ОБАВЕШТЕЊЕ УРЕДНИШТВА

МЛАДИ ФИЗИЧАР објављује чланке и краће дописе који доприносе популаризацији физике и сродних наука међу ученицима и свима које интересују природне науке.

ПРИЛОЗИ КОЈЕ НАМ ШАЉЕТЕ, осим решења задатака, треба да буду откуцани са двоструким проредом на хартији формата А4 и не треба да буду дужи од **3-4 куцане стране**. Цртежи морају бити израђени тушем на посебној хартији.

РУКОПИСИ СЕ НЕ ВРАЋАЈУ. Уређивачки одбор задржава право да рукописе редигује без тражења посебне сагласности аутора, и да их објављује редом који не зависи од реда приспећа.

МЛАДИ ФИЗИЧАР излази четири пута годишње. Можете да постанете претплатник када то пожелите. Информације о цени овог и наредних бројева можете добити на телефоне „Клуба НТ" (011)644-593, 642-870, 643-241. Потребно је да нас обичним писмом обавестите о броју примерака на који се претплаћујете, на адресу: „Клуб НТ", Београд, Народног фронта 31, да напишете своју адресу и да истовремено извршите уплату потребне суме новца на жиро-рачун „Клуба НТ": **40806-603-4-36201**, Београд, са обавезном назнаком **„за МЛАДИ ФИЗИЧАР"**.

АКО НАРУЧИТЕ ВИШЕ ОД 20 ПРИМЕРАКА (КОМПЛЕТА) и благовремено извршите уплату, одобравамо вам рабат од 10%.

Прилоге слати на адресу:
Друштво физичара Србије, 11080 Земун, Прегревица 118.

Набавка овог и старих бројева часописа: Књижара „Студентски трг", Београд, Студентски трг 6, (011 185-295); Књижара „МСТ Гајић", Београд, Народног фронта 31, (011 642-870)

Ослобођено плаћања пореза на промет на основу решења Републичког секретаријата за културу СР Србије, бр. 329 од 29.9.1976. године.
Штампа: "МСТ Гајић", Београд

51
93/94
YU ISSN 0351-5575

млади физичар

часопис из физике за ученике

Страна 38

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
SERBIAN PHYSICAL SOCIETY

година XIII | број 51 (1993/94)

МЛАДИ ФИЗИЧАР

Часопис за оне који уче и воле физику.

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.

Издаје:

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ, 11080 Земун, Прегревица 118, у сарадњи са „Клубом НТ", Народног фронта 31, Београд

САДРЖАЈ

Насловна страна: „Атом у служби мира" на поштанским маркама (добијено љубазношћу П.Аџића из Атомске агенције у Бечу).

„Млади физичар" излази од школске 1976/77 године. 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, Драгана Поповић и Јаблан Дојчиловић (1982/83) и Драшко Грујић (1983/84–1986/87)

ШТА ЈЕ ...

КВАНТНА ФИЗИКА И ГЕОМЕТРИЈА

Спинска квантна стања и геометрија Мебиусове површине

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

1. Проблем ротације у микросвету

Поверење које смо изградили према спољашњем свету делом је засновано на свести о ефикасној оријентацији положаја нашег тела у простору. Тачка ослонца наше сигурности заснована је на осећају да се ми после једне пуне *ротације* враћамо у почетно стање, а панорама спољашњег света почиње да се понавља при започињању нове ротације.

У овом тексту ми ћемо видети како је ова очигледна чињеница неочекивано доведена у питање при преношењу уобичајеног појма ротације у микросвет, којим се бави *квантна физика*. Проблем је уочен при детаљнијим студијама тзв. *спинских квантних стања* микрочестица, која представљају неку врсту стања њихових перманентних ротација око сопствених оса.

2. Класичне ротације

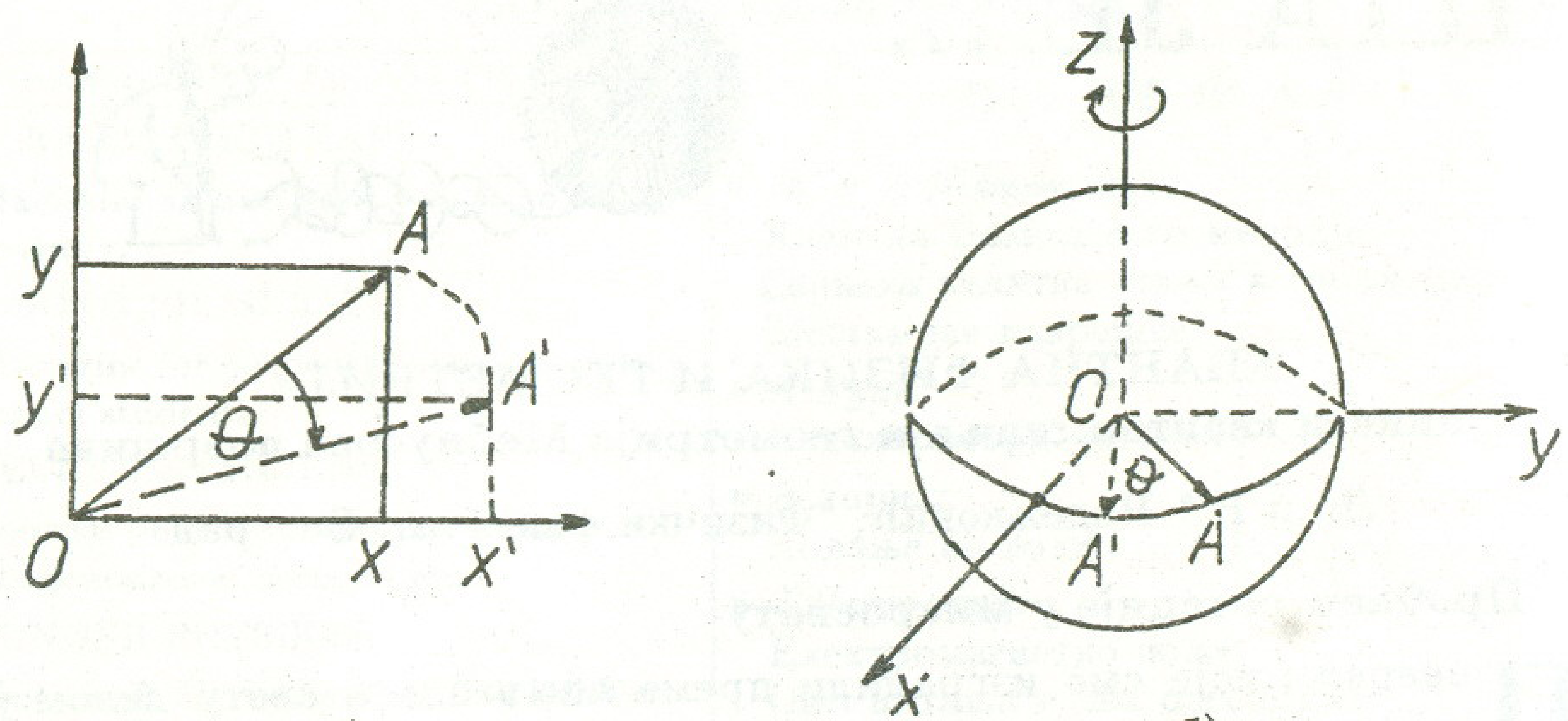
Да бисмо уочили суштину проблема спина, размотрићемо најпре шта се прецизно подразумева под уобичајеним, *класичним ротацијама* макроскопских тела у опажајном тродимензионалном простору.

До основних информација о математичко-логичкој структури појма класичних ротација долазимо већ на нивоу чисте геометрије. Посматрајмо, на пример, ротацију вектора $\overrightarrow{OA}$ у равни цртежа (сл.1а).

Очигледно, почетне координате (x, y) врха вектора $\overrightarrow{OA}$ при ротацији за угао θ око фиксне тачке O мењају се у зависности од величине овог угла. Релативно једноставним израчунавањем се показује да су „нове" координате (x', y') одређене следећим релацијама:

$$x' = \cos\theta\, x + \sin\theta\, y \qquad (1.a)$$

$$y' = -\sin\theta\, x + \cos\theta\, y. \qquad (1.b)$$



а) б)

Слика 1

Приметимо да кључну улогу при преласку са координата (x, y) на (x', y') игра следећа просторна шема коефицијената у x и y:

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}. \tag{2}$$

Оваква уређена таблица назива се *матрица класичних ротација*, а наведене коефицијенте називамо њеним *елементима*.

Наведене геометријске чињенице се непосредно могу употребити при описивању заокретања неког макроскопског физичког објекта око фиксне осе за угао θ. На пример, тачка A која се налази на екватору крутог тела лоптастог облика (сл.1б) током заокретања за угао θ око z-осе правоуглог координатног система мења вредности својих координата управо у сагласности са формулама (1а,б). Другим речима, матрица ротације (2) примењена на посматрано физичко тело добија физички смисао, тј. преузима улогу извора информација о промени стања лопте при ротацији.

Основно својство матрице $R(\theta)$, које је одлучујуће за наше даље разматрање, састоји се у следећем: бројне вредности сва четири њена елемента понављају се после заокретања за угао $\theta = 360°$. Физички говорећи, при заокретању лопте за пун круг она се враћа у првобитно стање. Управо ово сасвим очекивано својство макроскопских тела доведено је у питање у случају спина микрочестица.

3. Спинска квантна стања

Појам *спина* (енгл. to spin–вртети) је уведен у квантну физику при покушају да се схвате неке неочекиване експерименталне чињенице о спектрима зрачења атома. Амерички физичари С. Гаудсмит и Џ. Уленбек су 1925. године уочили да се *неке* од добијених експерименталних чињеница могу протумачити ако се претпостави да електрони не ротирају само око атомског језгра него и око сопствених оса. Касније је примећено да се у оваквим спинским квантним стањима налазе и многе друге честице које спадају у групу тзв. *фермиона* (на пример, протони или неутрони).

Да спин електрона уопште не представља ротацију у класичном смислу, уочено је скоро непосредно после увођења овог појма у квантну физику. Наиме, иако су се спинска стања могла карактерисати *моментом импулса* $\overrightarrow{L_s}$, којим се описују и класичне ротације макроскопских тела, испоставило се да компоненте L_{sx}, L_{sy} и L_{sz} вектора $\overrightarrow{L_s}$ немају оне вредности које се очекују на основу претпоставке да је електрон мала наелектрисана куглица која ротира око сопствене осе. На тај начин појавио се врло компликован проблем: како наћи адекватан опис спинских стања који би укључио релевантне експерименталне чињенице и у исто време искључио противуречности до којих доводи примена појма класичних ротација.

Прво решење овог проблема нашао је 1927. године В. Паули, један од оснивача квантне физике. Паулијев поступак је сасвим у духу квантномеханичког описивања транслаторног кретања микрочестица помоћу тзв. таласне функције $\Psi(\vec{r}, t)$ чији је квадрат модула $|\Psi|^2$ једнак вероватноћи налажења честице у датој тачки простора. Наиме, да би описао и спинско стање електрона, Паули уводи допунску функцију φ која се данас назива *спинором*. Ова величина не зависи од просторних координата, него представља уређени пар $\begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{bmatrix}$ комплексних бројева φ_1 и φ_2. Тиме се одустаје од уобичајеног појма ротације, а бројеви φ_1 и φ_2 преузимају улогу координата из једначине (1.а,б).

Показује се да се карактеристике овако конструисаног спинора φ, слично координатама врха вектора $\overrightarrow{OA}$ са слике 1.а, мењају при заокретању електрона за угао θ око произвољне осе која пролази кроз његово средиште. Наиме, почетно спинско стање $\varphi = \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{bmatrix}$ трансформисаће се у ново стање $\varphi' = \begin{bmatrix} \varphi_1' \\ \varphi_2' \end{bmatrix}$, при чему је ова промена описана тзв. ***матрицом ротације спинора***:

$$R_s(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\frac{\theta}{2} & i\sin\frac{\theta}{2} \\ -i\sin\frac{\theta}{2} & \cos\frac{\theta}{2} \end{bmatrix}, \qquad (3)$$

где је $i = \sqrt{-1}$. Основна разлика између (2) и (3) је у томе што $R(\theta)$ зависи од θ, а $R_s(\theta)$ од $\theta/2$. Из ове особине матрице R_s следи да се електрон не враћа у своје првобитно стање после заокретања за 360° него тек после два пуна обрта, тј. после ротације за $2 \cdot 360° = 720°$! Добијени закључак је у оштрој противуречности са нашом интуицијом о простору и ротацији.

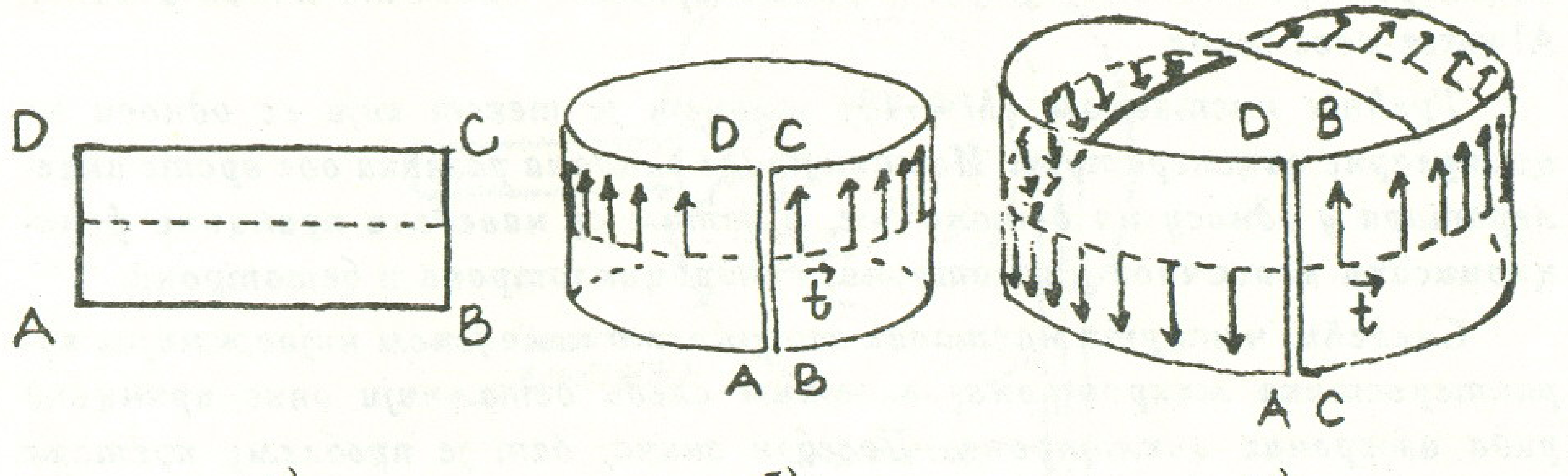
4. Спин и геометрија Мебиусове површине

Парадоксална својства спина и његов однос према класичној ротацији постали су предмет детаљних анализа (већег броја теоријских физичара) тек шездесетих и седамдесетих година овог века. Овај период се карактерише интензивном употребом нових појмова преузетих из *топологије*, области савремене математике која је настала радикалним уопштавањем традиционалне геометрије.

Испоставило се да се спин може описати помоћу врло специфичних својстава тзв. *Мебиусове*[1] *површине* (сл.2ц), која настаје при једном од два основна начина „слепљивања" страница AD и BC правоугаоне површине $ABCD$ (сл.2а). Приметимо да се цилиндрична површина (сл.2б) добија директним савијањем правоугаоне траке, док се до Мебиусове површине долази тако што се страница BC најпре уврне за 180°, па се затим слепи са страницом AD. Веома је важно уочити да цилиндрична површина има *две* стране (спољашњу — на пример, црвену и унутрашњу — на пример, плаву), док Мебиусова трака има само *једну* страну (за њено комплетно бојење довољна је једна боја!).

Ова разлика у броју страна директно се одражава и на понашање неког вектора $\vec{t}$ који се паралелно помера дуж средишњих линија наведених површина (сл.2а,б). Очигледно, класичне ротације су аналогне померању вектора $\vec{t}$ по цилиндру (сл.2б), пошто га геометријска структура овакве површине враћа у почетно стање *исте оријентације* после ротације за 360°. Међутим, вектору $\vec{t}$ који клизи по Мебиусовој површини (сл.2ц) потребан је двоструки обрт од 720° да би комплетно

[1] A. F. Möbius (1790 — 1868), немачки математичар и астроном, један од оснивача вишедимензионалне геометрије и топологије (примедба уредника).



Слика 2

обновио своје почетно стање, што је управо еквивалентно понашању електронског спинора φ. Хипотетичном бићу које живи у тополошком вртлогу Мебиусове површине, а које преузима улогу вектора $\vec{t}$, није дозвољено да појам просторне оријентације повеже са уобичајеном ротацијом за 360°. „Пун круг" за њега има 720°: тек при оваквој ротацији оно што је на почетку обиласка његовог света било „горе" и „доле", „лево" и „десно", остаје то и даље.

Физички смисао изложене тополошке анализе спина своди се на закључак да класична ротација није једино могућа форма ротације физичких објеката, нити да структура простора која се манифестује при уобичајеним ротацијама мора бити његова једино могућа структура. У регионима микросвета реда величине ротирајућих честица слојеви простора могу добити форме на које наша уобичајена геометријска интуиција није навикла, али чије се манифестације могу регистровати и у нашем свету. У једном од следећих бројева овог часописа изложићемо директне експерименталне доказе о обнављању спинских стања управо при ротацији за 720°, а не за 360°.

АКЦЕЛЕРАТОРИ ЧЕСТИЦА (наставак)

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

После кратке паузе, настављамо са објављивањем текста „Акцелератори честица". Пре следећег наставка, подсетимо се укратко садржаја претходна три објављена дела текста.

Прва два дела (МФ 46 и 47) су била посвећена основним принципима рада акцелератора, а од три врсте акцелератора (електростатички, линеарни и циркуларни), обрађене су прве две. Од електростатичких, наведене су најважније особине и принципи функционисања акцелератора Cockroft-Walton*-овог и* Van de Graaff*-овог типа. Као примери за линеарне* *акцелераторе описани су, у најкраћим цртама, класични линак и линак Alwarez-овог типа.*

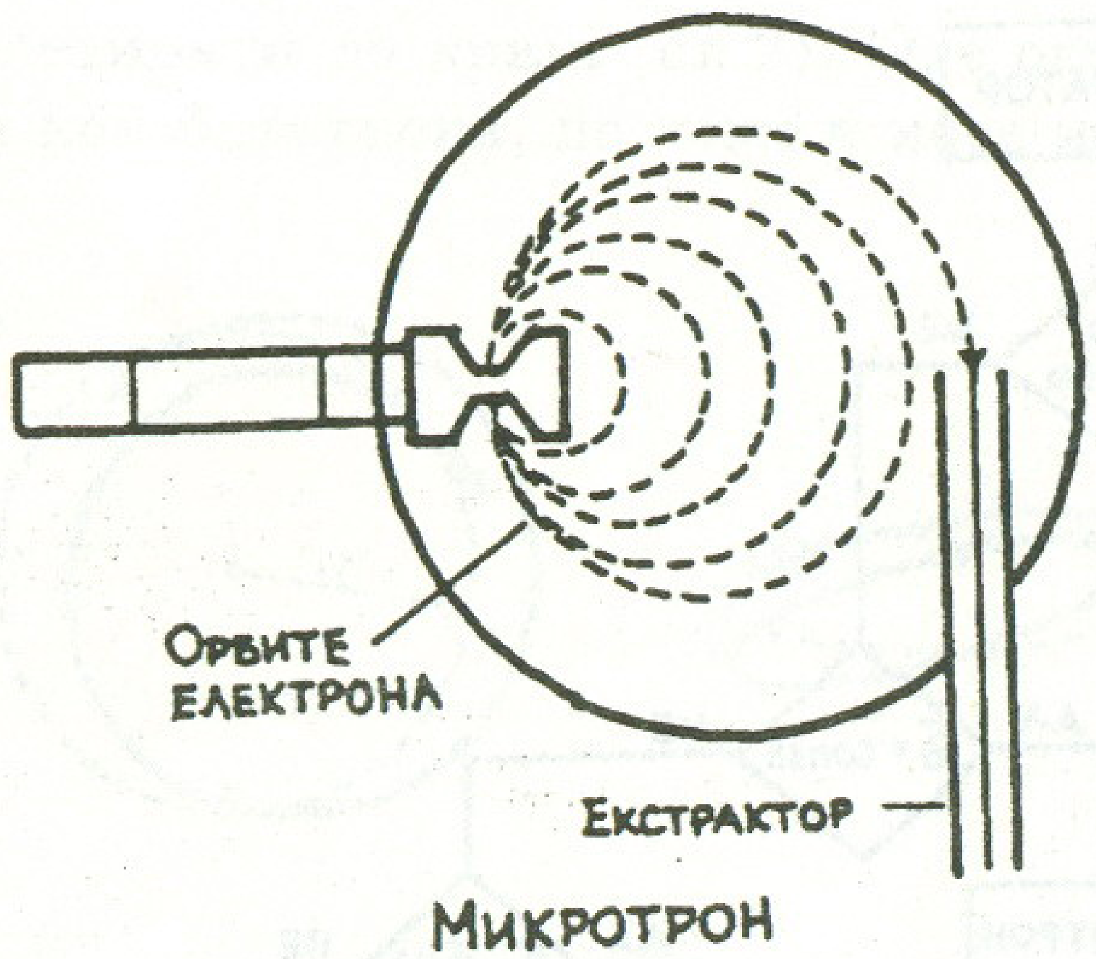
Трећим наставком (МФ-48) започет је текст који се односи на циркуларне акцелераторе. Истакнута је основна разлика ове врсте акцелератора у односу на остале две, а затим су наведени принципи функционисања класичног циклотрона, синхроциклотрона и бетатрона.

Следећи, четврти наставак започињемо навођењем најважнијих карактеристика микротрона, а затим следи детаљнији опис принципа рада изохроних циклотрона. Посебан значај дат је проблему кретања наелектрисаних честица при њиховом убрзавању у промењљивом магнетном пољу које карактерише ову бројну и важну групу циклотрона. У овом наставку је, такође, дата табела у којој су наведене све врсте циркуларних акцелератора са најзначајнијим параметрима по којима се они разликују.

