле Дубљевић", Лајковац

–Ваш "Млади физичар" је веома леп и занимљив лист. Већину бројева имам. Честитам Вам јубилеј – 20 година појаве првог броја. Молим вас ако можете да ми пошаљете број 28. Сада Вам шаљем један задатак, а биће их још–.

Хвала Владимире! Послаћемо ти број 28. Задатак, који си послао, није лош. Објавићемо га онда када нам пошаљеш и решење.

Стакић Ђорђе, VIII разред, ОШ "Б.Ж.Милојевић", Крупањ

–Млади физичар је часопис који редовно купујем већ другу школску годину. Неке старе бројеве сам тек недавно набавио. Из часописа прво прочитам забавну страну и занимљивости, а онда "Великани физике", па редом задатке за основну школу. Млади физичар ми се у целини свиђа и не видим неке веће мане. Једино мислим да би било добро када би објављивали задатке са такмичења са решењима.

Физику сам заволео од првог дана и марљиво је учим. У VI разреду сам освојио прво место на окружном такмичењу. Мислим да би за читаоце, који однедавно читају МФ и који га воле, било добро када би поново штампали неке старе бројеве, који се не могу набавити (од 1–15, 37–46).

Понекад у слободном времену пишем и песме. Написао сам једну, посвећену "Младом физичару", чији текст Вам шаљем...–.

Ђорђе, хвала ти што си нам писао. О твојим предлозима ћемо размислити. Што се тиче песме, нећемо је објавити. Ипак си ти знатно бољи физичар него што си песник.

Душанка В.Радојчић, професор, Београд

–У Младом физичару бр.55 објављен је део мог писма упућеног Редакцији, али измењено и непотпуно, са неким грешкама – прво, ја сам Радојчић Душанка, професор из Београда, а не из Панчева, затим у питању "ко хоће да понови оглед? изостављена је свеза "да", наводнице и знак питања..."...Наелектрисавање електрофора сам ја објашњавала после извођења огледа / мада не знам зашто би дршка и када била замашћена и влажна?–

Извињавам Вам се што смо уместо "из Београда" ставили "из Панчева". Што се тиче измена и "грешака", ту ниште у праву. Питање о коме је реч, има смисао захтева. Тражите да се нешто уради, а не да Вам се да одговор. Реч "да" заиста недостаје, али је то штампарска грешка, што сваки читалац види. Камо среће да је једина! Овог пута нисмо хтели да Вам поправљамо правопис у Вашем писму. Учините то сами!

Дршка електрофора се замашћује од руке оног који је држи, а влажна постаје због кондензације паре на њој, које увек има у одељењу које није проветрено.

Б.М., Београд (речено на јавном скупу)

–Хоћу да скренем пажњу да у Младом физичару, последњи број, на задњој страни корица, где су ваљда "неке" рекламе, пише "лабараторија" и "Максвелова растојања". Такве грешке могу да одбију и оне малобројне добре ученике да студирају физику. Не знам како А.С. и Д.Ф., који су у Редакцији то допуштају!?

Изванредно "запажање" нечег што је било врло "тешко" запазити. Не знам да ли је још коме пало напамет да ће се због наведених штампарских грешака средњошколци одбити од уписа на физику. Такав став сам проверавао код више физичара и неких ученика Математичке гимназије. Одговор је био: "Таман посла, а ко је то рекао?!

Аферим!

Др Милан Димитријевић, Астрономска опсерваторија, Београд

–Као члан Издавачког савета нисам могао да присуствујем састанку, јер сам био на путу у то време. Могу да кажем да је садашњи Млади физичар бољи него они из ранијих година. Приступачнији је младима. Штампарских грешака има и увек ће их бити. Треба се трудити да их буде што је могуће мање. Скренуо бих Вам пажњу да у последња два броја на подкоричној страници текст: "МЛАДИ ФИЗИЧАР часопис за ученике основних и средњих школа" није коректно одштампан на француском језику."

Веома сам Вам захвалан на добронамерним примедбама и на уочавању нечег што нам је промакло да сами запазимо.

Д.Ц. Београд (Семинар "Јануарски дани 1996", Нови Сад)

"... Добро је што часопис Млади физичар опет излази али није добро што се за неке књиге више пута дају информације а за друге не дају. Ја сам послао текст за експериментални задатак. Дуго ми ништа нису јављали а онда ми је речено да се неће штампати, јер није јасан. Они нису разумели задатак. Ја бих да га прочитам..."