Микротрон

Микротрон (сл.1) или електронски циклотрон, за разлику од бетатрона чији је duty cycle реда 10^{-4}, обезбеђује континуирани сноп електрона. Принцип рада се може описати на следећи начин. Из кратког линеарног акцелератора, који је смештен у непромењљивом и хомогеном магнетном пољу, излазе електрони са кинетичком енергијом једнаком маси мировања ($0,51\ MeV$). Електрони се убрзавају једном у току једне орбите, увек на истом месту, и енергија (орбита) се увећава све док се не достигне коначна вредност на којој се врши екстракција. Период обртања електрона је увек за један већи од претходног ($\tau_1 = 2\tau_0,\ \tau_2 = 3\tau_0, \ldots$). Максималне енергије електрона добијене из микротрона (реда $20\ MeV$) су знатно ниже од оних које се могу добити бетатроном.

Прва подела циркуларних машина је направљена на оне код којих се радијус орбите R мења: **циклотрони**, и на оне код којих је радијус орбите фиксиран ($R = const$): **синхротрони, бетатрони**. Циклотрони се деле на: *класичне* ($B = const,\ \omega = const$), *синхроциклотроне* ($B = const,\ \omega$ – промењљива) и *изохроне циклотроне* [$B = B(R,\varphi),\ \omega = const$]. **Синхротрони** (или синхрофазотрони) су карактеристични по томе што се дуж фиксиране орбите магнетно поље и орбитална фреквенција стално морају повећавати сагласно убрзању које добијају честице. У односу на својства магнета постављених дуж орбите, направљена је подела на синхротроне са **слабим фокусирањем** (нултим или константним градијентом) и синхротроне са **јаким фокусирањем** (промењљивим градијентом поља). Код ових других, магнетно поље може



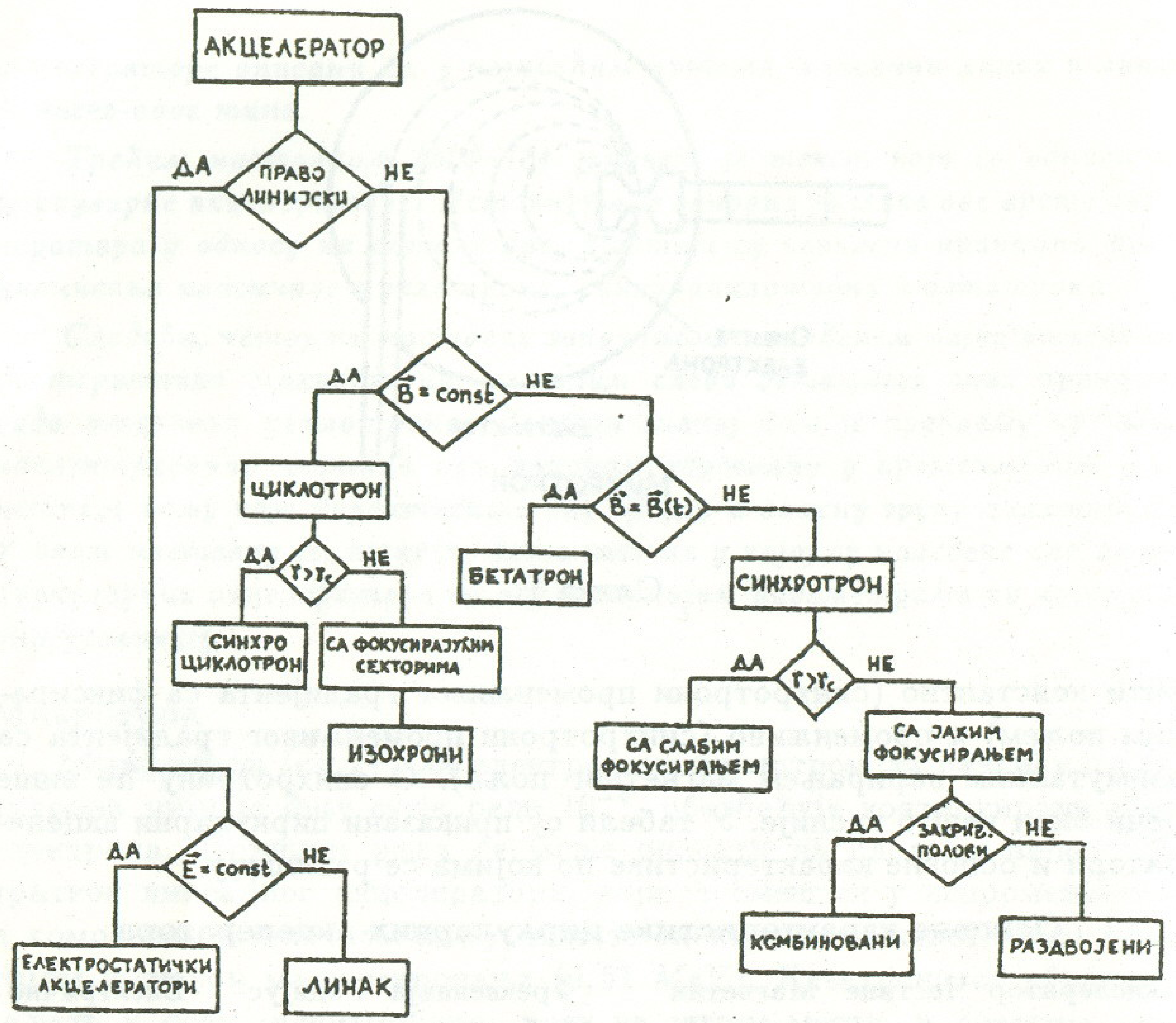
Слика 1.

бити константно (синхротрони промењљивог градијента са фиксираним пољем) и промењљиво (синхротрони промењљивог градијента са азимуталним варирањем магнетног поља). О синхротрону ће више речи бити нешто касније. У табели су приказани циркуларни акцелератори и основне карактеристике по којима се разликују.

Основне карактеристике циркуларних акцелератора

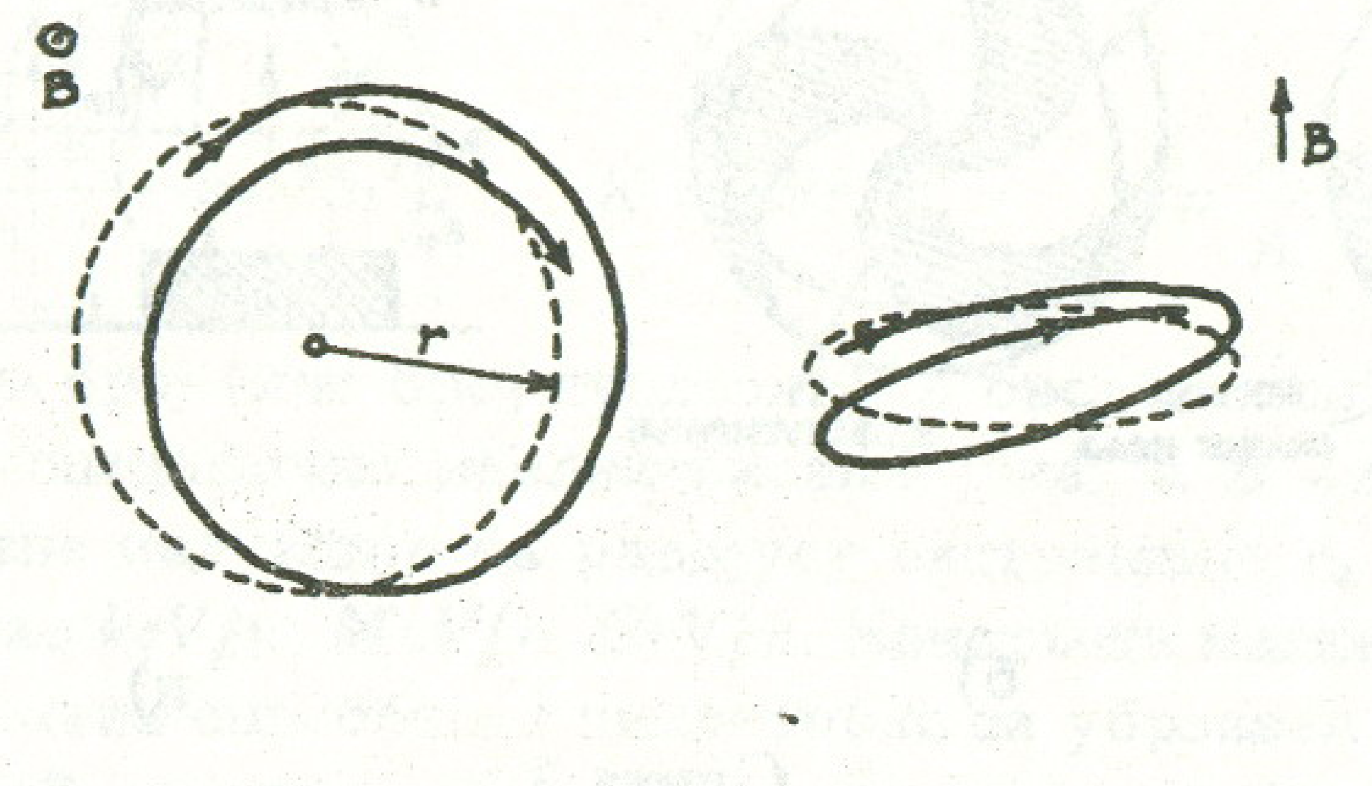
Акцелератор	Честице	Магнетни флукс B	Фреквенција побудног напона ω	Радијус R	Електрично поље E
Бетатрон	електрон	промењљив $B = B(R,t)$		фиксиран $R = const.$	промењљиво $E = E(t)$
Циклотрон	лаки, тешки јони	фиксиран $B = const.$	фиксирана $\omega = const.$	повећава се	$E \sim const.$
Синхроциклотрон	лаки, тешки јони	фиксиран $B = const.$	промењљива, опада $\omega = \omega(t)$	повећава се	промењљиво $E \sim 1/\omega(t)$
Изохрони циклотрон	лаки, тешки јони	промењљив $B = B(R,\varphi)$	фиксирана $\omega = const.$	повећава се	мења се као $E \sim B(R)$
Синхротрон	лаки, тешки јони	промењљив $B = B(R,\varphi,t)$	промењљива, расте $\omega = \omega(t)$	фиксиран $R = const.$	промењљиво $E \sim B(t)$

Ефикасност убрзавања и екстракција честица у циркуларним ма-



шинама су тесно повезани са синхронизацијом и стабилношћу њихове орбите. Контрола кретања честица, па самим тим и обезбеђивање синхронизације и стабилности њихове орбите при убрзавању, већ код најједноставнијег, класичног циклотрона, представља изузетно комплексан, али и доста добро изучен проблем. У том погледу, квалитет и интензитет излазног снопа честица из линеарних акцелератора имају предност у односу на излазне снопове из циркуларних машина. Најважнији разлози због којих се наелектрисана честица не креће стриктно по орбити су релативистички пораст масе и нехомогености магнетног поља. Док се први ефекат може компензовати на начин који је већ описан, нехомогености магнетног поља, чак и у најидеалнијим условима, увек су присутне и није их могуће у потпуности елиминисати. Нерегуларно кретање честица, под којим се подразумева одступање од кретања по орбити у вертикалном (аксијалном) и хоризонталном (радијалном) смеру, познато као **бетатронске осцилације**, условљава нарушење синхроности тако да се код њих процес убрзава-

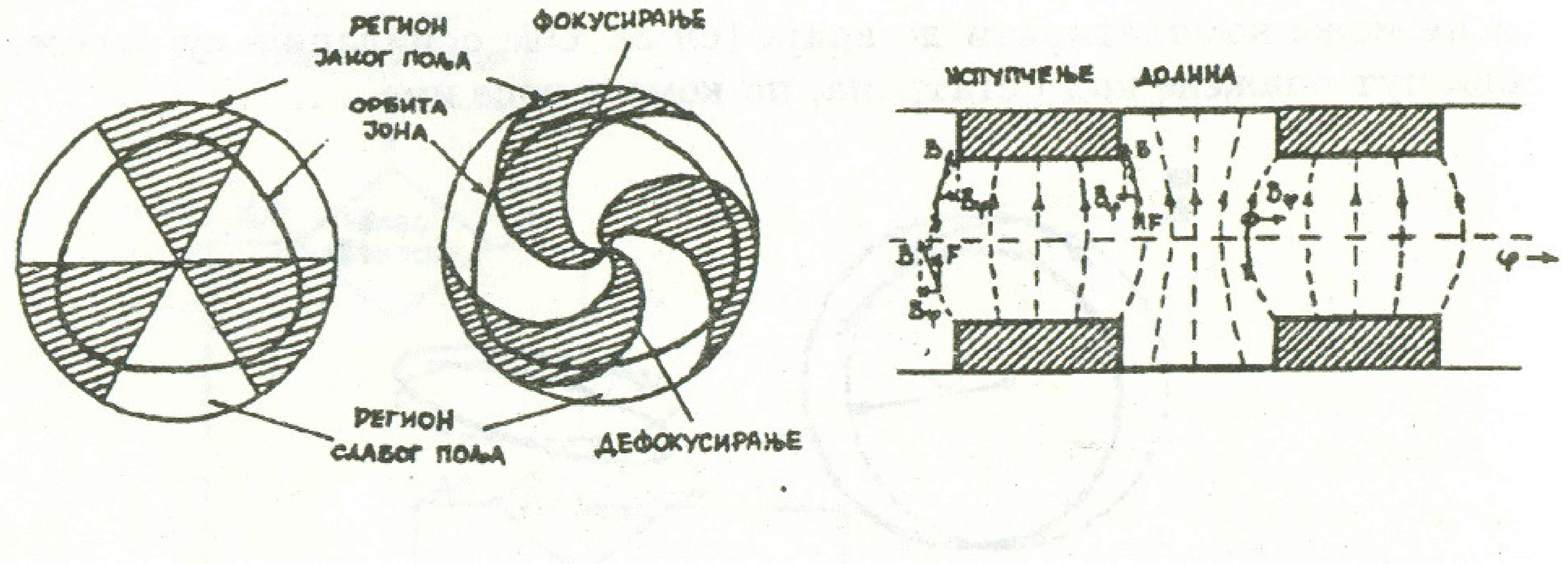
ња не може комплетирати до краја (сл.2). Ове осцилације су, иначе, први пут опажене код бетатрона, по коме и носе име.



а) б)

Слика 2.

Елиминација бетатронских осцилација код изохроних циклотрона се састоји у конструкцији и градњи специјалних форми магнетних полова, као и у настојању да се постојеће нехомогености магнетног поља компензују повећањем или смањењем магнетног поља (радијално и аксијално фокусирање) и на тај начин побољша стабилност кретања честица. Thomas је 1938. године први предложио да се нарушење синхроности компензује постепеним порастом средњег магнетног поља са радијусом. Како аксијално фокусирајућу силу производи азимутална компонента магнетног поља, аксијално фокусирање се обезбеђује азимуталним варирањем магнетног поља. Азимутално променљиво магнетно поље се може добити коришћењем фокусирајућих сектора магнетних полова као што је предложио Thomas (сл.3). Ако сектори имају спиралну форму (сл.3б), обезбеђује се додатна фокусирајућа сила која још више побољшава стабилност орбите честица. **Изохрони циклотрони**, познати још као циклотрони са фокусирајућим секторима или циклотрони са промењљивим азимуталним магнетним пољем, обезбеђују максималне енергије честица много веће од лимита за класичне циклотроне, а због тога што оперишу при фиксираној фреквенцији ($\omega = const$), средње струје (интензитети) излазног снопа достижу релативно високе вредности (и до 1 mA). Од многих у свету, споменимо два значајна изохрона циклотрона са фокусирајућим секторима: 88 инча циклотрон у Lawrence Radiation Laboratory, Berkely и 88 инча на Универзитету у Los Angeles-у. Максималне енергије протона, деутерона, α-честица код оба циклотрона су: 60, 65 и 130 MeV респективно, а струје снопа до 1 mA.



а) б) ц)

Слика 3.

Даља примена Thomas-овог принципа води ка конструкцији и градњи индивидуалних фокусирајућих сектора између којих постоји простор где је магнетно поље једнако нули. Комбинација оваквог дизајна циклотрона са фокусирајућим секторима (углавном више од три сектора) обезбеђује високе енергије (500, 600 MeV) и струје (од пар стотина μA до неколико mA) излазног снопа честица, али је зато опсег варирања коначне енергије знатно сужен. Од циклотрона овог типа који су данас још увек у погону, најпознатији су: осмосекторни циклотрон (осам сепаратних сектора), познат као „мезонска фабрика", у Villingen-у близу Zürich-а, Швајцарска и шестосекторни циклотрон TRIUMF у Vancouver-у, Канада.

Максимална енергија честица убрзаних у циклотронима је углавном одређена карактеристикама магнета и максималном вредношћу магнетног поља. Познато је да је максимална индукција магнетног поља код конвенционалних (класичних) магнета ограничена до приближно 2 T. Један од начина да се интензитет магнетног поља повећа и да се број честица, односно јона који се могу убрзавати, прошири, па самим тим и повећа максимална излазна енергија, јесте коришћење суперпроводних магнета. Данас у свету постоји већ неколико суперпроводних циклотрона од којих су најпознатија два: K600 и K800 у држави Мичиген, САД. Они се углавном користе за убрзавање тешких јона.

Релација којом се описује кретање честице у циклотрону може се модификовати за тешке јоне тако да се излазна (максимална) кинетичка енергија јона који се убрзава изрази у форми кинетичке енергије по нуклеону:

$$\frac{T}{A} = \frac{e^2 B^2 r^2 \left(\dfrac{Z}{A}\right)^2}{2m} = K\eta^2, \qquad K = (Br_e)^2, \qquad \eta = \frac{Z}{A}, \qquad q = Ze, \tag{1}$$

где је A масени број (или број нуклеона), Z број елементарних наелектрисања e, η специфично наелектрисање јона, а B одговара интензитету магнетне индукције на радијусу екстракције r_e. Обично, T/A се изражава као keV/u, MeV/u, GeV/u. Константа магнета K, којом се у ствари изражава способност циклотрона за убрзавање тешких јона, представља моћ скретања честице и карактерише њену трајекторију у радијалном смеру, па је позната као константа скретања K_b (bending constant). Она се може директно изразити у MeV према следећој формули: $K_b = 48(Br_e)^2$. Уз радијалну, дефинише се и константа аксијалног дејства K_f:

$$\frac{T}{A} = K_f\eta, \qquad K_f = Br_e\sqrt{\frac{N^2}{N^2-1}F(1+2\mathrm{tg}^2\vartheta)}, \tag{2}$$

која изражава моћ (или лимит) фокусирања честице у аксијалном смеру и назива се константом фокусирања (focusing constant). Експлицитан израз за константу фокусирања (2) има нешто компликованију форму, али је довољно упамтити да је ова константа одређена бројем сектора циклотрона N, спиралним углом сектора ϑ (сл.3б) и параметром изохроног магнетног поља F, познатим као флатер (flutter) који је пропорционалан $\sim 1/B^2$.

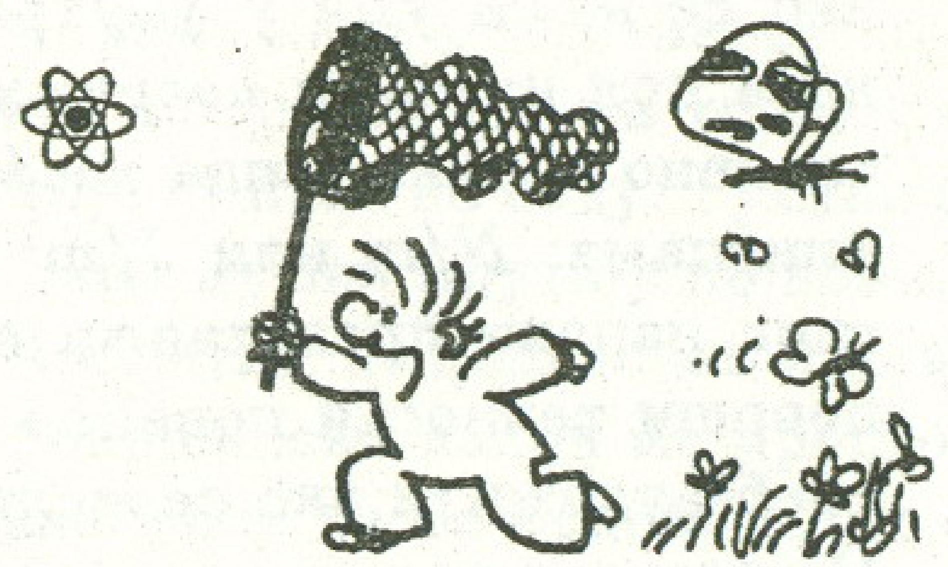
У Институту за нуклеарне науке „Винча", близу Београда, у току је изградња Акцелераторске инсталације ТЕСЛА чији ће главни део представљати изохрони Циклотрон VINCY. Овај изохрони циклотрон са четири права сектора и два дуанта, предвиђен углавном за убрзавање тешких јона у енергетском интервалу од 1 до 40 MeV/u, моћи ће да убрзава деутероне и протоне до енергија 75 и 65 MeV респективно. У зависности од масе и наелектрисања, максималне излазне струје снопа ће бити реда неколико μA. Најважније карактеристике Циклотрона VINCY су: $B_{max} = 2{,}1\ T$, $K_b = 145\ MeV$, $K_f = 75\ MeV$, $r_e = 80 - 86\ cm$.

На крају овог поглавља, као пример, навешћемо основне параметре при дизајну и конструкцији два нискоенергетска циклотрона истих енергија 20 MeV, једног који убрзава протоне (1) и другог који убрзава деутероне (2). Почећемо са магнетом који углавном представља најскупљи део и чија цена, као што је већ споменуто, расте приближно са трећим степеном линеарне димензије. Величина магнета се може сузити избором јачег магнетног поља, обично између 1,5 и 2 T. Нека је $B = 1,5\ T$. За радијусе орбите којима одговара максимална енергија протона, односно деутерона, добијамо: $R_1 = 0,43\ m$ и $R_2 = 0,61\ m$. Да би се добила реална величина (димензија) пола магнета, неопходно је увећати сваку од вредности радијуса за 10%. Узимајући да је релативно опадање магнетног поља дуж радијуса 3%, максимална вредност поља у центру износи $B = 1,545\ T$. С друге стране, фракциони пораст масе који јони трпе услед релативистичког ефекта (T/E_0) је 2,13% за протоне и 1,07% за деутероне, тако да ће на енергији 20 MeV масе протона ($m_{01} = 1,67 \cdot 10^{-27}\ kg$) и деутерона ($m_{02} = 3,33 \cdot 10^{-27}\ kg$) бити $m_1 = 1,71 \cdot 10^{-27}$ и $m_2 = 3,36 \cdot 10^{-27}\ kg$ респективно. Одговарајуће фреквенције револуције на $r = 0$ и $r = R_e$ су: $f_{01} = 22,9\ MHz$, $f_{R1} = 22,3\ MHz$ за протоне и $f_{02} = 11,5\ MHz$, $f_{R2} = 11,4\ MHz$ за деутероне. Захтев за одржањем синхроности је да вредност фреквенције RF напона треба да се налази између вредности орбиталних фреквенција f_0 и f_R. Најчешће, фреквенција RF напона има вредност која приближно одговара радијусу орбите где честица добија трећину своје максималне енергије. Услов синхроности за деутероне ће бити испуњен и за α-честицу која има двоструко веће наелектрисање и приближно два пута већу масу од деутерона, јер због непромењеног односа q/m, фреквенција револуције остаје иста. Међутим, како је однос q^2/m за α-честице два пута већи него у случају деутерона, кинетичка енергија α-честица ће бити два пута већа. Коначно, да би се проценио максимални RF напон између дуаната, мора се имати у виду опадање B за 3%, тако да је за протоне $V_{max} = 300\ KV$, док ће за деутероне та вредност бити приближно два пута мања. Јасно је да ће у пракси ови напони увек захтевати нешто веће вредности ако се имају у виду процеп између дуаната и остали елементи који уносе додатне отпорности. Препоручује се читаоцу да самостално прође кроз исти рачун.

— У школској години 1993/94. за успешно решавање конкурсних задатака награђени су следећи ученици:

1. Милош Тешановић, ОШ „I пролетерска бригада", Београд, наставница Неда Ђорђевић;
2. Данијела Стојановић, ОШ „Стеван Чоловић", Ариље, наставник Момир Вуковић;
3. Зоран Татић, ОШ „Миша Живановић", Средњево, наставник Синиша Станковић.

ФИЗИКА И ...



ХОДАЊЕ ПО ВОДИ

Рак Лајош, Физички факултет, Београд

„А у четврту стражу ноћи отиде к њима Исус по мору. И видјевши га ученици по мору гдје иде, поплашише се говорећи: то је утвара; и од страха повикаше. А Исус одмах рече им говорећи: не бојте се; ја сам, не плашите се. А Петар одговарајући рече: Господе! ако си ти, реци ми да дођем к теби по води. А он рече: ходи. И изишавши из лађе Петар иђаше по води да дође к Исусу..."

Јеванђеље по Матеју, глава 14, Нови завјет,
превод Вука Караџића

Пре него што размотримо да ли је са гледишта физике могуће да неко хода по површини воде, упознајмо детаљније ту површину. Прво да разјаснимо појмове. У геометрији се под појмом *површи* подразумева дводимензиони облик без дебљине. У случају супстанције која је, као што је познато, атомско-молекуларне природе, под појмом површи увек се подразумева слој мале, али коначне дебљине (коначне запремине). Дебљина овог слоја је једнака дебљини најмање једног атома или молекула. Геометријска мера површи назива се *површина* и мери у јединицама: m^2, cm^2, mm^2, *ar*, *hektar* итд.

Појаве које се дешавају у површинским слојевима, између течности и гаса, у великој мери се разликују од оних у унутрашњости течности. Молекул воде у дубини је окружен великим бројем молекула исте врсте са свих страна подједнако. У граничном слоју молекул воде је само са „доње " стране окружен „густо" другим молекулима воде, док је број молекула ваздуха и водене паре изнад далеко мањи. Због тога на посматрани молекул делује много већа међумолекулска сила привлачења ка унутрашњости воде него према ваздуху. Последица овога је да се површински слој у односу на дубље слојеве налази у напрегнутом стању. Према многим опажањима, површина воде се понаша као затегнута еластична опна коју треба претходно „пробити" ако се жели ући у унутрашњост воде. Ова појава у физици је позната под називом *површинског напона*. Површински напон се квантитативно карактерише *коефицијентом површинског напона* и мери у јединицама: N/m или J/m^2 ($1\ N/m = 1\ J/m^2$). Коефицијент површинског напона представља силу којом треба деловати да би се обим површи течности повећао за јединицу, или другачије, то је рад који треба уложити ако се жели повећати површина течности за јединицу. Наиме, свака течност заузима такав облик да има најмању површину. У безгравитационом простору (бестежинском стању) облик течности је сфера. У гравитационом пољу, или у присуству других сила, овај облик се наравно деформише, па су површи вода на Земљи нама добро познате „водоравне". Коефицијент површинског напона воде износи $73 \cdot 10^{-3}\ N/m$, а живе $500 \cdot 10^{-3}\ N/m$ (обе на собној температури).

У постојање површинског напона лако можете да се уверите и непосредно, путем огледа за који је потребан жилет и чаша воде. Ако се жилет пажљиво постави на површину воде, неће да потоне него ће да плута. Ако жилет пажљиво притиснете прстом, и даље ће да плута све док сила којом вршимо притисак не постане већа од сила површинског напона. Уз мало вежбања овај ће оглед свако од вас, надамо се, успети да изведе. Експеримент ће бити успешнији ако се жилет са обе стране танко намаже капљом уља или масти. Ако се жилет потопи дубље, потонуће тако да се слободна површина изгуби, и сам од себе неће да исплива на површину.

У површинском слоју вода на Земљиној кугли живи читав низ ситних животиња, вешто користећи физичке особине овог слоја воде. Ако нека животиња жели да се одржи на површини воде, очигледно га не сме пробити. Пробијање површинског слоја може да се спречи молекулима воска или масноће (водоодбојне супстанције). Инсекти из породице копница (Gerridae), поточних скакалица (Veliidae) и барских скакалица (Hydrometridae) стоје на површини воде на своја три пара ногу које су прекривене воском.

Водени скокуни (Poduridae) су веома ситни инсекти, величине главе чиоде (око 1 mm), чије је тело прекривено воском. Њихов проблем, који морају да реше, није у томе да не пробију површински слој, него да их ветар не одува са површине воде. Са доње стране тела имају „стуб" који није превучен воском, а намена му је да пробије површински слој и на тај начин „прикује" животињицу за воду. Осим тога, на канџама ногу такође нема воска, па и оне продиру кроз површински слој обезбеђујући добро припајање.

Водени скокуни се хране поленом и спорама алги које је ветар донео на површину воде. Копнице и скокунице су грабљивице и хране се ситним инсектима и другим животињама које су пале на воду. Густина инсеката-плена је мања од густине воде, тако да они плутају по води, и потисак спречава њихово потапање. Молекули површинског слоја воде везују се за молекуле инсеката, и површински напон их просто заробљава, као да су упали у лепак. Како желе да се ослободе, копрцају се, и на овај начин стварају ситне таласе који се простиру по површинском слоју. Ловци примају ове таласе са површине и брзо стижу до плена. Онај који први стигне, подиже инсекта и прекида таласање да конкуренти не би приметили и да би га сам појео.

Паук воденловац (Pirata piraticus) је дужине око 8 mm и редовно стоји на обали бара, додирујући предњим ногама воду. На поремећаје површине реагује као што и његови копнени сродници реагују на трзаје својих мрежа. Док по површини воде трчи са своја четири пара ногу, до плена, испушта свилену нит (паучину) чији је један крај претходно причврстио за обалу. Након грабљења плена, помоћу ове нити се извлачи заједно са пленом на копно.

Вртице (Gyrnus) добијају информације из таласања површине на још префињенији начин. Оне се по површини воде крећу великом брзином, производећи саме таласе. Затим прате одбијене таласе, који након удара о околне препреке поново доспевају до њих. На овај начин се вешто оријентишу међу препрекама на површини. У овоме сте, надамо се, препознали принцип рада радара.

Можда је најспектакуларнији начин коришћења површинског слоја воде „измислио" инсект из породице кусокрилаца (Staphylinidae), који нема назив на српском. Његов научни, биолошки назив је Paederus baudii. Овај инсект живи на обали воде, а ако случајно падне у воду, из задњег дела тела испушта камфорасту супстанцију која смањује привлачну силу међу молекулима (па и силу површинског напона). Пошто задњи део његовог тела више није везан силама површинског напона, док су његове предње ноге и даље везане, инсект ће да појури по површини као моторни чамац на ракетни погон. Померајући задњи део тела у одговарајућем правцу, може и да управља кретањем, крећући се цик-цак путањом. На овај начин брзо стиже до сигурне обале, спашавајући се од паука и копница. Осим тога, слој који остаје иза животиње је такав да по њему грабљивац не може да „хода".

На крају да размотримо да ли човек може да хода по води. У том циљу начинимо мали прорачун. Нека је човек масе 60 kg. Он ће на површину воде деловати својом тежином која износи $E = mg = 60\ kg \cdot 9,81\ m/s^2 = 588,6\ N$ (са g смо обележили убрзање Земљине теже). Ако желимо да ова сила буде уравнотежена силом површинског напона, онда тежина човека мора да буде распоређена по дужини $l = F/\alpha = 588,6\ N/73 \cdot 10^{-3}\ N/m = 8 \cdot 10^3\ m = 8\ km$ (са α је обележен коефицијент површинског напона). Пошто човек има две ноге, можемо рећи да по површини воде може да хода човек масе 60 kg чији је обим једног стопала дужи од 4 km!!!

Исус Христос, св. Петар и Јеврејин возише се у лађи по Генезаретском језеру.

— Ја ћу да се прошетам по површини воде — рече Исус. Изиђе из лађе, удаљи се од ње и затим, ходајући по води, врати се у њу.

Након извесног времена рече Петар:

— Господе, сада ћу ја да се прошетам по површини воде; и тако и учини.

Јеврејин, видевши ово, реши да и сам учини исти подвиг, па рече:

— Сада ћу ја да се прошетам по површини воде; покуша да хода по површини, међутим, убрзо потоне и удави се.

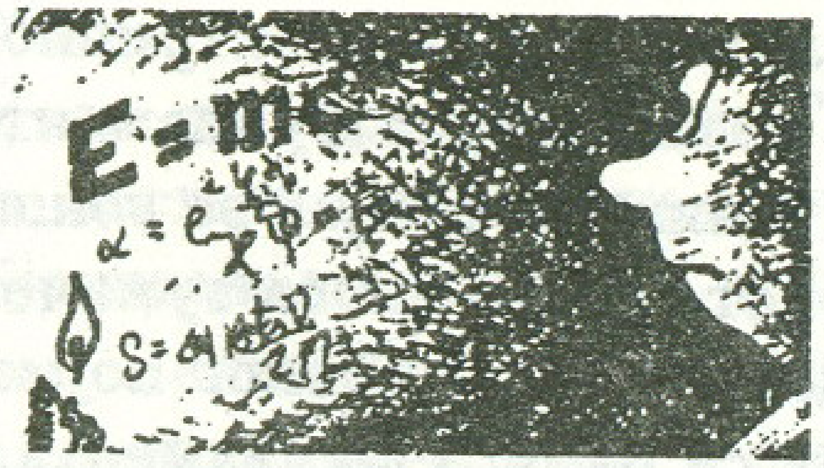
— Господе — рече Петар — мислим да је требало да му кажемо где су постављени подводни стубови.

Виц из седамдесетих година нашег века, забележио аутор

<u>Да ли знате колика је маса „снежног човека”?</u>

- Један амерички научник, проучавајући Јетија (тако се назива ово загонетно створење), дошао је до закључка да је његова маса већа од једне тоне. На мразу испод 40°C, ноге „снежног човека” остављају на растреситом снегу траг дубине 2,5 cm. На основу овога посматрања дошло се до наведеног податка.

БУДИТЕ РАДОЗНАЛИ



ЕЛЕКТРОМАГНЕТНО ПОЉЕ
— два питања и два одговора —

Томислав Петровић, Физички факултет, Београд

Уопште о питањима и одговорима

Сигурно је да сте на часовима физике, у уџбенику или некој другој књизи имали прилику да се сретнете са неком тврдњом, са одређеном научном чињеницом за коју нема на „лицу места” одговарајућег објашњења. Да ли сте било како и било где тражили одговор на питање — зашто је тако? Ако сте то чинили, били сте радознали.

Неко је рекао: „Будућност припада онима који умеју да се питају.” И заиста, онај који се пита, размишља и тражи одговор, налазећи га долази до нових вредних сазнања због којих много вреди и једнога дана може много дати.

Да ли се на сва питања радозналог човека може дати кратак, једноставан и задовољавајући одговор? Нажалост, не. За нека је то могуће, за друга није.

Предмет овог чланка нису обична питања за која у уџбенику или наставниковом предавању експлицитно постоји одговор. Овде је реч о мало ређим и тежим питањима, која падају на ум само онима заиста жељним знања, радозналим, маштовитим. У физици као школском предмету и у самој науци таквих питања има на претек. Треба таква питања уочити и тражити одговор, а онда ће знање радозналог бити веће и дубље.

Радозналост се не може увек задовољити, некад из оправданих, а некад из неоправданих разлога. На питања повезана са тежњом да се добије једноставна и кратка дефиниција неких физичких појмова објективно није могуће добити потпуно задовољавајући одговор. Таква су, на пример, питања: Шта је наелектрисање? Шта је електромагнетно поље?

Није ли помало чудно да се у настави физике толико много говори о наелектрисању и о магнетном пољу, да се помоћу ових физичких појмова објашњава низ физичких појава, а да за њих нема неке прецизне дефиниције? Не, није чудно, јер објективно то није могуће. Исти случај је и за електрично и за магнетно поље... Оно што се у настави у вези оваквих фундаменталних појмова чини јесте следеће: У почетку ученици ове појмове уопште не схватају, затим се на њих навикну и користе их за многа тумачења физичких појава, не улазећи у садржајну добину коришћеног појма. Оваква ситуација је разумљива с обзиром да се ради о фундаменталним појмовима.

Радозналост у смислу како одговорити на питања – шта је наелектрисање, шта је електромангетно поље, подстакла би ученика да пита наставника или неког „зналца", или ће одговор потражити у одговарајућој енциклопедији. У свим варијантама покушаја да се добије задовољавајући одговор радозналац ће бити разочаран. Наиме, у енциклопедији ће прочитати да је „наелектрисање својство неких честица (електрона, протона,...), које се састоји у томе да стварају физичко поље и трпе дејство спољњег електромагнетног поља". Под одредницом „електромагнетно поље" пише: „... поље чијим посредством се остварује интеракција наелектрисаних честица". Овакве дефиниције никога не могу задовољити јер је присутна ситуација лошег дефинисања, позната као „змај хвата себе за реп".

Зашто је то тако?

Да би се некоме нешто објаснило, могуће је условно поступити на три начина. Ако треба објаснити шта дата ствар представља, прво што човеку пада на памет да учини (ако је то могуће) јесте да прстом укаже на њу, а онда ће без икаквих тешкоћа сопствена чула пружити саговорнику низ потребних података. Уколико нема при руци објекат који се жели објаснити, или је он невидљив, прихватљив је поступак да се подробно исприча све познато о његовим својствима. Трећи поступак би био да се уместо описивања својстава исприча све о његовој грађи.

Чињеница је да има објеката за чије разумевање и адекватно објашњење не задовољава у потпуности ниједан од поменутих поступака. Такви објекти нису непосредно доступни нашим чулима, па о њиховој грађи не можемо ништа рећи. Управо у такве објекте спадају електрично и магнетно поље. То што та поља не делују на наша чула није толико страшно, иако није баш лако бити уверен у нешто што не можемо непосредно запазити. Ми не видимо атоме, а на њих смо се привикли и знања о њима лако усвајамо.

Када је реч о физичком пољу, ствар је знатно сложенија. Наиме, о грађи поља не можемо ништа казати. Та немогућност долази отуд што данас немамо ништа што је примарније од електромагнетног поља чиме бисмо могли објаснити његову структуру.

У свакој етапи научног развитка постојали су „прости објекти", чије даље разлагање није било могуће јер саставни елементи нису били познати. Антички филозофи су свет објашњавали помоћу 4 примарна елемента: воде, ваздуха, ватре, земље. Касније, такви прости елементи постали су атоми, а данас су то елементарне честице и физичка поља. У даљим истраживањима вероватно ће бити откривени још простији објекти као саставни делови елементарних честица и физичког поља и тако ће се омогућити добијање задовољавајућих одговора на питања која су овде поменута.

Наша садашња знања и представе не омогућавају формулисање задовољавајуће дефиниције наелектрисања и електромагнетног поља. О елементарној честици, на пример, електрону, ми можемо имати неку идеју о очигледној форми (куглица или нешто слично, јасно издвојено у простору). Када је реч о пољу, у нашој свести се јавља нешто непрекидно, нешто што попуњава сав простор, попут течности која испуњава суд. Такве просте представе ипак нису данас допустиве. Схватање да је електрон наелектрисана куглица, а електромагнетно поље напрегнута хипотетична средина (етар) везује се за крај 19. века и одавно је одбачено. Данас је добро познато да електромагнетно поље испољава честична својства, а елементарне честице се понашају као талас.

Питања на која имамо одговор

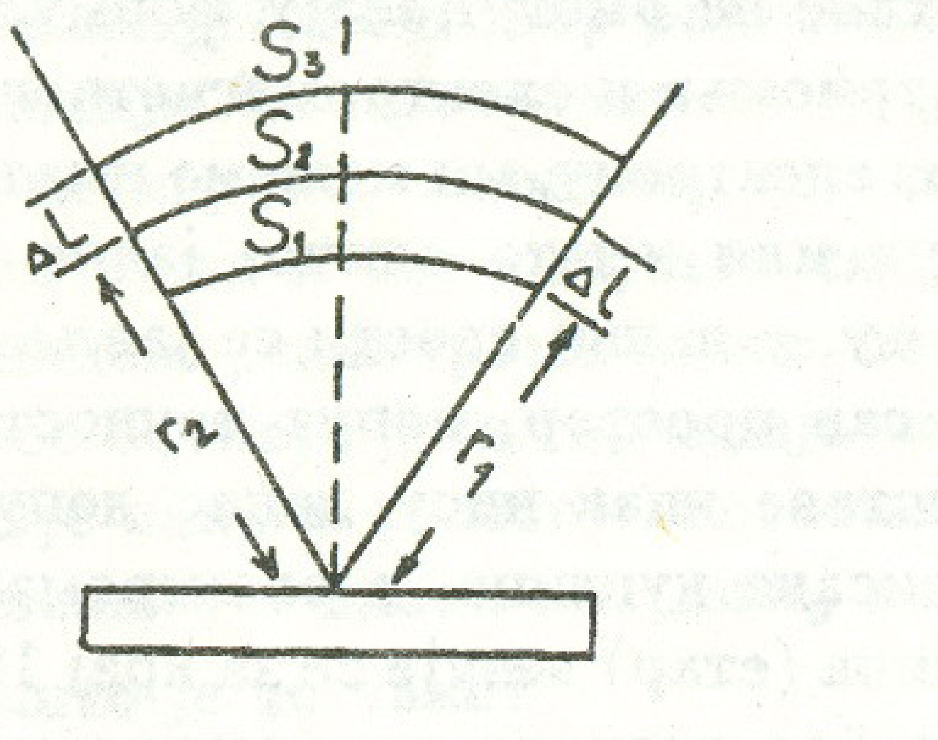
Код изучавања електромагнетних таласа у гимназији, па и на факултету, наглашава се јачина електричног, односно магнетног поља која са удаљеношћу од извора (израчивача) опада са првим степеном растојања. Такође, тврди се да су у близини вибратора вектори јачине електричног и магнетног поља у супротним фазама (бликса зона), а даље од израчивача су у фази (таласна зона). Радознали ученик у вези са овим констатацијама треба да се запита: како се наведене тврдње доказују?

Прво питање: *Како се може показати да је заиста* $E \sim \frac{1}{r}$*?*

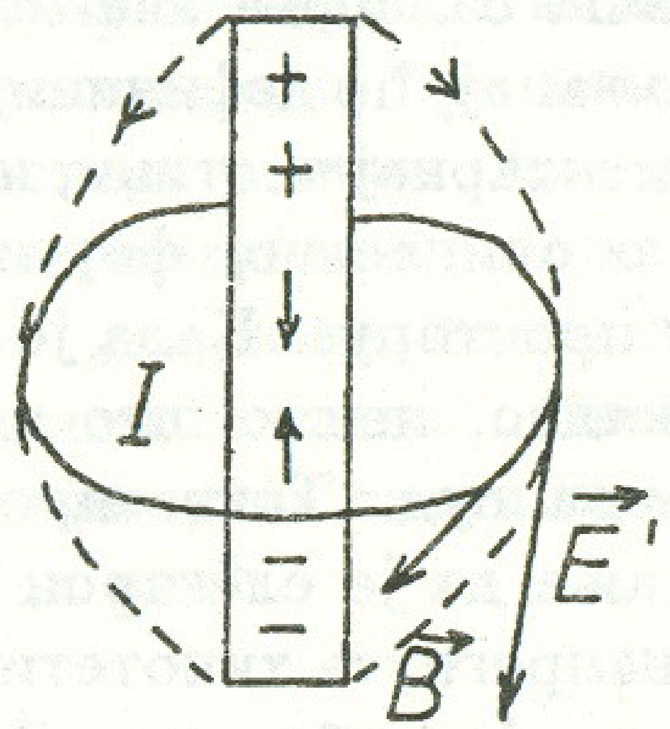
Одговор: Познато је да густина укупне енергије коју израчује линеарни вибратор дужине L износи

$$W = W_E + W_M = \frac{\varepsilon_2\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu_2\mu_0 H^2}{2} = \frac{\varepsilon_2\varepsilon_0 E^2}{2}, \text{ јер је } W_E = W_M.$$

Ако је $r >> L$, електромагнетно поље постаје слободно, тј. независно од везе са израчивачем. Енергија у деловима конуса између назначених површина S (сл.1) при једнакој међусобној удаљености Δl једнака је. Према томе $\Delta l S_1 E_1 = \Delta l S_2 E_2$. С обзиром да је $S_1 \sim r_1^2$ и $S_2 \sim r_2^2$, једнакост $E_1^2 r_1^2 = E_2^2 r_2^2$ може да важи само ако је $E_1 \sim 1/r_1$ и $E_2 \sim 1/r_2$. (Ово је један од доказа да је $E \sim 1/r$.)



Слика 1.



Слика 2.

Друго питање: *Зашто су јачине електричног и магнетног поља у противфази (блиска зона) и у истој фази (таласна зона)?*

Одговор: Блиска или квазистационарна зона је област простора у непосредној близини израчивача ($r \leq \lambda$, где је λ таласна дужина електромагнетног таласа). У овој области вектори $\vec{E}$ и $\vec{B}$ су фазно померени за $\pi/2$. Општи услов да вибратор израчује електромагнетне таласе је да се у њему наелектрисања (електрони) крећу убрзано.