Тачно је да се на страницама часописа често појављује информација за књиге које је издао Физички факултет и за које прима претплату, па се објављује жиро рачун и измене у цени. Тачно је и то да је информација о неким књигама из области физике неких других издавача (Завод за уџбенике и наставна средства, Научна књига, Наука, Круг итд.) објављена само у једном броју, без понављања, а да многе књиге нису нашле своје место на страницама часописа.

Ове чињенице могу бити произвољно тумачене. Ипак, пре тога треба имати у виду следеће. Нико од "оштећених" аутора никада није Редакцији упутио ни најобичнију молбу са основним подацима о књизи о којој треба обавестити читаоце. Податке сам ја тражио и правио, па негде и погрешно дао. За све издаваче изузев ЗО Клуб НТ "Рекламе" су биле потпуно бесплатне, иако часопис има финансијских тешкоћа. Како између Физичког факултета, који је колективни члан Друштва физичара Србије и донатор часописа, и свих поменутих издавача, у односу на сарадњу са Друштвом постоји огромна разлика, то је разумљиво да има разлике у учестаности обавештавања о наведеним књигама. Но, без обзира на овакав или онакав однос, Редакција је спремна да у интересу наставе физике, ученика и наставника, обавести читаоце о свакој књизи, за коју закључи да је од значаја. Потребно је само да аутор, или издавач, пошаље све потребне податке о књизи.

Eksperimentalni zadaci

1. Nalazite sa na plaži. Imate jednu punu limenku koka-kole. Prijatelj ne želi da je deli sa vama. Nalazite još jednu praznu limenku, punite je peskom i zatvarate (tako da pesak ne može da se prosipa). Kako ćete vi izabrati onu pravu a da ih ne dodirujete. Pored vas imate dasku za skijanje na vodi, sat, naočare i kanap. Vi samo treba da govorite prijatelju šta on treba da radi. Vašu odluku obrazložite uz egzaktno teorijsko razmatranje.

2. Kako se može odrediti zapreminski protok kroz slavinu sa najmanjim brojem pomoćnih sredstava (pribora)?

Mr. Dragan Cvetković

Што се тиче "експерименталног задатка" Редакција је закључила да формулација није јасна у случају првог, а да би у случају другог, где је идеја јасна, формулација морала бити нешто другачија. Било би боље да су средства наведена у већем броју, па онда захтевано да се нађе поступак решења са најманим бројем понуђених средстава. Због тога је Редакција својевремено одлучила да експериментални задатак не објави, поготово што решење није понуђено.

Ипак, можда смо ми и погрешили. Зато у овом броју доносимо оригиналан текст тог задатка. Молимо оне који су га разумели да га реше (први задатак) и да нам решење пошаљу. Решење ћемо потражити и од аутора, а имена оних који су га успешно решили, објавићемо у неком од наредних бројева.

Уредник

ПРЕПОРУЧУЈЕМО ШКОЛАМА И НАСТАВНИЦИМА ФИЗИКЕ...

КЊИГЕ

Др Стеван Ђениже, професор Физичког факултета у Београду,
ОСНОВИ АТОМСКЕ КВАНТНЕ И МОЛЕКУЛСКЕ ФИЗИКЕ, "НАУКА", Београд,1995.
(Књига се може поручити поузећем код књижаре "Студентски трг" по цени од 50 динара)
Др Томислав Петровић, професор Физичког факултета у Београду,
а) **ДИДАКТИКА ФИЗИКЕ** (теорија наставе физике) цена 30 динара
б) **НАСТАВНА СРЕДСТВА ФИЗИКЕ**, I део, друго допуњено издање цена 30 динара
в) **НАСТАВНА СРЕДСТВА ФИЗИКЕ**, II део цена 40 динара
Књиге под а) и б) могу се добити одмах након уплате потребног износа на жиро рачун Физичког факултета 60806 – 603 – 9 – 14882

За књигу под в) прима се претплата, а књига ће бити послата одмах по изласку из штампе. Копију уплатнице послати на адресу: Физички факултет, зграда у Душановој 13, Београд

ЧАСОПИСИ

Стари бријеви "Младог физичара": 15, 16, 20, 23, 24, 26, 27, 28, 31/32, 37, 43, 44, 47, 48, 51: цена 3 динара примерак; 52, 53, 54, 55; цена 5 динара примерак. Уплата на жиро рачун ДФС.