Ако је на неки начин (помоћу Херцовог вибратора, електронске цеви, клистронске цеви) у израчивачу покренуто и извршено раздвајање наелектрисања, у датом моменту је створено тзв. „квазистационарно" електростатичко поље јачине $\vec{E}'$ (сл.2). Кретање наелектрисања представља електричну струју јачине I. По законима електродинамике ова струја има своје магнетно поље индукције $\vec{B}'$. Упоређујући интензитете, закључује се да $\vec{E}'$ и $\vec{B}'$ нису у фази, јер је $\vec{E}'$ највеће онда када је јачина струје најмања, тј. када је индукција $\vec{B}'$ најмања.

Према Максвеловој теорији квазистационарно електрично поље $\vec{E}'$, односно убрзано кретање електрона, ствара индукционо поље магнетне индукције $\vec{B}$, а квазистационарно магнетно поље ствара индукционо електрично поље $\vec{E}$. Због тога настаје суперпозиција $\vec{E}' + \vec{E}$ и $\vec{B}' + \vec{B}$.

Пошто квазистационарна поља опадају са квадратом растојања, а индукциона, која су у фази, знатно спорије ($1/r$), то на растојањима $r >> L$ (L је дужина вибратора, најчешће једнака половини таласне дужине) квазистационарна поља практично ишчезавају и остају индукциона, која се називају и „слободна". Дакле, постојањем две „врсте" електричног, односно магнетног поља и различитим законом опадања објашњавају се фазни односи $\vec{E}$ и $\vec{B}$ у „таласној зони".

Позив на сарадњу

Позивамо све радозналце, ученике и друге, да нам шаљу своја питања на која не могу сами да нађу одговор. Интересантна питања ћемо објављивати и чекати одговоре читалаца. Праве и добре одговоре читаћете у „Младом физичару".

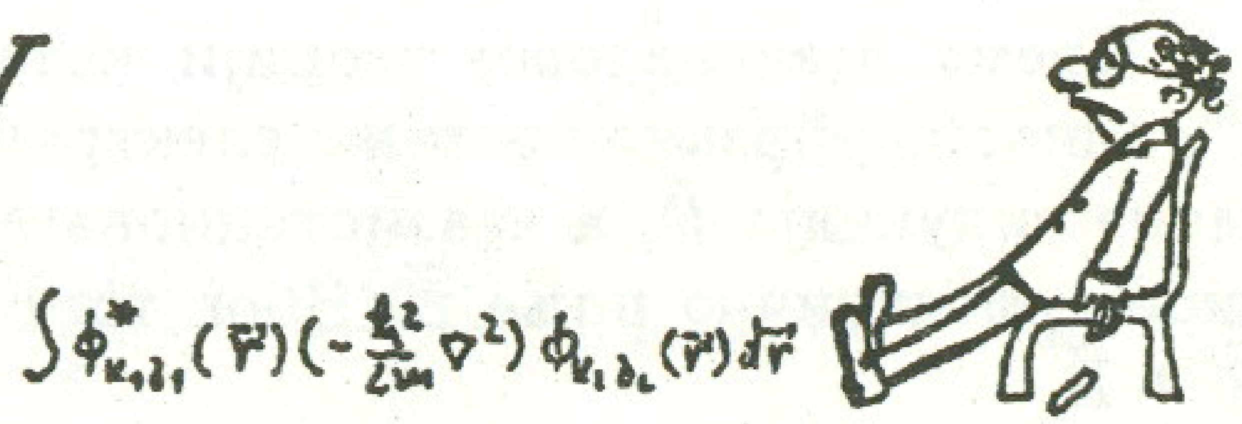
За наставак ове рубрике, постављамо вам два нова питања из две различите области физике:

1. Под истим условима, сила трења клизања је знатно мања од силе трења котрљања. Зашто?
2. Услов за интерференцију светлости је да извори светлости буду кохерентни. Под претпоставком да тачно знате шта значи „кохерентност" извора, објасните зашто је то неопходан услов.

Да ли знате ...

- да је Antoine Lavoisier, отац савремене хемије, завршио живот као жртва Француске револуције. По налогу Робеспјера Лавоазије је ухапшен 1794. године, оптужен да кује заверу против Револуције и осуђен на смрт гиљотином. Том приликом, астроном Joseph Lagrange је написао: „Само је тренутак био довољан да му се одруби глава, а питање је да ли ће се у наредних сто година родити још један такав геније."

ИНТЕРВЈУ



РАЗГОВОР О ЕЛЕМЕНТАРНИМ ЧЕСТИЦАМА

О елементарним честицама је много написано у уџбеницима, лексиконима, енциклопедијама, научнопопуларним књигама... Сазнања о елементарним честицама се непрекидно проширују. Питања на ову тему увек има. Одабрали смо нека од њих, она која су у жижи интересовања младих, упутили се у Институт за физику у Земуну и разговарали са проф. др Ђорђем Шијачким, специјалистом за елементарне честице.

Т.С.: Да ли се елементарне честице прво откривају оловком и хартијом (чисто теоријски), а тек онда експериментално?

Ђ.Ш.: Свака област физике, наравно, почиње са неким експерименталним открићем. Касније теорија и експеримент „иду" паралелно, и међусобно се подстичу. Могло би се рећи да данас у овој области теорија предњачи за „прса". Наравно, док нас експеримент не изненади неким потпуно неочекиваним открићем.

Т.С.: Значи, ниједан експеримент не може без теорије?

Ђ.Ш.: Теорија је, пре свега, систем размишљања и организације знања. У том смислу, од саме идеје па до интерпретације резултата, нема експеримента без теорије. Теорија, у ужем смислу речи, синтетизује знања и метематички их формулише, а потом предвиђа нове ефекте, који се онда експериментално проверавају.

Т.С.: Према томе, оно што се „роди" на папиру треба експериментално потврдити?

Ђ.Ш.: Тачно, при чему је то некада изразито велики подухват. Неки од експерименталних уређаја који се данас користе тешки су и по неколико стотина тона, а елементарне честице се убрзавају у тзв. акцелераторима чије димензије се исказују у десетинама километара. Замислите само колико имагинације и знања треба уложити да све то беспрекорно функционише.

Т.С.: Трагови које остављају честице унутар детектора главни су извор информација о њиховом понашању и особинама. Да ли се може рећи да је то слично покушају да се, по трагу који за њим остаје, одреди тип пролетелог млазног авиона?

Ђ.Ш.: Да. На основу регистрованог трага може се одредити брзина и правац „авиона". У раним експериментима су коришћене фотографске плоче и тзв. мехурасте коморе, где су трагови били видљиви „голим оком", док су савремени уређаји изразито комплексни.

Т.С.: Знамо да се атоми састоје из језгра и електрона који круже око њега. Више се говори о језгру, а мање о електрону. Да ли је сам електрон дељив? Да ли је његова унутрашњост остављена будућности?

Ђ.Ш.: Пре свега, сва сазнања у природним наукама имају неку границу. Што се самог електрона тиче, утврђено је да се он понаша као тачкасти објект све до растојања од 10^{-19} m. Каква му је „структура" на мањим растојањима, није познато. Према неким теоријама, одређена паралела између лептона (електрон, мион,...) и кваркова (честица од којих се састоје протон, неутрон,...) може се објаснити претпоставком о „преонима", који би, онда, били саставни делови и самог електрона.

Т.С.: Ако сви електрони не би били једнаки, да ли би постојао периодни систем елемената?

Ђ.Ш.: Не би постојали атоми, па према томе ни периодни систем елемената.

Т.С.: То говори о стабилности честица...

Ђ.Ш.: Електрони и протони су стабилне честице. Захваљујући томе постоји природа око нас (Сунце, Земља, ...). Већина преосталих елементарних честица није стабилна — оне се по одређеним правилима распадају на лакше честице. Граница стабилности електрона и протона није дефинитивно позната.

Т.С.: Да ли је у том правцу изведен неки експеримент?

Ђ.Ш.: Наравно. Може се рећи да је свако од нас и учесник и предмет таквог експеримента. Размислите само о дуговечности наших костију и о броју протона из којих се састоје — одмах ћете закључити да су протони врло дуговечни. Савремени експерименти су границу стабилности протона поставили на више од 10^{33} година!

Т.С.: Како се дошло до закључка да нуклеони (протони и неутрони) нису елементарне честице?

Ђ.Ш.: До тога се дошло у току теоријских истраживања симетрија које су откривене у свету елементарних честица, као и експериментима бомбардовања протона електронима. Поједностављено речено, ако је протон „један играч" (тачкаста честица), он би одмах одбио лопту упућену њему; насупрот томе, „група играча" (сложена честица) би се другачије понашала. Данас се сматра да су протон и неутрон (као и све честице на које делују „нуклеарне силе") састављени од кваркова.

Т.С.: Какво је узајамно деловање нуклеона?

Ђ.Ш.: Интеракција се одиграва посредством тзв. јаког (нуклеарног) поља. Извор овог поља су кваркови, а поље са своје стране делује на њих. У микросвету сва поља се „састоје" од честица — честице јаког поља се називају „глуони". Оне се размењују између кваркова.

Т.С.: Размена честица је слична предаји лопте између два играча?

Ђ.Ш.: Могло би се рећи.

Т.С.: Шта се може рећи о антипротонима?

Ђ.Ш.: Протон и антипротон су објекти који имају исту масу (и спин), а супротне вредности „набоја", тј. наелектрисања, барионског броја, ... Свака честица има античестицу (античестица античестице је полазна честица), при чему су неке честице саме себи античестице! Око нас има више протона него антипротона. У случају једнаког броја, све би се „претворило" у електромагнетно поље.

Т.С.: Шта можете рећи о боји кваркова. Зашто су им дати „дресови"?

Ђ.Ш.: Као што су наелектрисања извори електромагнетног поља, тако је тзв. колор, односно „боја", извор јаког поља. Ова физичка величина је у шали названа колор, и наравно нема никакве везе са бојом ствари. Откриће колора је омогућило значајан развој теорије јаких интеракција елементарних честица, па према томе, и дубље разумевање нуклеарне физике. „Дресови" описују разноврсност у природи јаких интеракција.

Т.С.: Кварк као честица није издвојен, а већ о њему доста знамо. Има ли све ово сличности са неком другом честицом?

Ђ.Ш.: Тачно је да експериментално није регистрован слободан кварк. О кварковима се доста зна на основу ефеката које проузрокују. Постоје и друге честице које нису директно „виђене", а сматра се да сигурно постоје. Једна таква значајна честица је гравитон — честица (квант) гравитационог поља.

Т.С.: Каква техника ће бити ангажована када је у питању кварк?

Ђ.Ш.: Ово је врло „тешко" питање. Јаке интеракције се у том погледу драстично разликују од осталих фундаменталних интеракција (гравитационих, електромагнетних и слабих), и може се лако десити да кваркови заувек остану заробљени унутар протона ...

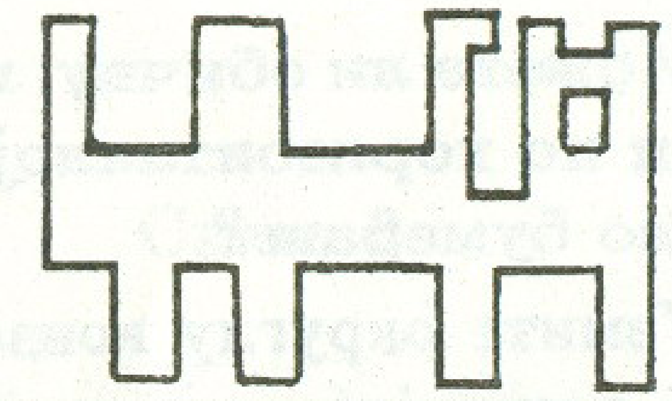
Т.С.: На крају, да ли се може рећи да је атом бесконачне сложености?

Ђ.Ш.: У развоју физике микросвета до данас је постигнут фантастичан напредак. Изразито плодан период је био у последњих тридесетак година. Наравно, пред истраживачима у овој области је и доста нерешених проблема, а вероватно и нових изненађења. Могло би се рећи да све то изгледа као незавршени криминалистички роман!

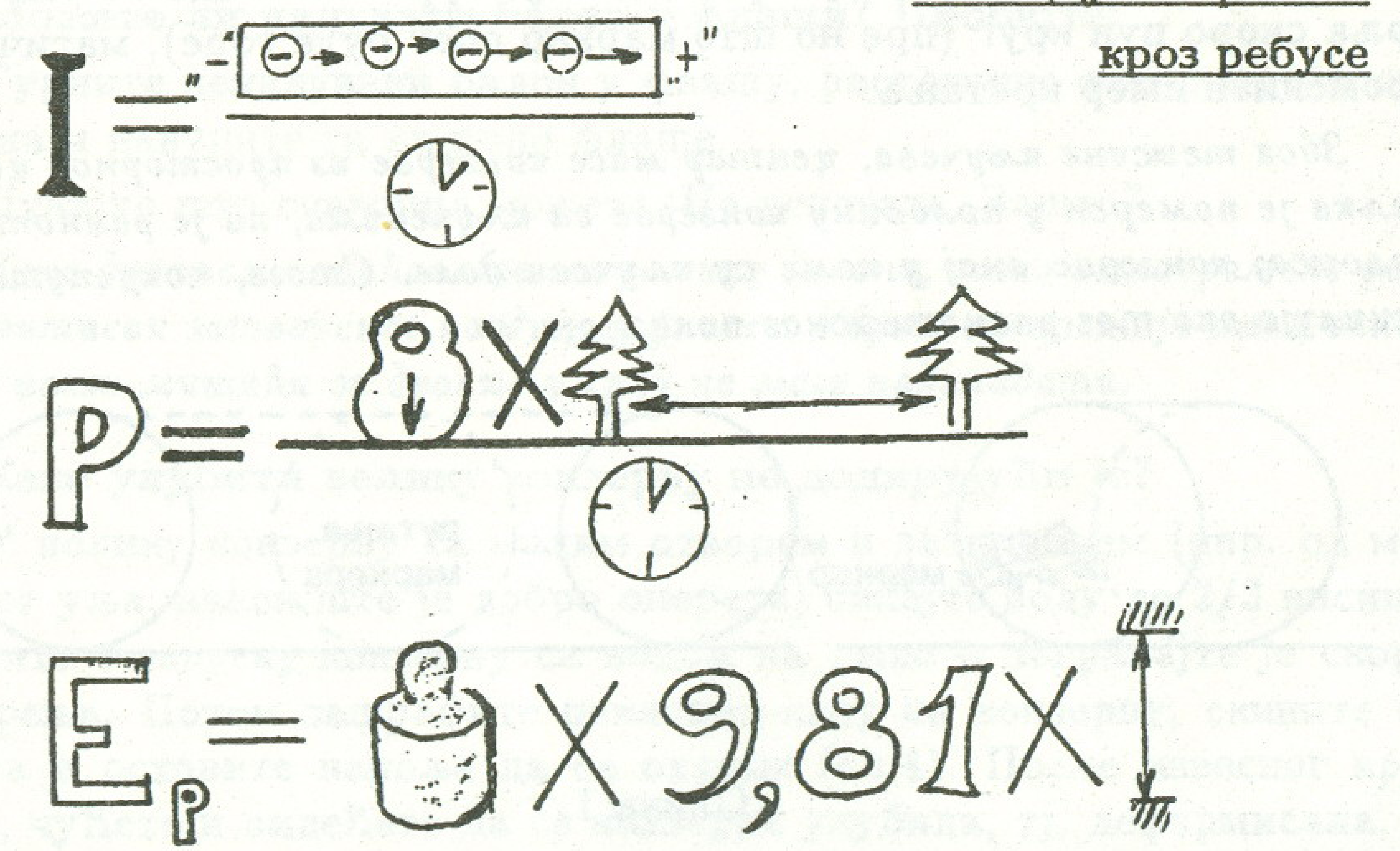
Разговор водио Т. Сенћански, ОШ „Краљ Петар", Београд

Ко је наш највећи физичар-проналазач?

- Поделите фигуру на цртежу са две нормалне праве — добићете одговор на ово питање.



Релације из физике кроз ребусе



Аутор: Т.Сенћански, ОШ „Краљ Петар", Београд

ЕКСПЕРИМЕНТ

МАЛИ ОГЛЕДИ — ВЕЛИКА ПОМОЋ

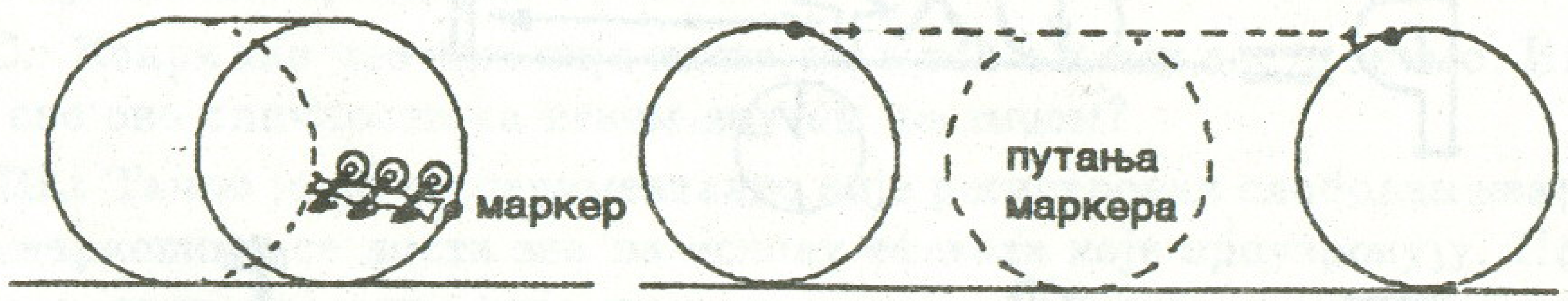
у настави физике у основним школама

Гордана Новак, Гимназија „Исидора Секулић”, Нови Сад

- **Можете ли обичну, празну конзерву у облику ваљка закотрљати по хоризонталној површини и потом натерати да се врати као бумеранг?**

Узмите округлу конзерву већег пречника са поклопцем, причврстите селотејпом неколико кључева или сличних тежих предмета на њен унутрашњи зид по висини (сл. 1) и споља тајно обележите то место. Придржите полегнуту конзерву са обележеним местом у позицији скоро горе (мало напред) и благо је гурните. Када се она откотрља скоро пун круг (пре но што маркер опет буде горе), магично ће променити смер кретања.

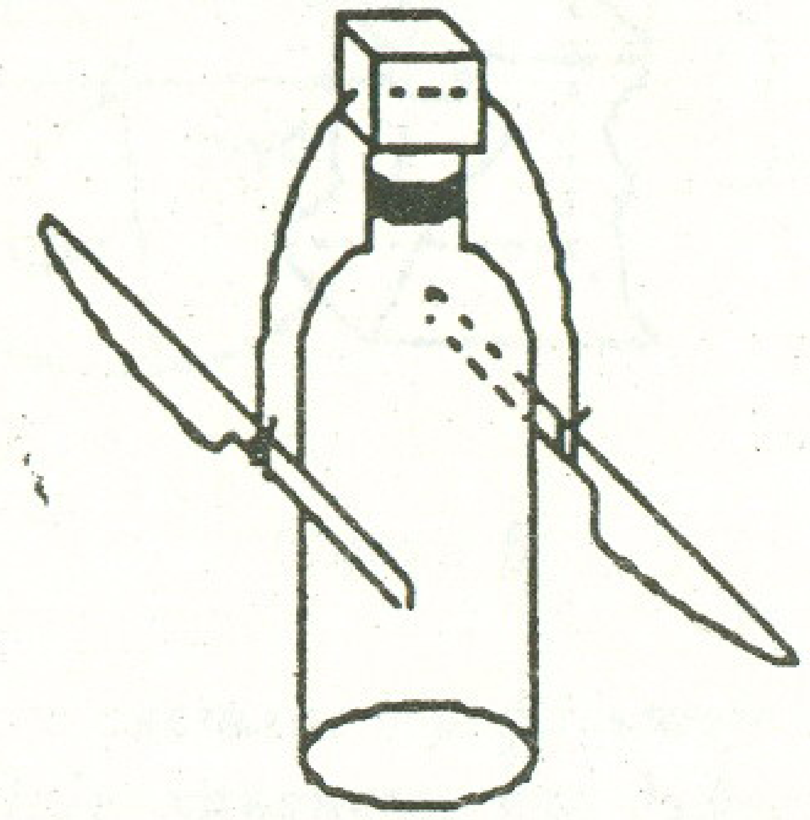
Због тежине кључева, центар масе конзерве из просторног центра ваљка је померен у половину конзерве са кључевима, па је равнотежни положај конзерве онај у коме су кључеви доле. Стога, покренута, она осцилује око тог равнотежног положаја.



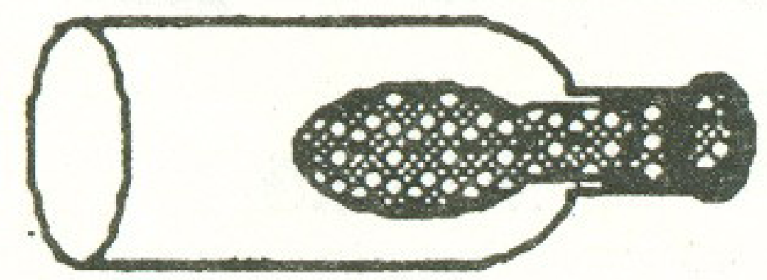
Слика 1.

- **Како бисте жицу провукли кроз коцку леда?**

Затворите флашу плутаним чепом па на њега ставите коцку леда, а преко ње жицу на чије крајеве сте привезали два идентична тежа предмета (нпр. два ножа). Оставите све у фризу, или напоље ако је температура испод нуле (Целзијуса). Након извесног времена жица ће бити у леду, а да га не пререже.



Слика 2.



Слика 3.

Лед се под повећаним притиском испод жице (услед тежине ножева) топи на нижој (од 0°C) температури. Кроз створену воду жица пада, а вода изнад се поново заледи.

- **Можете ли надувати балон у флаши? Пробајте!**

Гурните ненадувани балон у флашу, растегните отвор за дување балона и навуците га на грло флаше.

Дувајте што снажније можете. Не успевате. Зашто?

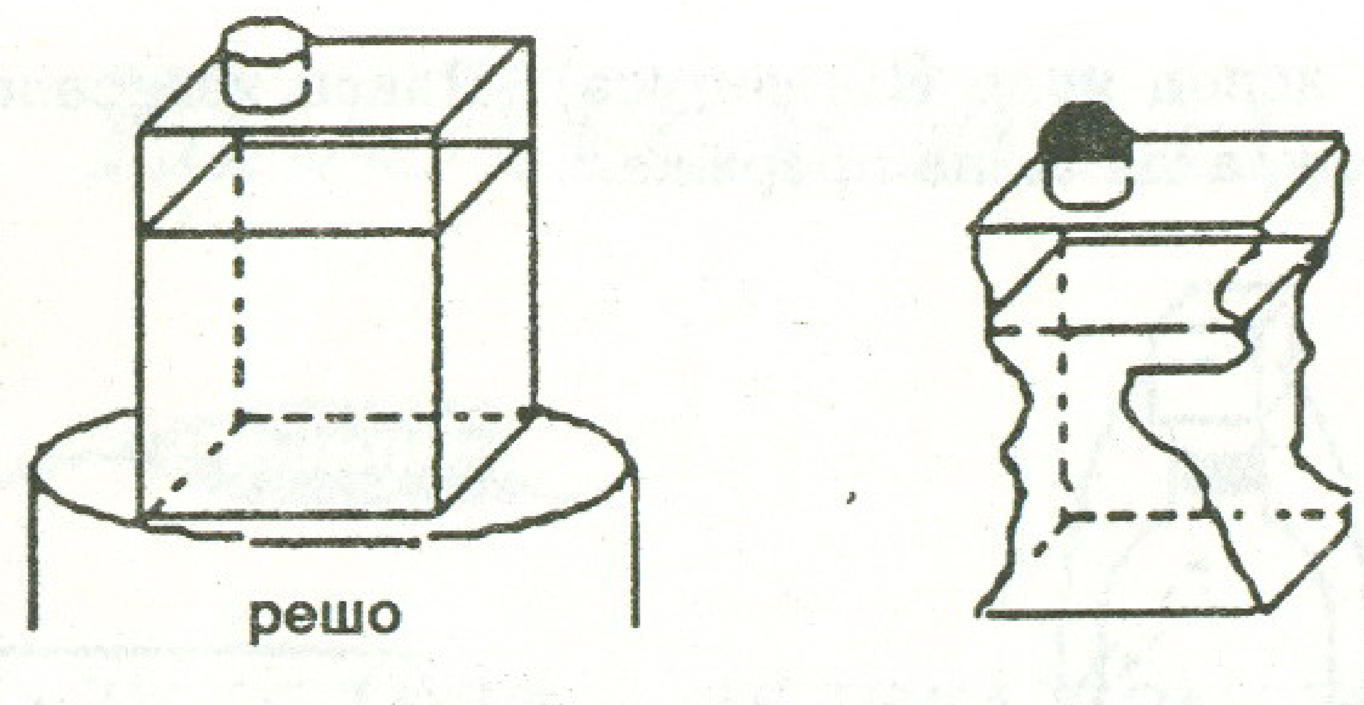
Како дувањем повећавате запремину балона, тако истовремено расте притисак затвореног ваздуха у флаши. Убрзо, он постаје тако велик да га ваши мишићи за дување у грлу не могу надвладати.

- **Како улубити велику конзерву не додирујући је?**

У велику конзерву са малим отвором и затварачем (нпр. од моторног уља, након што је добро оперете) сипајте воду до 2/3 висине. Ставите *отворену* конзерву са водом на решо и загревајте је скоро до врења. Потом зашрафите поклопац-капу на конзерву, скините са решоа и оставите напоље да се охлади (сл.4). После извесног времена, чућете и видећете да се конзерва улубила, тј. деформисала.

Зашто?

Загревањем воде у отвореној конзерви, водена пара је потиснула скоро сав ваздух. Затварањем и хлађењем конзерве, водена пара се кондензује, а ваздух из околине не може да уђе; у простору изнад воде у конзерви настаје вакуум тј. притисак у конзерви постаје много мањи



Слика 4.

од околног, па долази до имплозије.

- **Није вам убедљиво да бело представља спектар свих помешаних боја?**

Исеците из картона круг и обојите га у сегментима, имитирајући боје и њихов распоред у сунчевом спектру као на слици 5. Провуците оловку кроз његов центар и завртите је око властите осе као чигру. Шта видите?

Диск изгледа бео (или тачније сиво-беле боје), јер наше око је претромо да разликује појединачне боје када се брзо мењају, тј. које перципира прекратко време, па мозгу шаље импулс примљен од свих боја заједно.

- **То би значило и да се светлост свеће заправо састоји од скупа таквих боја. Како их раздвојити?**

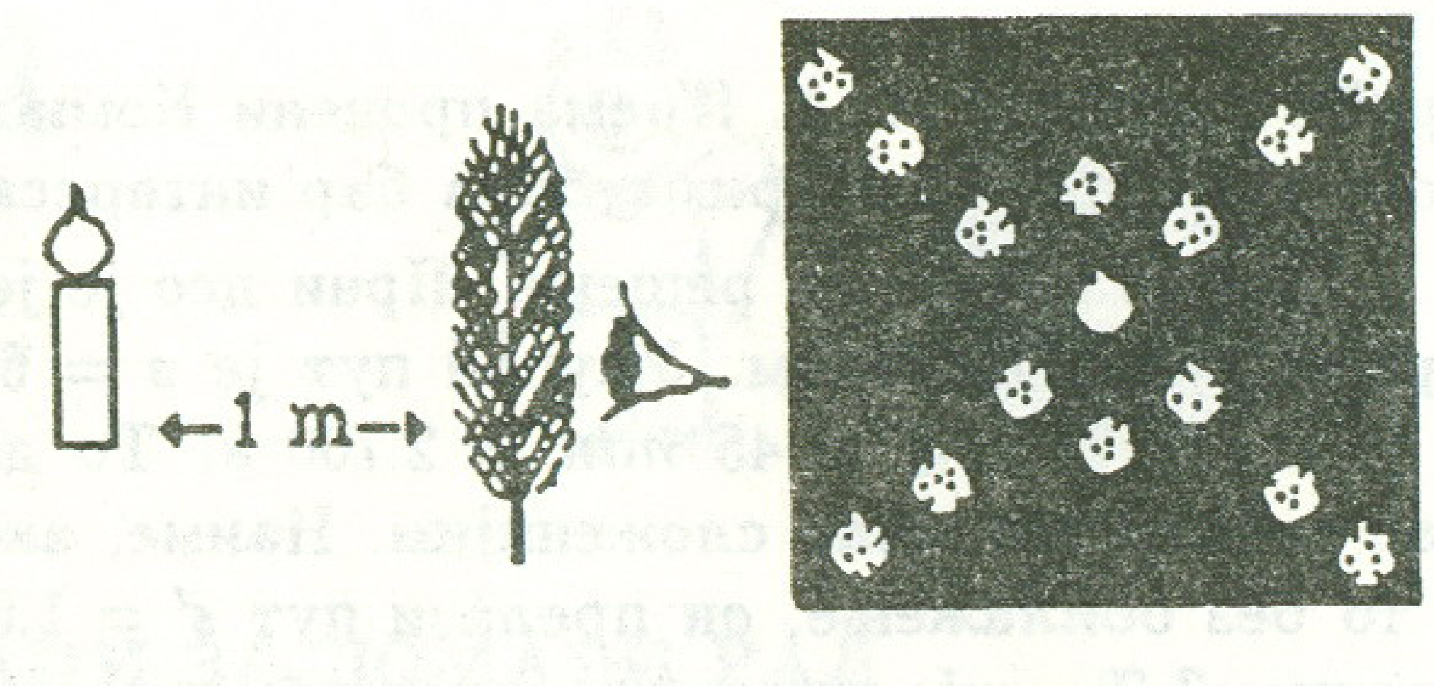
Лако, ако имате оптичку призму или дифракциону решетку, али ако немате, употребите велико перо од неке птице. Држите перо испред једног ока и гледајте кроз њега у пламен упаљене свеће постављене на растојање од 1 метра у замраченој просторији. Пламен изгледа као да се умножио у фигуру X-облика, при чему се сваки (осим централног) разлучио у боје (сл.6).

Појава боја је последица дифракције светлости на уским прорезима пера, а пошто истовремено гледате кроз више таквих прореза, слика разнобојног пламена се јавља више пута.

Ако вам је важно да будете у научном модном тренду, употребите уместо гушчијег пера CD (compact disk).

Дигитално кодоване акустичне информације урезане су као низ малих, спирално густо поређаних удубљења на поликарбонатном диску од

Слика 5.



Слика 6.

којих се светлост рефлектује другачије него од осталог дела диска, тако да CD функционише као дифракциона решетка.

Држите CD у руци 20 cm испред очију, гледајући једним оком у неетикетирану страну, леђима окренути извору беле светлости (сијалици) постављеном најмање 2 m далеко. Ако погодно подесите угао диска, можете видети леп кружни спектар око његовог руба.

ЉУБАВ НА ТАКМИЧАРСКИ НАЧИН или ПЕРА ВОЛИ ГОЦУ

Дарко Капор, Институт за физику ПМФ-а, Нови Сад

У среду смо се срели, у петак заволели, у понедељак посвађали.

(Мирослав Антић: Записано у среду)

На овогодишњем општинском такмичењу за ученике VI разреда био је и један задатак у стилу „Плавог чуперка” Мике Антића који овде преносимо у целини:

Пера станује 1 km од школе. Он креће 45 минута пре почетка часа, и прво иде 15 минута по своју другарицу Гоцу која станује 600 m од Перине куће. Она није спремна и мора да је чека 10 минута, а онда заједно прелазе још 800 m до школе и стижу тачно на почетак часа.

а) Колика је Перина средња брзина на овом путу до школе ако се посматра цео пређени пут и укупно време од поласка до стизања у школу?

б) За које време Пера стиже до школе када се посвађа са Гоцом и иде сам директно у школу?

Наравно, могло се ово формулисати и овако: Тачке A B и C се налазе на теменима правоуглог троугла, са растојањима ... а тело се креће од тачке A ... Према процени Комисије, верзија коју смо ми понудили је такмичарима била бар интересантнија.

Погледајмо сада решење. Први део је једноставан и никоме није представљао проблем. Укупан пут је $s = 600\ m + 800\ m = 1.400\ m$, а укупно време $t = 45\ min = 2.700\ s$. То даје $v = 0,52\ m/s$. Други део се показао мало сложенијим. Наиме, ако Пера иде сам у школу, и то без обилажење, он прелази пут $s' = 1.000\ m$. Проблем је: којом брзином? То није горе израчуната брзина, јер она укључује и чекање код Гоце, а тога сада нема. Треба користити брзину Periног хода. Њу налазимо из било које од две једначине: $v' = 600\ m/15 \cdot 60\ s$, или $v' = 800\ m/20 \cdot 60\ s$. Резултат је $v' = 2/3\ m/s = 0,67\ m/s$. Сада то лако даје тражено време $t = 1.000 \cdot 2/3 = 1.500\ s = 25\ min$.

Када је прошло почетно узбуђење после такмичења, из неких школа су питали да ли би на регионалном такмичењу могао да се појави неки задатак да се Пера и Гоца помире. Нажалост, виши ниво такмичења већ није тако романтичан; тамо јуре мотори и мопеди, али проверили смо, са доласком лепих дана Пера и Гоца су се помирили. Нажалост, појавио се један проблем.

У време док су били у свађи, Пера се навикао да у школу креће касније, а то значи и да дуже спава. Зато он сада мора да поднесе једну жртву. Полази од куће и даље 25 минута пре почетка часа. Чим се одмакне од куће, почиње да трчи као без душе да би до Гоцине куће стигао тачно 20 минута пре почетка школе. Гоца је већ спремна (то је њена жртва), и онда њих двоје истом брзином као и раније иду до школе и опет стижу тачно на почетак часа.

Ево и задатка за вас:

а) Којом средњом брзином сада Пера стиже до школе?

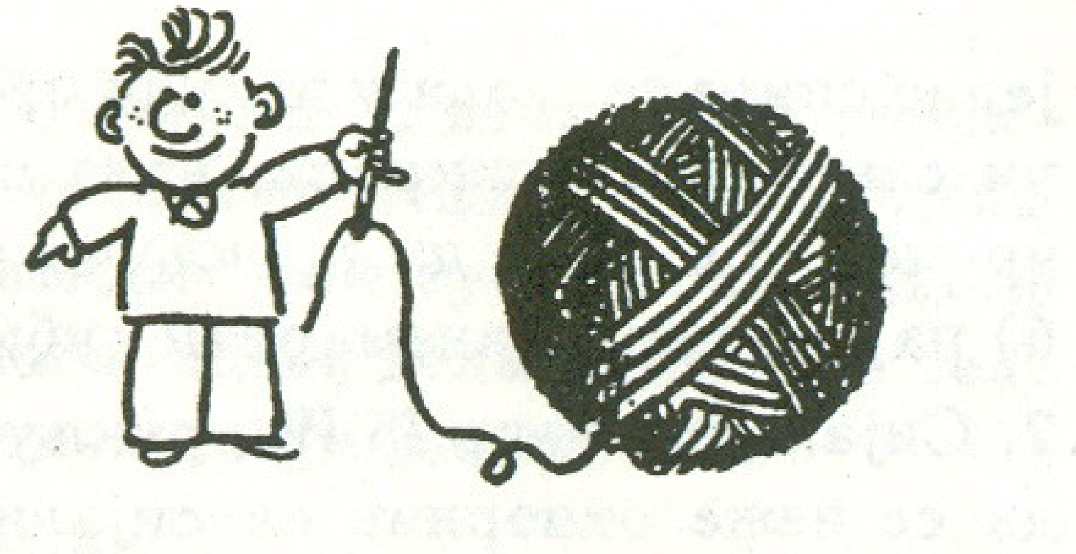
б) Којом брзином трчи до Гоце?

в) Да ли би му та брзина била довољна да се укључи у ону штафету са регионалног такмичења?

<u>Да ли знате ...</u>

- да би се брод тежак 100 тона и дугачак 100 m, при постигнутој брзини од 99,9% брзине светлости, скратио на 4,47 m, тежина би му се повећала на 2.236,63 тоне, а време од земаљских 60 минута (1 час) би му пролетело за свега 2,78 минута!

ЗАДАЦИ



ЗАДАЦИ ЗА ДОМАЋИ РАД

VI разред

1. Два предмета, од алуминијума и гвожђа, имају исту тежину од $70,2\ N$ када се налазе у ваздуху. За колико се разликују њихове „тежине" када се налазе у води? Податке за густине узети из таблица. Сматрати да је $g = 10\ N/kg$. (17 N)

2. Појас за спасавање има масу од $2,5\ kg$. Колики терет може да носи у језерској води тако да терет буде изнад површине воде? Густина материјала од којег је направљен појас је $200\ kg/m^3$. (98,1 N)

3. Колики притисак на подлогу врши дете, тежине $500\ N$, када стоји на једној нози, ако се зна да је додирна површина његових стопала са подлогом $250\ cm^2$? (40 kPa)

VII разред

1. У калориметарском суду се налази лед масе $1\ kg$, на температури $-10°C$. Колико ће леда да остане у суду ако се у њега сипа вода, масе $1,5\ kg$ и температуре $40°C$, тако да се вода охлади до $0°C$? Губитке топлоте на загревање калориметра и околине занемарити. Специфична топлота воде је $4,2 \cdot 10^3\ J/kgK$, топлота топљења леда је $3,3 \cdot 10^5\ J/kg$, а специфична топлота леда је $2,1 \cdot 10^3\ J/kgK$. (0,3 kg)

2. На хоризонталној подлози налази се тело масе $5\ kg$. Колики је интензитет хоризонталне силе која делује на тело, ако после $10\ s$ од почетка кретања, у смеру дејства силе, тело има кинетичку енергију $90\ J$? Коефицијент трења између тела и подлоге је 0,1. Узети да је $g = 10\ N/kg$. (8 N)

3. Аутомобил снаге $30\ kW$ креће се просечном брзином $80\ km/h$ и има коефицијент корисног дејства 50%. Израчунати колико бензина троши на путу од $100\ km$. Топлотна моћ сагоревања бензина је $45 \cdot 10^6\ J/kg$. (6 kg)

VIII разред

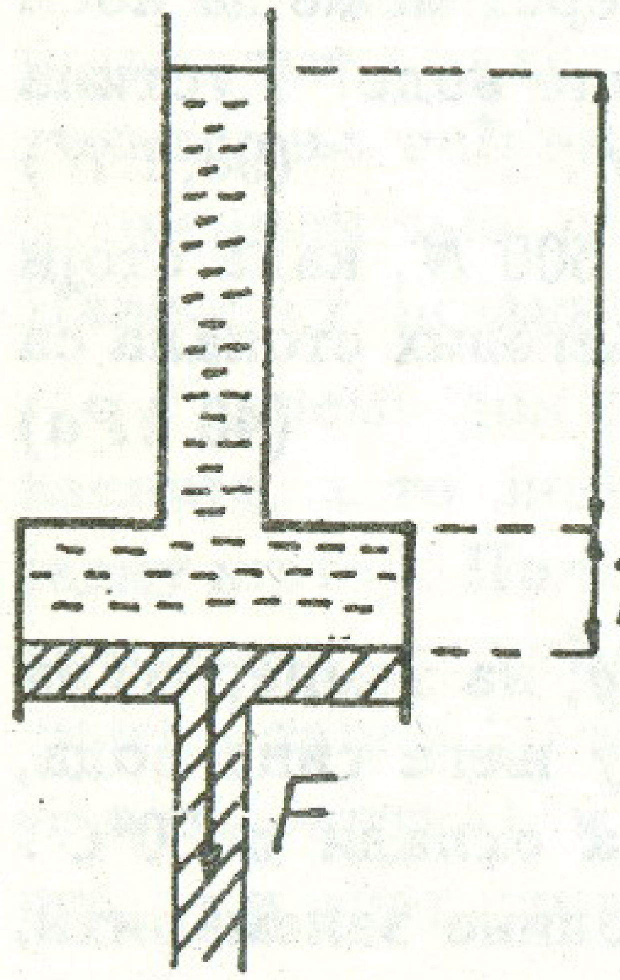
1. Електрични решо има две спирале, отпора R_1 и R_2. Укључивањем једне спирале, вода у посуди прокључа после 12 минута. Ако се укључи само друга спирала, вода прокључа после 24 минута. После ког времена ће вода да прокључа ако се обе спирале укључе: а) редно; б) паралелно? Занемарити губитке топлоте. (36 min; 8 min)

2. Сијалица снаге 75 W прикључена је на напон од 220 V. Како треба да се веже отпорник са сијалицом да би, при истој јачини струје, сијалица могла да се прикључи на напон од 380 V? Колика треба да буде вредност тог отпора? (редно; 469,4 Ω)

3. Термоакумулациона пећ снаге 3 kW прикључена је на напон од 220 V. Због преоптерећености градске мреже, пад напона у мрежи је 20 V. Колика је снага пећи ако је отпор грејача константан?(2,48 kW)

КОНКУРСНИ ЗАДАЦИ

VI разред



Слика 1.

1168. Цев која је у доњем делу проширена у цилиндар, у коме се налази клип, испуњена је водом (сл.1). Попречни пресек ужег дела цеви је $S_1 = 5\ cm^2$, а ширег $S_2 = 100\ cm^2$; дужина ужег дела је 2 m, а ширег 10 cm. Израчунати запремину и тежину воде, као и силу којом она делује на клип.

1169. Дечак масе 40 kg одржава се на мирној води језера. Део његовог тела који вири из воде има запремину 2 dm^3. Одредити укупну запремину тела.

1170. Тег од олова масе 10 kg окачен је на један крај једнакокраке полуге. На други крај полуге окачено је тело од стиропора, тако да се полуга налази у равнотежи у хоризонталном положају у вакууму. Наћи разлику сила потиска на ова два тела када се полуга налази у ваздуху. Одредити страну на коју ће да претегне полуга у ваздуху. Упоредити ову разлику са силом тежине тела. Узети да је густина стиропора 200 kg/m^3.

1171. Балон запремине 3.000 m^3 напуњен је хелијумом, густине 0,18 kg/m^3, и лебди на висини где је густина ваздуха 0,0012 g/cm^3. Тежина балона са корпом за ношење терета је 20 kN. Одредити тежину терета који носи балон.

1172. Изнад воде, густине 1.000 kg/m^3, наливен је дебљи слој течности, густине 700 kg/m^3, при чему се течности не мешају. Тело густине 900 kg/m^3 лебди испод површине течности мање густине, тако да се једним делом налази и у води. Одредити однос дела запремине тела у води према делу запремине тела у течности мање густине.

VII разред

1173. Одредити највећу висину коју може да достигне тело бачено вертикално навише почетном брзином од 9 m/s.

1174. Тело масе 100 kg има сопствени погон и креће се брзином 72 km/h. Одредити коефицијент трења између тела и подлоге ако се зна да се по престанку деловања силе мотора тело заустави на путу од 1 km.

1175. За рад неке мале хидроелектране треба да се искористи енергија планинског потока, кроз који сваке секунде протиче 2 m^3 воде. Израчунати висину са које треба да пада вода на лопатице турбине да би хидроелектрана имала снагу од 1 MW.

1176. Мешањем једнаких маса леда и воде добије се вода температуре 0°C. Ако је температура леда била 0°C, одредити почетну температуру воде. (Потребне податке узети из таблица.)

1177. Конкавно сферно огледало даје три пута увећан и обрнут лик предмета. Међусобно растојање лика и предмета је 16 cm. Одредити жижну даљину датог огледала.

VIII разред

1178. Отпорници R_1, R_2 и R_3 везани су паралелно. Познате су вредности $R_2 = 15\ \Omega$, $R_3 = 20\ \Omega$, $I_2 = 0,3\ A$ и струја кроз извор $I = 1\ A$. Израчунати вредност отпора R_1.

1179. При једносмерном напону од 10 V сијалица светли одређеним интензитетом, а кроз нит сијалице тече струја јачине 0,3 A. Због површинског испаравања материјала пречник нити се смањи за 10%. За колико треба да се промени напон напајања да би сијалица светлела истим интензитетом? Колика је тада јачина струје кроз сијалицу?

1180. За колико се повећа таласна дужина звука при прелазу из ваздуха у воду? Брзина звука у ваздуху је 340 m/s, а у води 1.450 m/s.

1181. Посматрач на обали опажа да комад плуте на површини воде начини 20 осцилација за 8 s, и да је растојање између два брега насталог таласа 0,8 m. Одредити брзину таласа.