ПРЕТПЛАТА И САРАДЊА

Часопис "Млади физичар" излази 4 пута у једној школској години. Претплата за часопис може се вршити преко целе године.

Цене:	за школе и установе	25 динара
	за појединце	20 динара
	за ученике преко школе	14 динара (ако има више од 5 претплатника)

Уколико су поруџбине веће од 20 примерака, поручиоци имају 10% попуста.

Претплата се врши на жиро рачун Друштва физичара Србије, Земун: 40806 – 678 – 7 – 77766.

Уплатницу, са потпуном адресом, поручиоци треба да пошаљу на адресу: Уредништво часописа "Млади физичар", Београд, Душанова 13. Профактуре не шаљемо. Часопис не испоручујемо поузећем.

Обавештења - Телефони

Редакција: (011) 183 896, средом од 10 до 13 х

Дистрибуција часописа: Књижара "Студентски трг" (011) 185 295

ПРИЛОЗИ

Радови које нам шаљете, осим задатака и решења, треба да буду откуцани са двоструким проредом, по могућности на дискети у опсегу до највише 5 страница.

Рукописи се не враћају, а Уредништво има право да радове, који су у складу са концепцијом часописа, редигује без посебног тражења сагласности од аутора, као и да их објављује редом који не зависи од редоследа приспећа.

Сва права умножавања, прештампавања и превођења задржава Друштво физичара Србије.

Часопис је ослобођен од пореза на промет на основу решења Републичког секретаријата за културу Србије бр.329 од 29 IX 1976. године.

ИЗДАЊА ДП "СТУДЕНТСКИ ТРГ"
11000 БЕОГРАД, Студентски трг 6,
Тел (факс) 011 185 295

ИЗДАЊА ДП "СТУДЕНТСКИ ТРГ":

1. Јасмина Королија, Дејан Даниловић, Љуба Мандић: ХЕМИЈА - Збирка такмичарских задатака за основну школу
   Студентски трг, Београд, 1995.
2. К. Анђелковић, Г. Вучковић, Ц. Зарић, И. Хоџић, Е. Милосављевић, Н. Јуранић
   ЗБИРКА ЗАДАТАКА ИЗ ОПШТЕ ХЕМИЈЕ - са решеним примерима у редакцији др Н. Јуранића, Студентски трг, Београд, 1995.
3. др Ружица Коњевић, др Иванка Холцлајтнер-Антуновић, др Нада Ковачевић:
   ПРАКТИКУМ ИЗ ФИЗИЧКЕ ХЕМИЈЕ ЗА СТУДЕНТЕ ХЕМИЈЕ
   Студентски трг, Београд, 1995.
4. др Убавка Миоч
   ЗБИРКА ЗАДАТАКА ИЗ ОПШТЕГ КУРСА ФИЗИЧКЕ ХЕМИЈЕ
   Студентски трг, Београд, 1994.
5. Н. Н. Недељковић, Љ. Д. Недељковић
   УВОД У ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗАМ I (ЕЛЕКТРОСТАТИКА)
   Студентски трг, Београд, 1995.
6. Војислав Стојковић, Душан Тошић
   ПРОГРАМСКИ ЈЕЗИК PASCAL
   Студентски трг, Београд, 1994.
7. др Јелена Блаженчић
   СИСТЕМАТИКА АЛГИ
   Студентски трг, Београд, 1994.

ИЗДАЊА ФАКУЛТЕТА ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ И ДП "СТУДЕНТСКИ ТРГ":

1. Љиљана Колар-Анић
   ОСНОВЕ СТАТИСТИЧКЕ ТЕРМОДИНАМИКЕ
   Београд, 1995
2. Д. Веселиновић, И. Гржетић, Ш. Ђармати, Д. Марковић
   СТАЊА И ПРОЦЕСИ У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ
   Београд, 1995. Учешће у издавању ДП "Студентски трг"