1182. У хомогеном магнетном пољу, индукције 1,2 T, равномерно се креће проводник дужине 16 cm, кроз који пролази струја јачине 5 A. Проводник се креће нормално на правац поља и своју уздужну осу брзином од 4 m/s. Израчунати: а) извршен рад за 2 минута; б) снагу потребну за ово кретање.

Припремили: Т. Сенћански, ОШ "Краљ Петар", Београд и А. Срећковић, Физички факултет, Београд (1170—1172).

I разред гимназије

1183. На коју висину од центра Земље треба да буде лансиран Земљин вештачки сателит да би његов период обиласка Земље по кружној орбити био једнак периоду ротације Земље око своје осе? Маса Земље је $M = 5,96 \cdot 10^{24}\ kg$.

1184. Човек стоји на храпавој подлози и баца камен у хоризонталном правцу брзином $v_1 = 5\ m/s$. Коју брзину би саопштио камену ако би га бацио истом силом, али стојећи на глатком леду? Маса човека је $M = 80\ kg$, а маса камена је $m = 500\ g$.

1185. На глатком столу лежи $n = 101$ куглица у низу. Маса прве куглице је $m_1 = 100\ g$, а остале куглице су масе $m = 50\ g$. Првој куглици се саопшти брзина $v_0 = 1\ m/s$. Прва куглица удари у другу, друга у трећу, трећа у четврту итд. Први судар је еластичан, а сви остали су апсолутно нееластични. Одредити брзину куглица после судара. Припремила: В. Прокић, Физички факултет, Београд

II разред гимназије

1186. У суду се налази извесна количина хладне воде, запремине $V = 2\ l$, по којој плива комад леда масе $m = 200\ g$. Вода са ледом се равномерно загрева помоћу електричног грејача, снаге $P = 750\ W$, који је потопљен у њу. За које време ће вода потпуно испарити? Специфична топлота топљења леда је $q_t = 335\ kJ/kg$, а испаравања воде $q_1 = 2,26\ MJ/kg$. Термички губици су 10%. [$\varrho_{\text{воде}} = 1.000\ kg/m^3$, $c_{\text{воде}} = 4,19\ kJ/(kg \cdot K)$]

1187. Идеална топлотна машина ради према Карноовом циклусу између температура $t_1 = 80°C$ и $t_2 = 0°C$. Ако машина у једном циклусу изврши рад $A = 800\ J$, израчунати количину топлоте коју машина прими на вишој температури.

1188. Колико баласта треба да избаци балон напуњен ваздухом ($M = 29\ g/mol$), запремине $V = 300\ m^3$, да би се са висине на којој је температура $t = -15°C$, а притисак $p_1 = 84\ kPa$, попео на висину на којој је температура $t_2 = -30°C$, а притисак $p_2 = 66\ kPa$. Запремина балона је стална.

Припремио: В. Милосављевић, Физички факултет, Београд

III разред гимназије

1189. Отпорник, отпора $R = 5\ \Omega$, и калем, индуктивног отпора X_L и активног отпора R_L, везани су серијски у коло наизменичне струје и прикључени на напон $U = 100\ V$. Напон на отпорнику је $U_1 = 50\ V$. Колики је напон на калему ако он троши снагу $P = 110\ W$?

1190. Извор звучних таласа, фреквенције $\nu_0 = 1.700\ Hz$, и пријемник налазе се у истој тачки. У тренутку $t = 0$ извор почиње да се удаљава од пријемника с константним убрзањем $a = 10\ m/s^2$. Брзина звука је $v = 340\ m/s$. Наћи фреквенцију таласа које прима непокретни пријемник кроз $t = 10\ s$ од почетка кретања извора.

1191. Наћи период малих осцилација хомогеног цилиндра, масе m и полупречника r, који се котрља по унутрашњој страни непокретне цилиндричне површине полупречника R.

Припремила: Љ. Павловић, гимназија Обреновац.

УПУТСТВО ЗА РЕШАВАЊЕ ЗАДАТАКА

Покушајте да решите задатке (конкурсне, наградне и др.) из овог броја *Младог физичара* и решења пошаљите. Имена ученика који су неке од њих (или све) решили тачно, као и интересантна решења, објавићемо у наредним бројевима *Младог физичара*. Најуспешнијим решавачима за сваки разред доделићемо пригодне награде на крају школске године.

Свако решење (с редним бројем задатка и текстом) треба образложити на једној страни листа хартије. Решење треба читко потписати пуним презименом и именом, навести разред, школу, место и своју адресу. Наведите име и презиме наставника физике. Ове податке унети у купон.

Задатке решавајте самостално. Слике цртајте пажљиво. Нечитљива и необразложена решења нећемо узимати у обзир.

Чест је случај да читаоци који шаљу решења конкурсних или наградних задатака, или одговоре на задатке–питања, изостављају неке тражене, а често и неопходне податке. Најчешће недостаје име и презиме предметног наставника, а често назив школе и адреса решавача. Уз решења и одговоре обавезно приложити и читко попуњен купон који треба изрезати.

IV разред гимназије

1192. Изотоп ^{176}Lu емитује β-честице. За узорак Lu_2O_3, масе 296 mg, на бројачком уређају, чија је ефикасност за β-честице $4,2\%$, добијен је одброј 68 imp/min. Изотопски састав Lu је: $97,4\%$ ^{175}Lu (стабилан изотоп) и $2,6\%$ ^{176}Lu. Израчунати средњи живот овог изотопа у односу на бета распад.

1193. Електрон се у побуђеном атому водоника налази у $3p$ стању. Одредити промену магнетног момента, условљеног орбиталним кретањем електрона, при прелазу у основно стање.

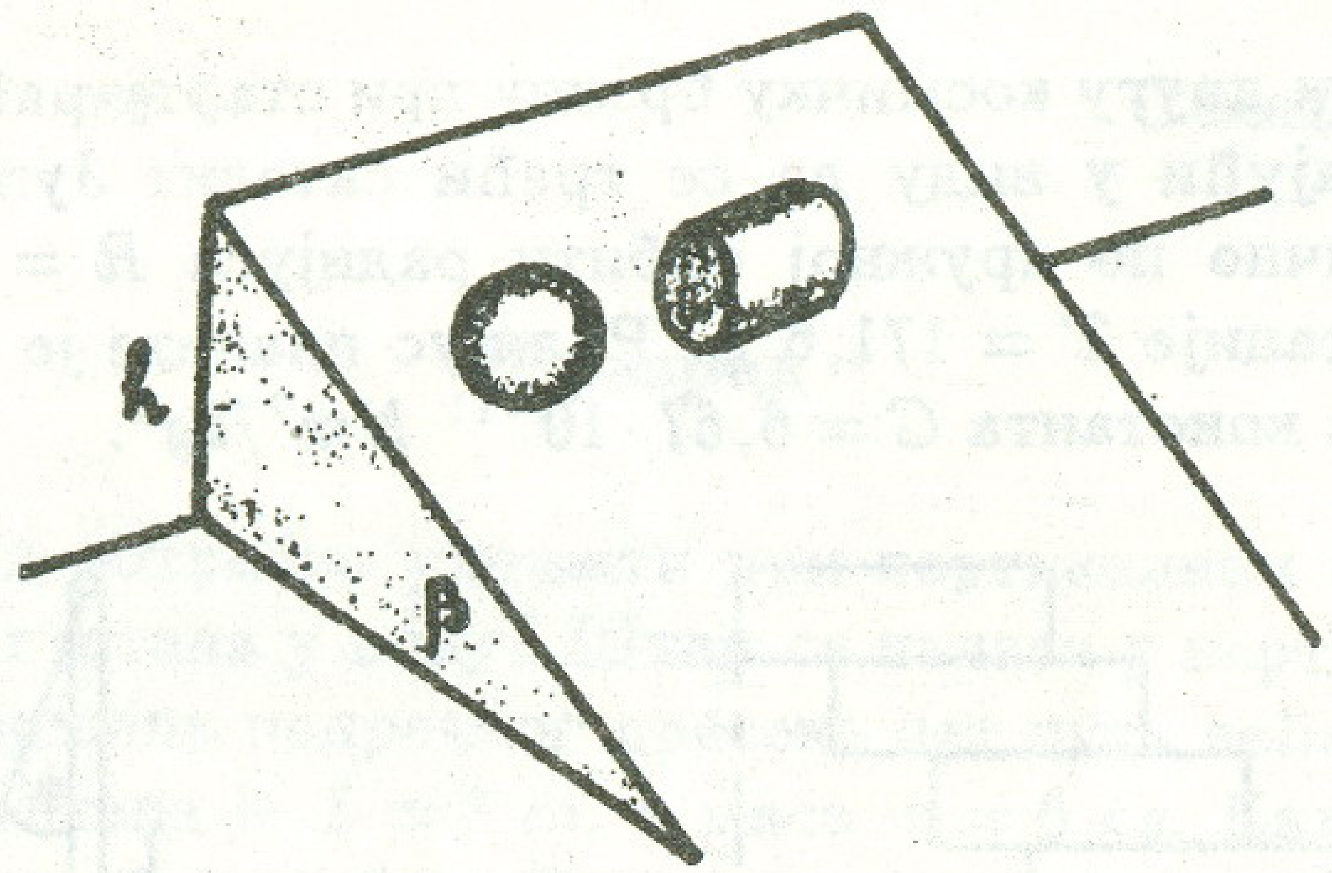
1194. Топлотни пријемник је направљен у облику сфере, унутрашње површине $S = 2\ cm^2$, са отвором површине $S_0 = 1\ mm^2$. Део енергије упадног зрачења унутрашња површина апсорбује, а остали део рефлектује. У датим условима у унутрашњости сфере остварена је равномерна расподела зрачења. Одредити колики се део енергије која је пала на улазни отвор враћа назад. Коефицијент апсорпције унутрашње површине је $A = 0,01$.

Припремили: П. Стојаковић, гимназија Ваљево, Д. Беодрански, гимназија Чачак, Љ. Павловић, гимназија Обреновац.

КУПОН
Ученик
Школа и разред
Професор (наставник)
Адреса ученика

ОДАБРАНИ ЗАДАЦИ

8. Ваљак масе m и полупречника r котрља се низ стрму раван (сл.1). Поред њега се креће кугла исте масе и истог полупречника. Висина стрме равни је h, а угао нагиба β. а) Које ће тело пре стићи у подножје? б) Колики је однос брзина ваљка и кугле? ц) Које тело има већу енергију у подножју?



Слика 1.

9. У једној чаши налази се слабо испарљива течност запремине $V_1 = 300\ cm^3$ и температуре $t_1 = 0°C$, а у другој $V_2 = 110\ cm^3$ исте течности, температуре $t_2 = 100°C$. Наћи укупну запремину дате течности након мешања. Узети да је у датом температурном опсегу коефицијент термичког ширења течности константан.

Припремили: В. Бабовић (8), ПМФ, Крагујевац и И. Стевановић (9), ученик Гимназије „Вук Караџић", Трстеник.

ЗАДАЦИ ИЗ АСТРОНОМИЈЕ

5. Апсолутна звездана величина звезде Антарес, најсјајније звезде у сазвежђу Шкорпион, је $M = -4$, а полупречник $R_A = 480 R_S$ ($R_S = 7 \cdot 10^8\ m$ — за Сунце). Одредити ефективну температуру ове звезде ако је ефективна температура Сунца $T_S = 6.000\ K$, а Штефан–Болцманова константа $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8}\ W/m^2K^4$.

6. Одредити средњу густину звезде Капеле, најсјајније звезде у сазвежђу Кочијаша (Auriga), ако јој је апсолутна звездана величина $M = -0,3$, ефективна температура $T = 6.000\ K$ и маса $m = 10^{31}\ kg$. Подаци за Сунце су: $T_S = 6.000\ K$, $M_S = 4,8$ и $R_S = 7 \cdot 10^8\ m$.

Припремила: Р. Милер, VI београдска гимназија.

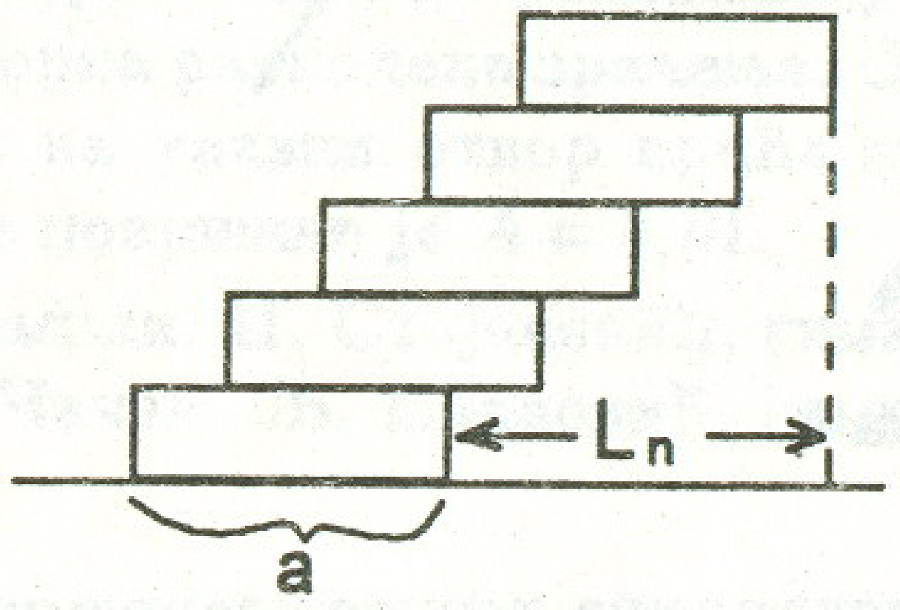
ЗАДАЦИ СА САВЕЗНОГ ТАКМИЧЕЊА

Суботица, 5. јуни 1993.

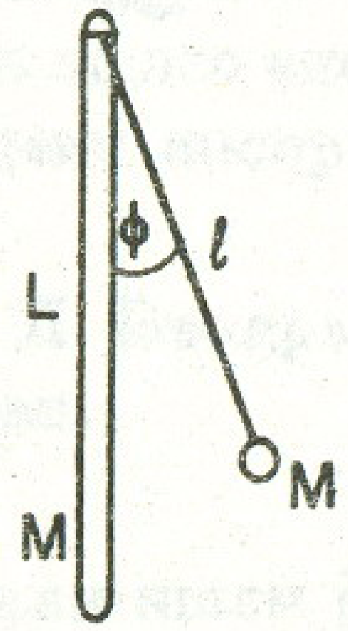
I разред

1. Једнаке глатке правоугаоне плочице дужине a слажу се једна на другу као што је показано на слици 1. Наћи максимално растојање L_n између прве и n-те плочице при коме је систем још увек у стању равнотеже.

2. Израчунати другу космичку брзину при старту ракете са површине Јупитера имајући у виду да се трећи сателит Јупитера, Ганимед, креће практично по кружној орбити радијуса $R = 1,07 \cdot 10^6\ km$ са периодом ротације $T = 171,6\ h$. Радијус планете је $r = 70.000\ km$, а гравитациона константа $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$.



Слика 1.

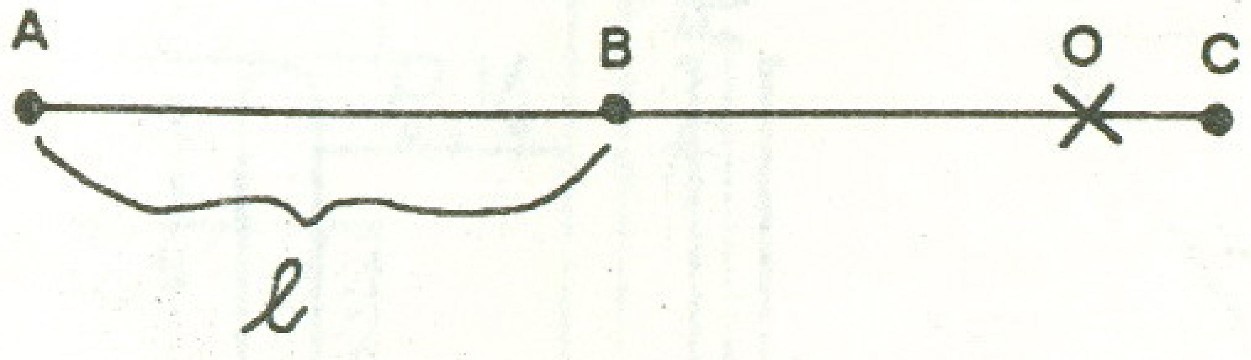


Слика 2.

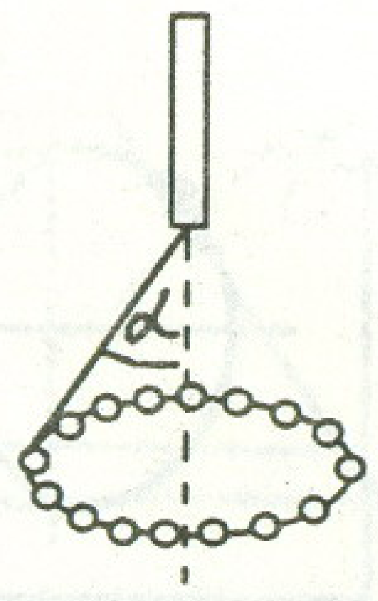
3. Танка шипка, масе M и дужине L, може слободно да осцилује у вертикалној равни око осе која пролази кроз један њен крај. Око исте осе може да осцилује математичко клатно дужине l на чијем крају се налази куглица масе M. Куглица се отклони за неки угао ϕ и пусти. Колика треба да буде дужина клатна да би куглица након удара у шипку остала у миру? Судар је апсолутно еластичан (сл.2).

4. Три микрофона налазе се на једној правој у тачкама A, B, C. Микрофони у временима $t_a > t_b > t_c$ региструју звук праска који се десио у тачки O (сл.3). Наћи величину OA ако је $AB = BC = l$. Моменат када је часовник пуштен не подудара се са тренутком праска.

5. Метални ланчић A, масе m, везан је концем за крај осовине центрифугалне машине (сл.4) и врти се константном угаоном брзином ω, при чему конац образује угао $\alpha = 45°$ са вертикалом. Занемарујући масу конца, наћи растојање од центра масе ланца до вертикалне осе око које се ланац врти.



Слика 3.



Слика 4.

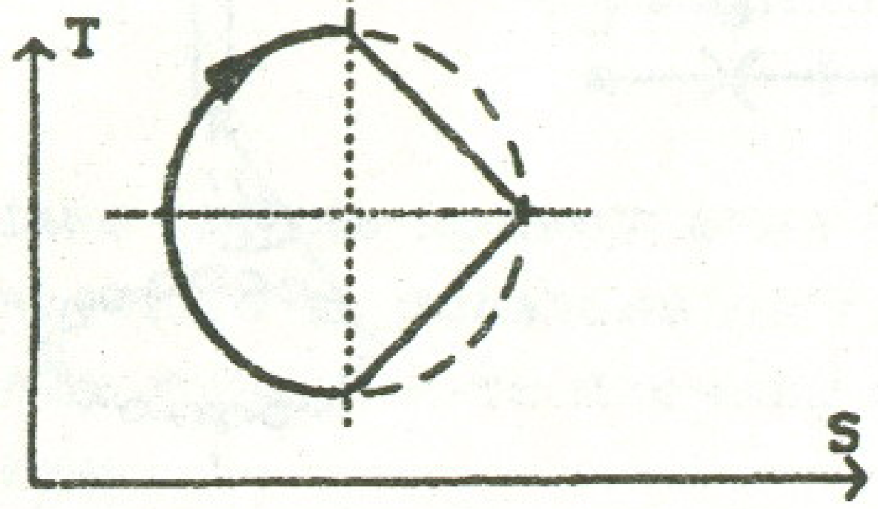
II разред

1. Колики је рад потребно уложити при вертикалном потапању (хомогеног) дрвеног штапа у воду? Штап се налази у вертикалној бушотини чија је површина попречног пресека пет пута већа од површине штапа. Дужина штапа је $L = 8\ m$, а маса $m = 6\ kg$. Кад га потопимо, показује дубину воде од $7,6\ m$. Густина дрвета је $\varrho = 750\ kg/m$. Занемарити отпор трења при кретању штапа. ($\varrho_{воде} = 1.000\ kg/m^3$, $g = 9,81\ m/s^2$)

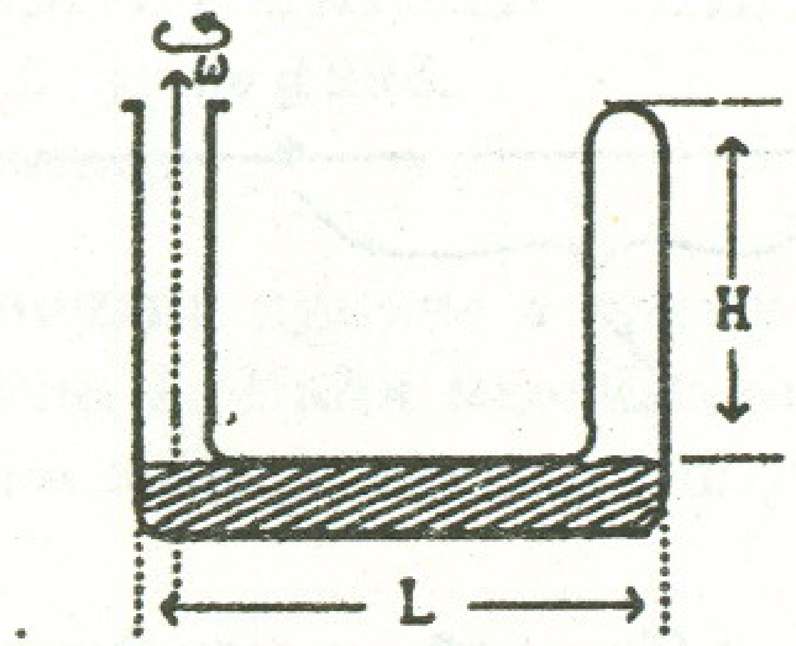
2. Зелени болид формуле X са возачем и празним резервоаром има масу $600\ kg$. Његов резервоар је напуњен са $V_0 = 205\ l$ горива. У тренутку када је постигао брзину од $v = 200\ km/h$, у резервоару је остало $V = 200\ l$ горива. Сила отпора средине и подлоге је дата изразом $F = \mu mg + kv$, где су $\mu = 0,15$, $k = 0,18\ kg/s$ константни коефицијенти, g-убрзање земљине теже, а v је интензитет вектора брзине болида. Степен искоришћења мотора је $\eta = 0,1$. Израчунати пут који болид пређе са сталном брзином v. Специфична топлота сагоревања горива је $q = 45\ MJ/kg$, а његова густина $\varrho = 650\ kg/m^3$.

3. У кружном циклусу приказаном на слици 5, радно тело је идеални гас. Однос максималне и минималне температуре гаса у току циклуса је $T_{max}/T_{min} = \tau$ $(\tau = 2)$. Одредити степен корисног дејства овог циклуса.

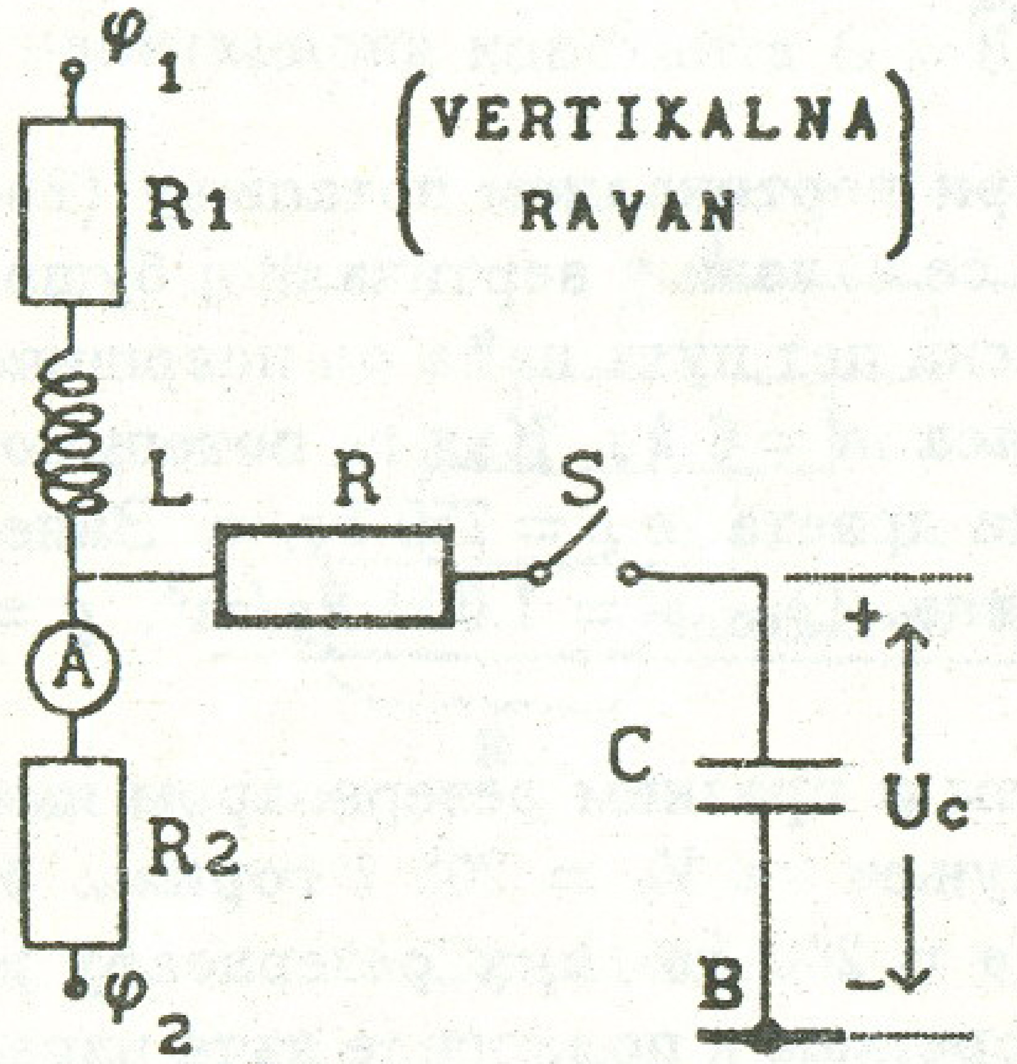
4. У хоризонталном делу U-цеви, приказаном на слици 6, налази се жива ($L = 10\ cm$). Висина ваздушног стуба у затвореном краку износи $H = 15\ cm$, а притисак је $P_a = 1.025\ mbar$. Када U-цев (довољно дуго) ротира око свог отвореног крака, у затвореном краку цеви се образује живин стуб, висине $H/3$, померањем живе у цеви. Колика је угаона брзина ротације цеви? ($\varrho_{Hg} = 13.600\ kg/m^3$, $g = 9,81\ m/cm^2$)



Слика 5.



Слика 6.



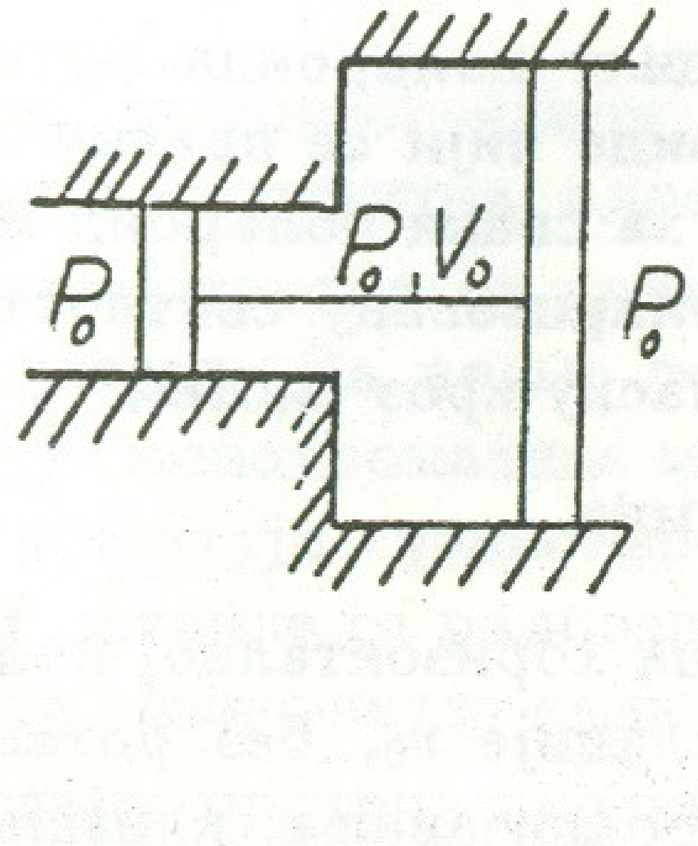
Слика 7

5. У колу, приказаном на слици 7, измерени су потенцијали φ_1 и φ_2 у односу на тачку B ($\varphi_2 < 0\ V$). После $T = 30\ min$ (стационарни режим) од затварања прекидача S, између плоча кондензатора постави се негативно наелектрисано тело ($v = 0\ m/s$), специфичног наелектрисања $17,6\ mC/kg$. На које међусобно растојање треба поставити плоче плочастог кондензатора да би тело лебдело? Амперметар унутрашње отпорности $r = 0,9\ k\Omega$, шантиран отпором $R_š = 1,125\ k\Omega$, показује струју од $1\ mA$. ($R = 2,5\ k\Omega$, $R_1 = 30\ k\Omega$, $R_2 = 9,5\ k\Omega$, $L = 1\ H$, почетни капацитет $C = 1,8\ pF$, $\varphi_1 = +150\ V$, $g = 9,81\ m/s^2$)

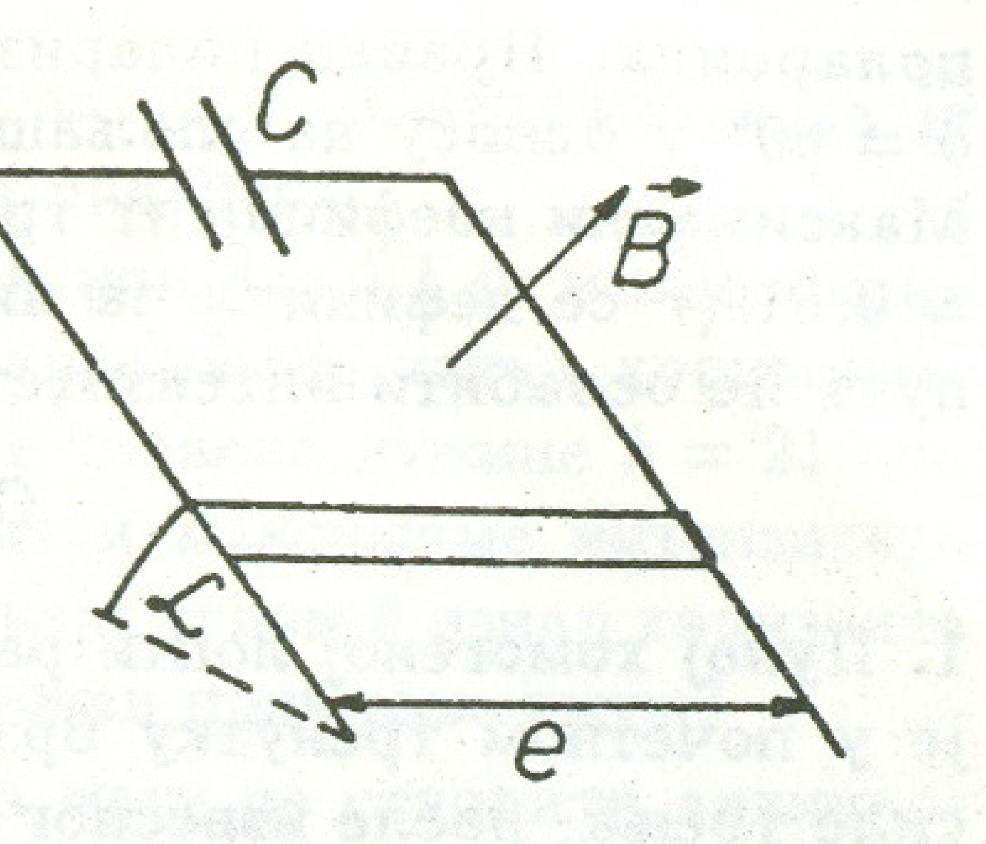
III разред

1. Систем клипова, приказан на слици 8, повезан је неистегљивим концем и има укупну масу m. Запремина ваздуха између клипова, при притиску једнаком спољашњем ($P = P_0$), износи V_0. Разлика површина клипова је S. Наћи период малих осцилација система ($\Delta V << V_0$), уз претпоставку да је процес изотермски.

2. Метални штап масе m клизи низ две проводне шипке нагнуте под углом α у односу на хоризонталу (сл.9). Нормално на раван по којој штап клизи успостављено је хомогено магнетно поље индукције B. Шипке су повезане кондензатором капацитета C. Занемарујући трење, електрични отпор, као и самоиндукцију унутар петље, наћи



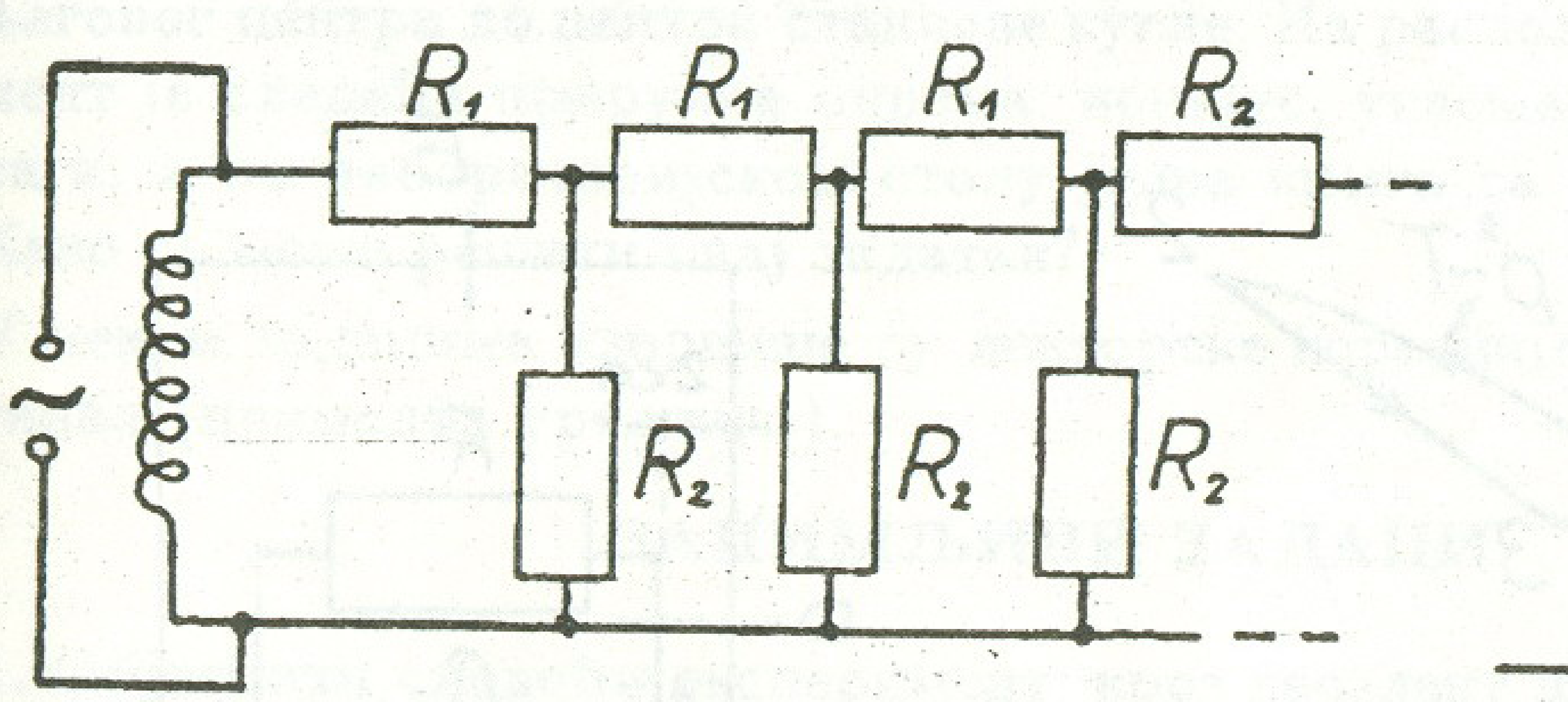
Слика 8.



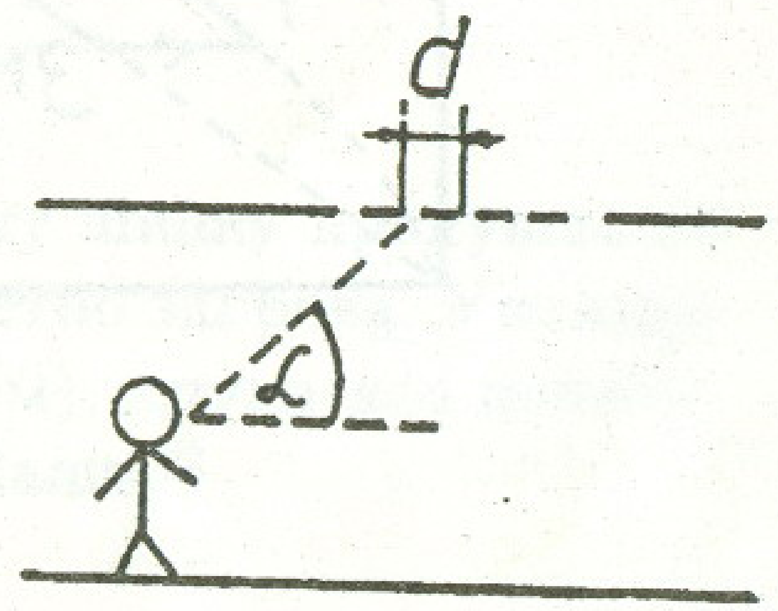
Слика 9.

убрзање штапа.

3. Коло са слике 10. представља паралелну везу индуктивитета и бесконачне отпорне мреже ($R_1 = 40\ \Omega$, $R_2 = 30\ \Omega$). Наћи термогену снагу која се развија на калему ако је укупна струја коју коло вуче из наизменичног извора $I = 0,9\ A$, а калем, односно мрежа вуку $I_1 = 0,5\ A$ и $I_2 = 0,6\ A$ респективно.



Слика 10.



Слика 11.

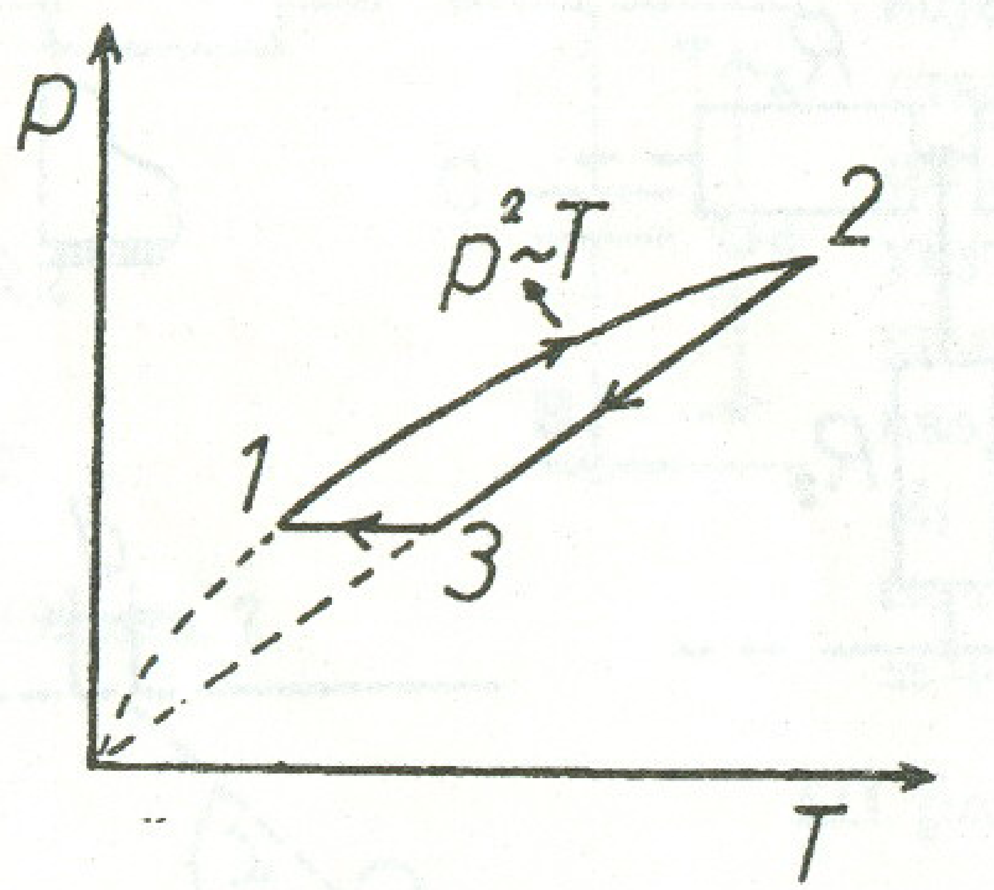
4. Из хеликоптера испада клавир емитујући тон $C8$ ($4.096\ Hz$). Непосредно испод клавира на тротоару се налази канализациони отвор прекривен решетком (сл.11). У шахту се налази радник који јасно чује тон $C8$ у тренутку испадања клавира. После извесног времена радник јасно зачује тон $G8$ ($6.144\ Hz$). Колико је растојање d међу шипкама решетке ако радник види шахт под углом $\alpha = 60°$? Брзина звука у ваздуху је $V = 327,68\ m/s$.

5. Природна светлост пада нормално на систем од три паралелна полароида. Правац поларизације средњег полароида ротиран је за $\phi = 60°$ у односу на спољашње полароиде чији се правци поклапају. Максимални коефицијент трансмисије за сваки полароид износи $\tau = 0,81$ (τ се дефинише за линеарно поларизовану светлост). Колико пута ће ослабити интензитет при проласку кроз систем?

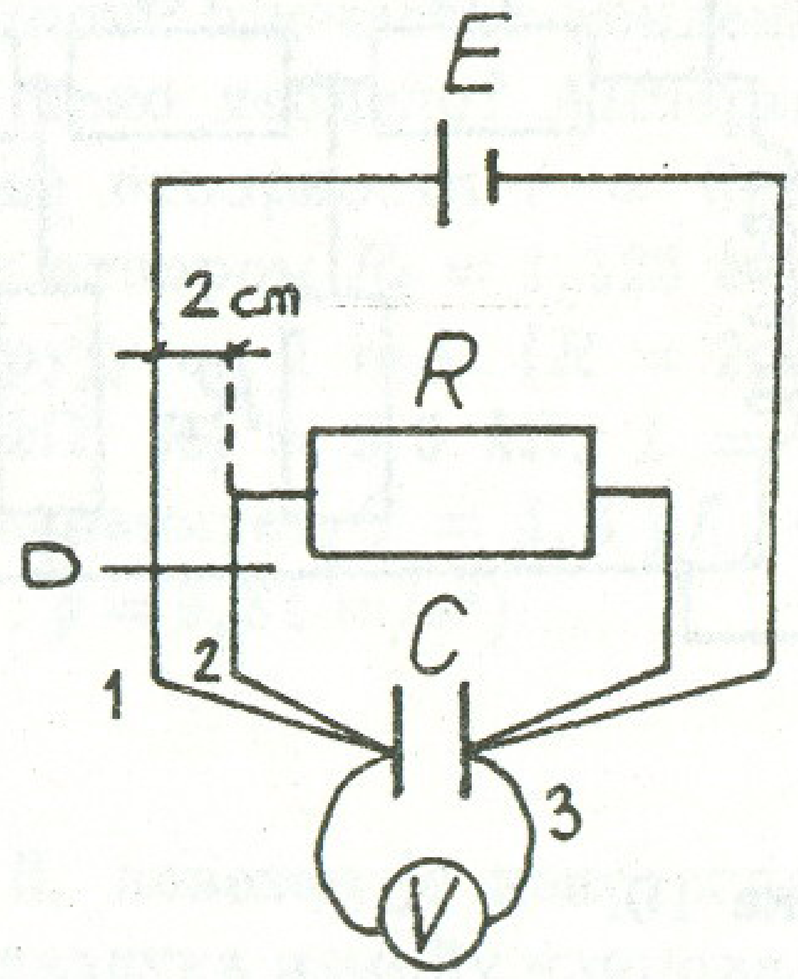
Општа физика

1. Пуној хомогеној лопти радијуса R на хоризонталној подлози дата је у почетном тренутку брзина транслације v_0, без ротације. Због силе трења, после извесног времена проклизавања, клизање прелази у котрљање. Ако се занемари сила трења котрљања, наћи угаону брзину ω_0 лопте када престане клизање. Израчунати губитак кинетичке енергије због рада сила трења.