ИЗДАЊА ХЕМИЈСКОГ ФАКУЛТЕТА

1. С. Милосављевић
   СТРУКТУРНЕ ИНСТРУМЕНТАЛНЕ МЕТОДЕ, Хемијски факултет, Београд, 1994.
2. Иван Јуранић: ХЕМИЈСКА ВЕЗА
   Хемијски факултет, Београд, 1994.
3. Иван Јуранић, С. Никетић
   ЗБИРКА ПРОБЛЕМА ИЗ ТЕОРИЈЕ ХЕМИЈСКЕ ВЕЗЕ
   Хемијски факултет, Београд, 1994.
4. Хенри Каган:
   ОРГАНСКА СТЕРЕОХЕМИЈА
   Хемијски факултет, Београд, 1995., учешће у издавању ДП "Студентски трг"
5. Весна Никетић
   ПРИНЦИПИ СТРУКТУРЕ И АКТИВНОСТИ ПРОТЕИНА
   Хемијски факултет, Београд, 1995.
6. Живорад Чековић
   ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ОРГАНСКА ХЕМИЈА.
   АПАРАТИ - МЕТОДЕ - СИНТЕЗЕ
   Хемијски факултет, Београд, 1995.

ИЗДАЊА НАУКА - ДП "СТУДЕНТСКИ ТРГ":

1. мр Драган Цветковић
   ЗБИРКА ЗАДАТАКА ИЗ ФИЗИКЕ I
   Београд, 1995.
2. З. Каделбург, Д. Аднађевић
   МАТЕМАТИЧКА АНАЛИЗА I
   Београд, 1995.
3. З. Каделбург, Д. Аднађевић
   МАТЕМАТИЧКА АНАЛИЗА II
   Београд, 1995.

СВЕ ОВЕ НАСЛОВЕ И ИЗДАЊА ДРУГИХ ИЗДАВАЧА ВЕЗАНИХ ЗА ПРИРОДНЕ НАУКЕ И МАТЕМАТИКУ (за основну школу, средњу школу и факултете) МОЖЕТЕ КУПИТИ У КЊИЖАРИ:

"СТУДЕНТСКИ ТРГ", БЕОГРАД,
Студентски трг 6, Тел (факс) 011 185 295,
ЖР 40801 - 601 - 0 - 107411

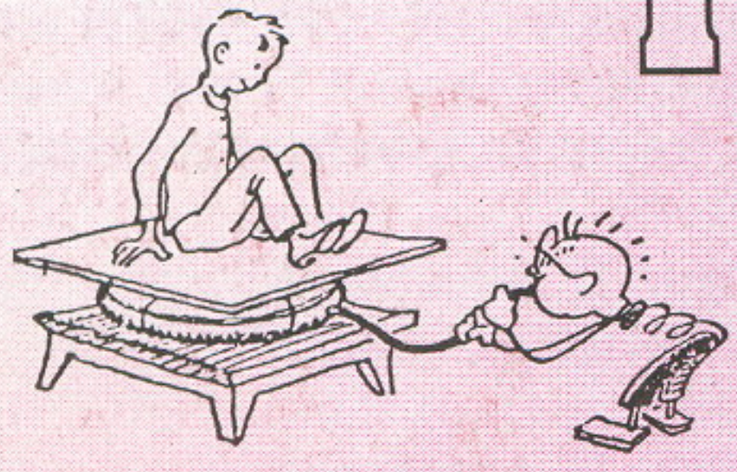
ОСТАЛИ ИЗДАВАЧИ СА КОЈИМА САРАЂУЈЕМО И ЧИЈА ИЗДАЊА СЕ МОГУ НАБАВИТИ ПРЕКО ДП "СТУДЕНТСКИ ТРГ":

1. МАТЕМАТИКОСКОП
2. АРХИМЕДЕС
3. НАУКА
4. МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
5. ФАКУЛТЕТ ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ
6. НАУЧНА КЊИГА
7. ЗАВОД ЗА ИЗДАВАЊЕ УЏБЕНИКА
8. БЕОГРАД ИНЖЕЊЕРИНГ
9. ГРАЂЕВИНСКА КЊИГА
10. МИКРО КЊИГА
11. ЦЕТ
12. ТЕХНИЧКА КЊИГА
13. ДРУШТВО МАТЕМАТИЧАРА СРБИЈЕ
14. КРУГ
15. БС ПРОЦЕСОР
16. ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
17. ВЕСТА
18. ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

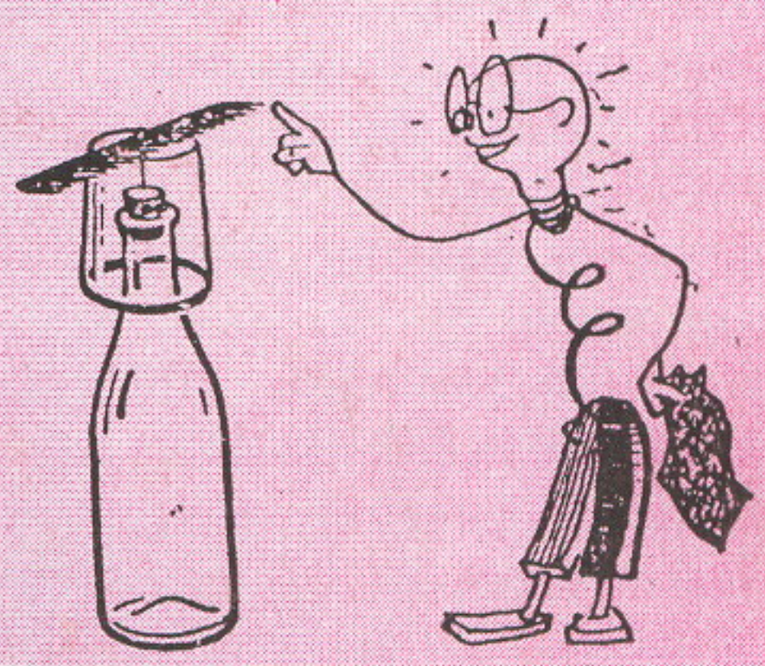
ФИЗИКА

БЕЗ РЕЧИ... У СЛИЦИ

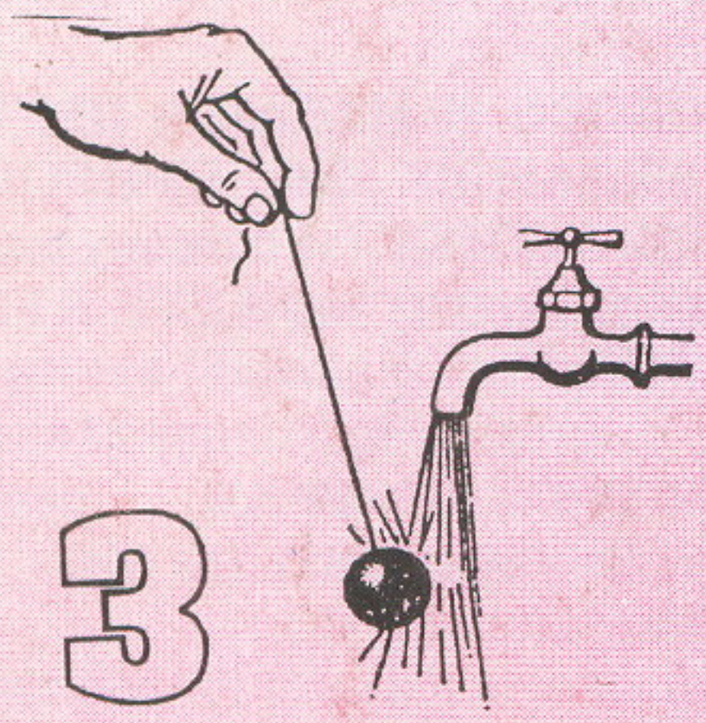
1



2



???

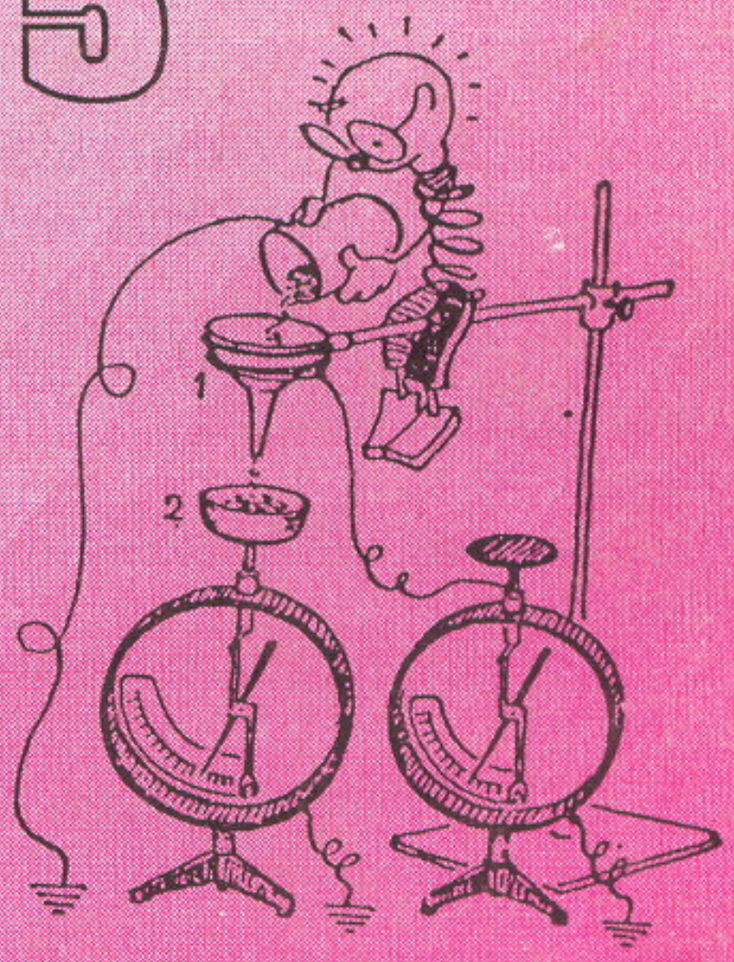


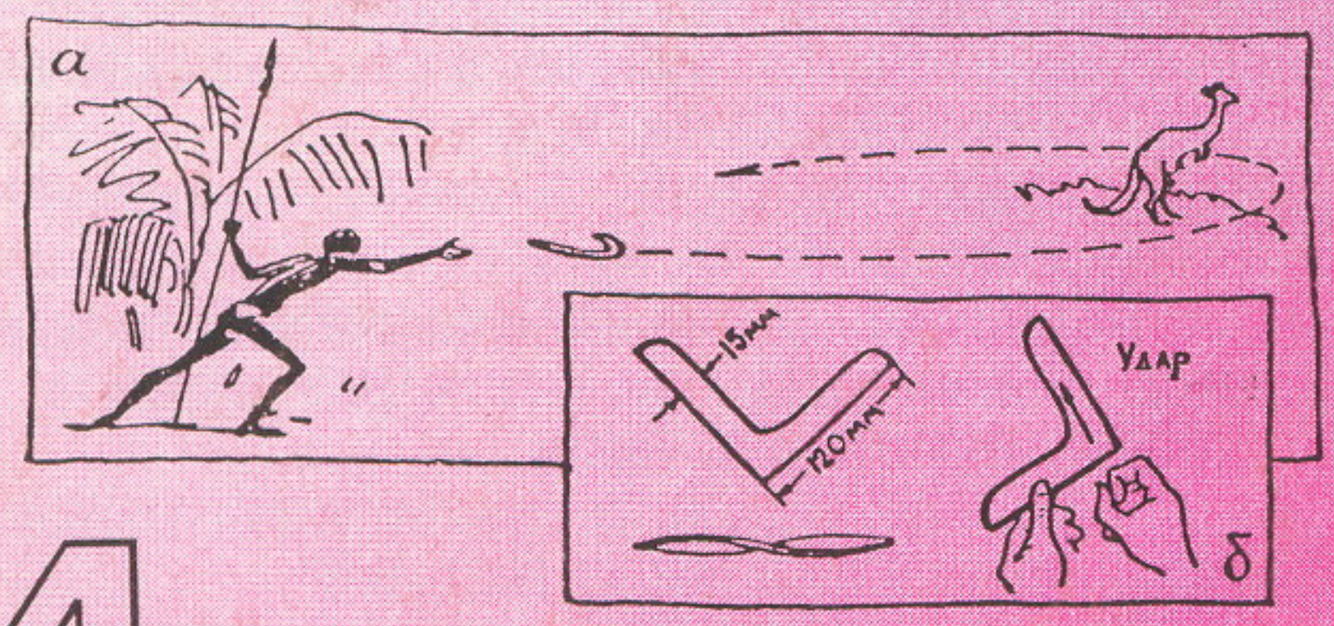
3

???

???

5





4

ОПИШИТЕ И ОБЈАСНИТЕ!

ТРИ НАЈБОЉА (ТАЧНА) РАДА ДОНОСЕ АУТОРИМА БЕСПЛАТАН М. Ф. У ИДУЋОЈ ШКОЛСКОЈ ГОДИНИ

ПРИМАМО И ОБЈАВЉУЈЕМО ДУХОВИТЕ ОПИСЕ И ОБЈАШЊЕЊА.