2. Један мол идеалног гаса адијабатског коефицијента γ пролази кроз циклус приказан на слици 12. Однос максималне и минималне температуре је $T_{max}/T_{min} = \tau$. Сматрати да C_p и C_v не зависе од температуре. а) Користећи овај циклус показати да је $C_p - C_v = R$. б) Израчунати степен корисног дејства η.



Слика 12.



Слика 13.

3. Обе плоче једног кондензатора (сл.13), капацитета $0,2\ \mu F$, спојене су једним проводником са извором *ems*, другим проводником са једним отпором од $10\ k\Omega$, а трећим проводником са једним електрометром који показује напон од $200\ V$. Први и други проводник леже један према другом паралелно на одстојању од $0,02\ m$. Ако пушчаним зрном прекинемо ове проводнике, онда ће за време летења зрна од једног

проводника до другог напон да опадне за $10\ V$. Сматрајући да је брзина метка константна, одредити њену вредност.

4. Детектор микроталаса налази се на висини $d = 0,5\ m$ изнад мирне површине језера. За време подизања радиозвезде изнад хоризонта, која емитује монохроматске микроталасе таласне дужине $\lambda = 21\ cm$, детектор детектује сукцесивне минимуме и максимуме интензитета примљеног сигнала са радиозвезде. Под који углом θ изнад хоризонта се налазила радиозвезда када је регистрован први максимум?

5. При судару протона високих енергија могу се створити антипротони $\bar{p}$ сагласно реакцији $p+p \rightarrow p+p+p+\bar{p}$. Колику минималну кинетичку енергију треба да има протон да би при судару са протоном који мирује горња реакција била могућа?

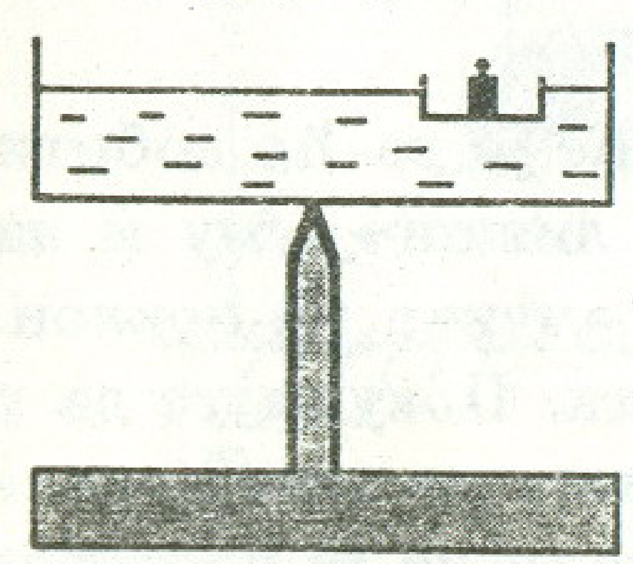
Експериментални задатак

1. Приликом контроле установљено је да стаклена кугла, израђена од стакла познате гусине ϱ, садржи већи ваздушни мехур сферног облика. Одредити полупречник ваздушног мехура, као и размак од његовог центра до центра стаклене кугле. На располагању за експеримент је следећа приручна опрема: нонијус, угломер, лабораторијска вага, а на лабораторијском столу једна књига са тврдим корицама. Како се може решити овај задатак?

У неким задацима извршене су лекторске корекције у односу на оригинал (примедба уредника).

ЗАНИМЉИВИ ЗАДАЦИ

1. Објаснити следећи експеримент: кроз гвоздену шипку пропушта се стална електрична струја тако да се шипка приметно загрева. Уколико један део проводника охладимо (на пример водом), други део почиње да се греје јаче него пре хлађења првог дела. Зашто?



Слика 1.

2. Фотограф је хтео да направи снимак зебре, па је снимио белог магарца ставивши претходно на објектив фотоапарата стакло са црним пругама. Шта је добио на снимку?

3. Посуда испуњена водом постављена је у лабилну равнотежу. У посуду се стави тег да плови уз ивицу (сл.1). Да ли ће посуда пасти са вертикалног носача? Образложите одговор.

4. Дечији балон испуњен хелијумом налази се у свемирском броду.

Брод је испуњен ваздухом који је на нормалном притиску и температури. Како ће се кретати балон ако брод убрзава сталним убрзањем?

Припремио: П. Стојаковић, Ваљевска гимназија

НАГРАДНИ ЗАДАТАК

Бизнисмен купује кола

На прошлогодишњем такмичењу основаца, ученици VI разреда имали су прилику да се сретну са једним нашим новопеченим бизнисменом који је својој жени хтео да купи поклон (такмичење је било у марту, па претпостављамо да је реч о поклону за 8. март). Елем, купио је послужавник од чистог злата тежак негде око 3 kg. Његов син, основац, користећи оно што је научио о Архимедовом закону, показао је да у том послужавнику има више бакра него злата. Отада наш бизнисмен поштује свог сина и његово знање из физике.

Ових дана, нашем познанику се указала прилика да купи "испод руке" једна добра спортска кола. У проспекту стоји да она могу из места да постигну брзину од 100 km/h за 8 секунди, док на отвореном путу развијају брзину и до 250 km/h. Поучен претходним догађајима, он је решио да прво проучи шта о томе кажу уџбеници његовог сина.

Полазећи од формуле $v = at$, израчунао је да је убрзање овог аутомобила $a = \frac{v}{t} = \frac{100\ km/h}{8\ s} = \frac{2,87\ m/s}{8\ s} = 0,36\frac{m/s}{s}$. Према томе, он би после 16 секунди имао брзину 200 km/h, после 24 s 300 km/h, а после два минута би ишао надзвучном брзином. Питао је продавца зашто онда аутомобил не може да достигне ту брзину, а како овај није знао, он је закључио да опет неко покушава да му подвали. Одлучио је да не купи аутомобил, већ да за те паре купи свом сину компјутер, али под условом да му објасни у чему је проблем са аутомобилом који се не покорава законима физике, јер неће да иде колико му допушта формула за брзину.

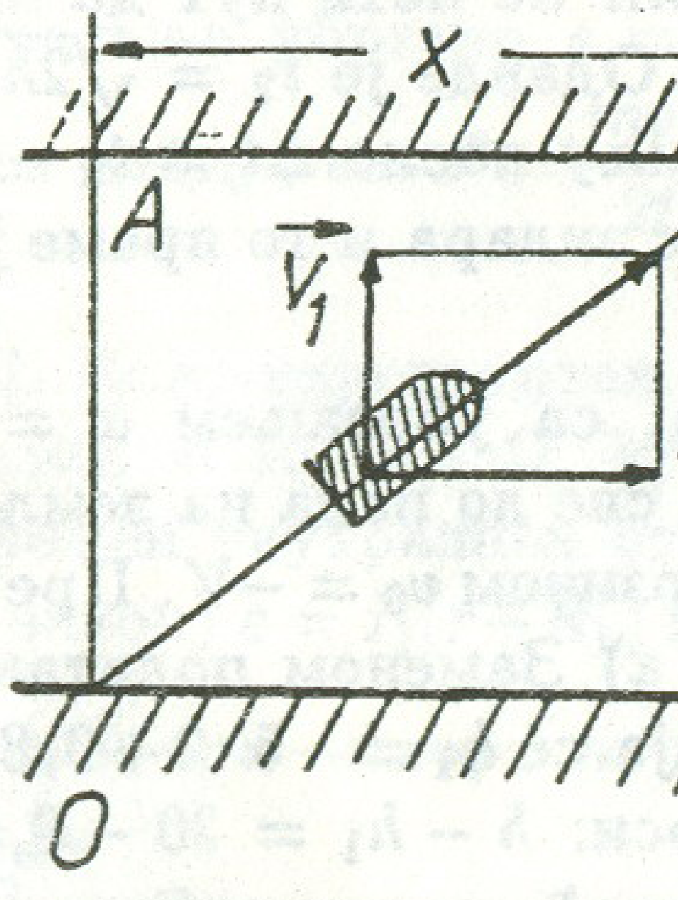
Син је, наравно, знао да му то објасни и могуће је да ће добити рачунар, ако мајка не реши да мења намештај у ливинг–руму и на то потроши паре од аута. Ми вам не обећавамо рачунар на поклон, већ вам нудимо само изазов и евентуално пар књига. Покушајте да у највише 10 реченица (бизнисмени су заузети и не могу да одвоје више времена за слушање) објасните зашто аутомобил не може да постигне произвољно велику брзину, иако би по формулама из кинематике то могао. Одговоре шаљите до 25. 9. 1994. године на нашу адресу.

Припремио: Д. Капор, ПМФ, Нови Сад.

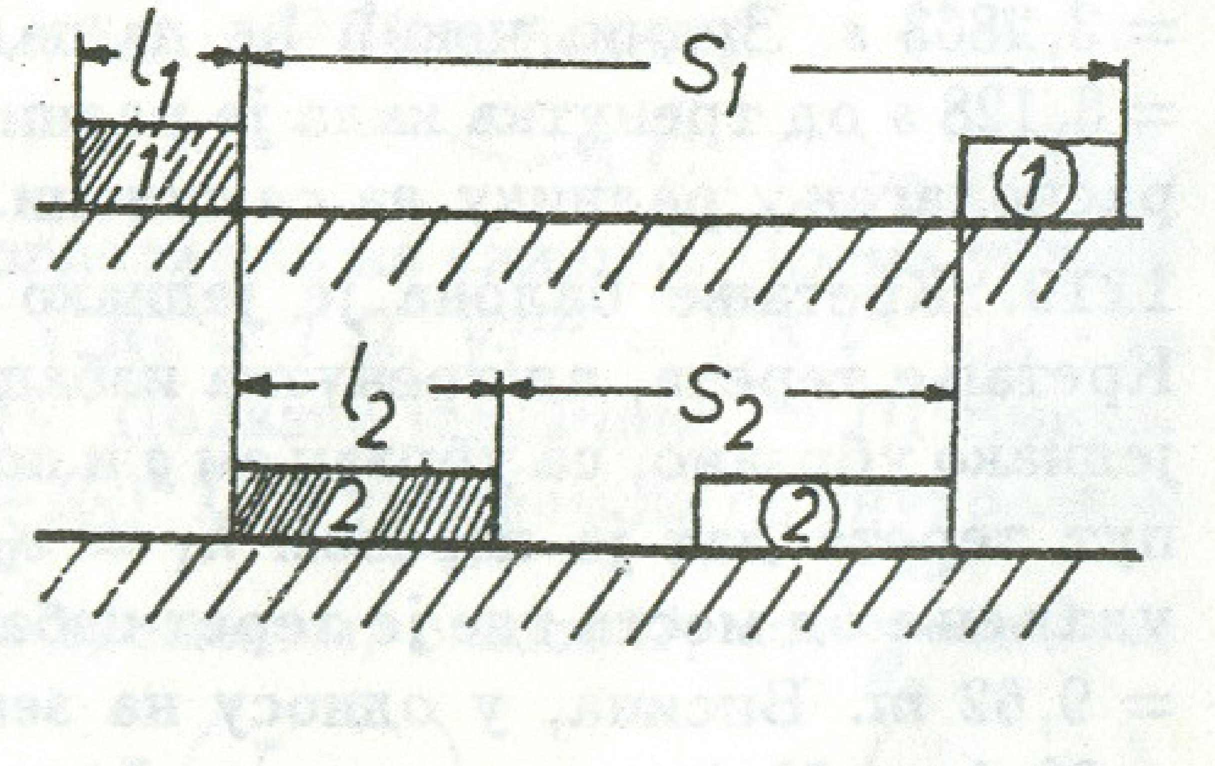
РЕШЕЊА КОНКУРСНИХ ЗАДАТАКА ИЗ МФ–48

1112. а) У тренутку $t_0 = 0$ тело је удаљено $x_0 = 5\ km$ од референтног тела (погледати слику уз текст задатка) и креће се ка њему по правој путањи, тако да за $2h$ пређе пут од $s_1 = 2\ km$. У овом делу пута тело се кретало брзином $v_1 = s_1/t_1 = 1\ km/h$. Положај тела у тренутку $t_1 = 2h$ је $x_1 = x_0 - s_1 = 3\ km$. У временском интервалу од другог до трећег часа тело мирује, тако да је $v_2 = 0$. Положај тела у тренутку $t_2 = 3h$ је $x_2 = x_1 = 3\ km$. У временском интервалу од трећег до петог часа тело се удаљило од референтног тела за $s_3 = 1\ km$. Брзина тела на овом делу пута је $v_3 = s_3/(t_3 - t_2) = 0,5\ km/h$. б) Средња вредност брзине на целом путу је: $v_{sr} = s/t = 0,6\ km/h$, где је $s = 3\ km$ укупно пређени пут за време од $t = 5\ h$.

1113. Премештање чамца у односу на обалу, за коју је везан непокретан систем координата (сл.1), резултат је премештања чамца у односу на воду брзином $v_1 = 1,2\ m/s$ и кретања тока воде у односу на обалу брзином $v_2 = 1,6\ m/s$. Брзина чамца у односу на обалу, на основу правила о векторском сабирању брзина, износи: $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$. Како су вектори брзина $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ међусобно нормални $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$, следи да је апсолутна вредност брзине чамца у односу на обалу: $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 2\ m/s$. Време кретања може да се одреди на основу закона о независности кретања. Тако је $t = L/v_1 = 125\ s$, где је $L = 150\ m$ пређени пут нормално на ток реке (једнак ширини реке OA). Пређени пут чамца износи: $s = OB = vt = 250\ m$. Низводно скретање чамца износи $x = AB = v_2 t = 200\ m$.



Слика 1.



Слика 2.

1114. Пут s_1 који пређе путнички воз дужине $l_1 = 200\ m$ до тренутка t

када престигне теретни воз дужине $l_2 = 800\ m$ једнак је збиру дужина оба воза и пута s_2 који пређе теретни воз за исто време (сл.2): $s_1 = l_1 + l_2 + s_2$. Како је $s_2 = v_2 t$, а $s_1 = v_1 t$, следи: $v_1 t = l_1 + l_2 + v_2 t$, тако да је $t = \dfrac{l_1 + l_2}{v_1 - v_2} = 80\ s$. Ч.С.

1115. Да би воз прошао кроз тунел, мора да пређе пут (s) једнак збиру дужина тунела (d) и воза (L): $s = d + L = d + 80\ m$. За време $t = 27\ s$, крећући се брзином $v = 72\ km/h = 20\ m/s$, воз пређе пут $s = vt = 20 \cdot 27 = 540\ m$, тако да је, на основу претходног, дужина тунела $d = s - L = 540\ m - 90\ m = 450\ m$.

1116. Густина тела се одређује на основу мерења масе (или тежине) и измерене запремине: $\varrho = m/V = Q/gV$. Међутим, поредећи масе (или тежине) тела истих запремина може да се одреди густина једног тела уколико се зна густина другог тела. Тако је $\dfrac{\varrho_x}{\varrho_0} = \dfrac{m_x/V}{m_0/V} = \dfrac{m_x}{m_0} = \dfrac{Q_x}{Q_0} = \dfrac{3,55\ N}{5\ N} = 0,75$. Како је у овом случају познато тело, тј. течност – вода густине $\varrho_0 = 1.000\ kg/m^3$, следи да густина друге течности износи $\varrho_x = 0,71\varrho_0 = 710\ kg/m^3$. Из таблице следи да је дата течност или бензин или етил алкохол.

1117. Кинетичке енергије датог тела у различитим тренуцима кретања односе се као квадрати брзина тела у датим временима: $E_{k2}/E_{k1} = (v_2/v_1)^2$. Како је $v_1 = at_1$ и $v_2 = at_2$, следи $v_2/v_1 = t_2/t_1 = 2$, тако да је $E_{k2}/E_{k1} = (t_2/t_1)^2 = 4$.

1118. Глас зидара чује радник на земљи после времена $t_1 = h/c = (54\ m)/(340\ m/s) = 0,1588\ s$. При паду чекић ће исти пут да пређе за време t_2, одређено једначином $h = gt_2^2/2$. Одавде је $t_2 = \sqrt{2h/g} = 3,2863\ s$. Значи, чекић ће да падне на земљу после $\Delta t = t_2 - t_1 = 3,128\ s$ од тренутка када је радник чуо глас зидара и то време је на располагању раднику да се склони. С.С.

1119. Кретање балона је једнако успорено, са убрзањем $a = -g$. Кретање терета, од тренутка избацивања па све до пада на земљу, је једнако убрзано, са убрзањем g и почетном брзином $v_0 = -V$. Пређени пут терета дат је изразом $h_1 = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$. а) Заменом података за удаљење од места где је терет избачен, добија се $h_1 = -5 \cdot 2 + 9,81\frac{4}{2} = 9,62\ m$. Висина, у односу на земљу, износи: $h - h_1 = 30 - 9,62 = 20,4\ m$. б) Ако се у полазну једначину за пређени пут терета стави да је пут једнак висини са које је тело избачено, тј. $h_1 = h$, добија се: $h = -v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$. Ово је квадратна једначина по времену са два решења:

$$t_{1,2} = \frac{v_0}{g} \pm \frac{\sqrt{v_0^2 + 2Hg}}{g}.$$

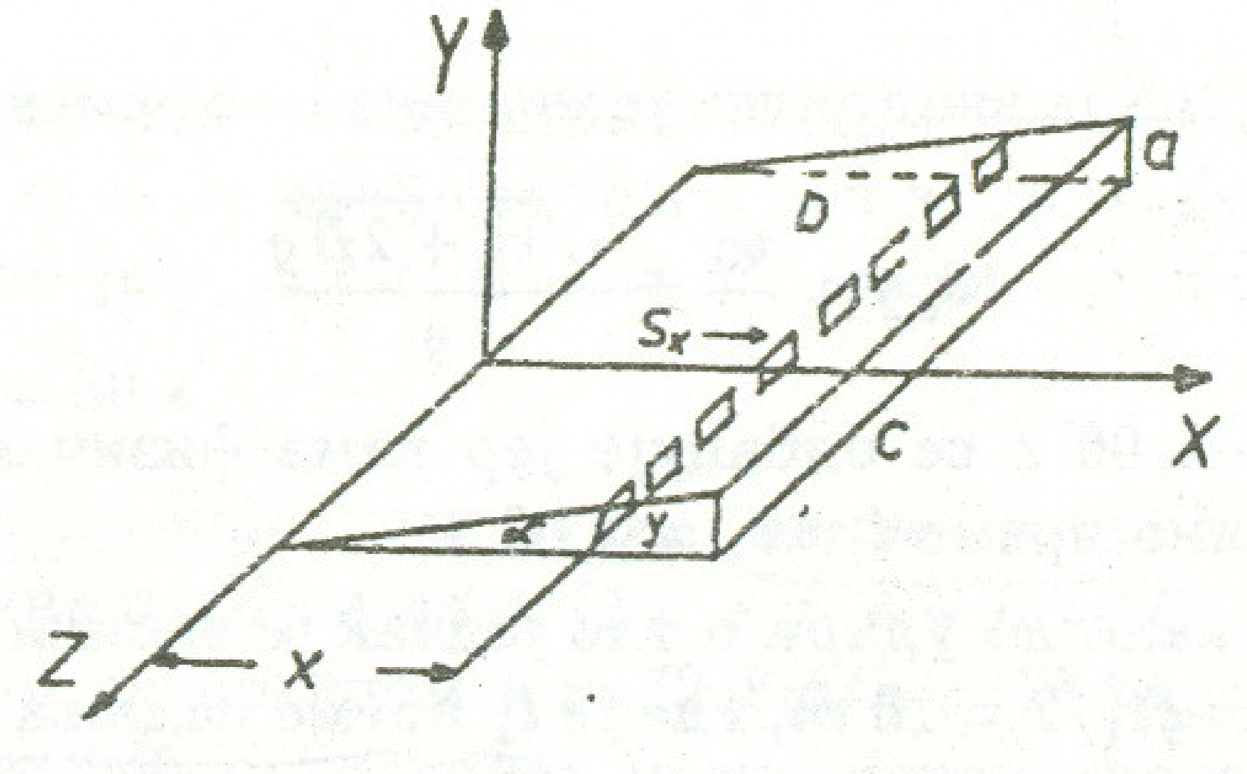
Резултат $t_2 = -2,06\ s$ се одбацује јер нема физички смисао. Друго решење је тражено време $t = t_1 = 3,03\ s$. В.М.

1120. Пут прве капи до удара о тло једнак је висини крова са кога се кап откида: $H_1 = gt_1^2/2 = 16\ m$, где је t_1 време падања капи. Временски размак између откидања две узастопне капи износи $t = t_1/4$ и исти је за све капи. Време падања друге капи, до тренутка удара прве капи о тло, је $t_2 = t_1 - (t_1/4) = 3t_1/4$. За то време друга кап је прешла пут $H_2 = \dfrac{gt_2^2}{2} = g\dfrac{3t_1^2/4}{2} = 9\dfrac{gt_1^2/2}{16} = \dfrac{9H_1}{16} = 9\ m$, тако да је размак између прве и друге капи $H_1 - H_2 = 7\ m$. Време падања треће капи је $t_3 = t_1 - (2t_2/4) = t_1/2$. Пређени пут треће капи је $H_3 = gt_3^2/2 = H_1/4 = 4\ m$, тако да размак између друге и треће капи износи $H_2 - H_1 = 5\ m$. Време падања четврте капи је $t_4 = t_1 - (3t_1/4) = t_1/4$. Пређени пут четврте капи је $H_4 = (gt_1^2/2)/16 = H_1/16 = 1\ m$. Размак између треће и четврте капи је $H_3 - H_4 = 3\ m$. С обзиром да се пета кап тек одваја, следи да је $t_5 = 0$ и $H_5 = 0$, тако да је размак између четврте и пете капи $H_4 - H_5 = 1\ m$.

1121. Воз се креће убрзано, што значи да се мења снага мотора, па се због тога одређује средња снага P. По дефиницији је $P = A/t$, где се рад троши на повећање кинетичке енергије $\Delta E_k = mv^2/2$ и на савладавање сила трења $A_{Ftr} = kmgs$, тако да је: $P = \dfrac{mv^2}{2t} + \dfrac{kmgs}{t}$. Пошто је кретање убрзано $s = at^2/2 = vt^2/2t = vt/2$, заменом у претходни израз добија се: $P = \dfrac{mv^2}{2t} + \dfrac{kmgv}{2} = 540 \cdot 10^3\ W = 540\ kW$.

Ч.С., Г.В., Д.Ђ-Р.

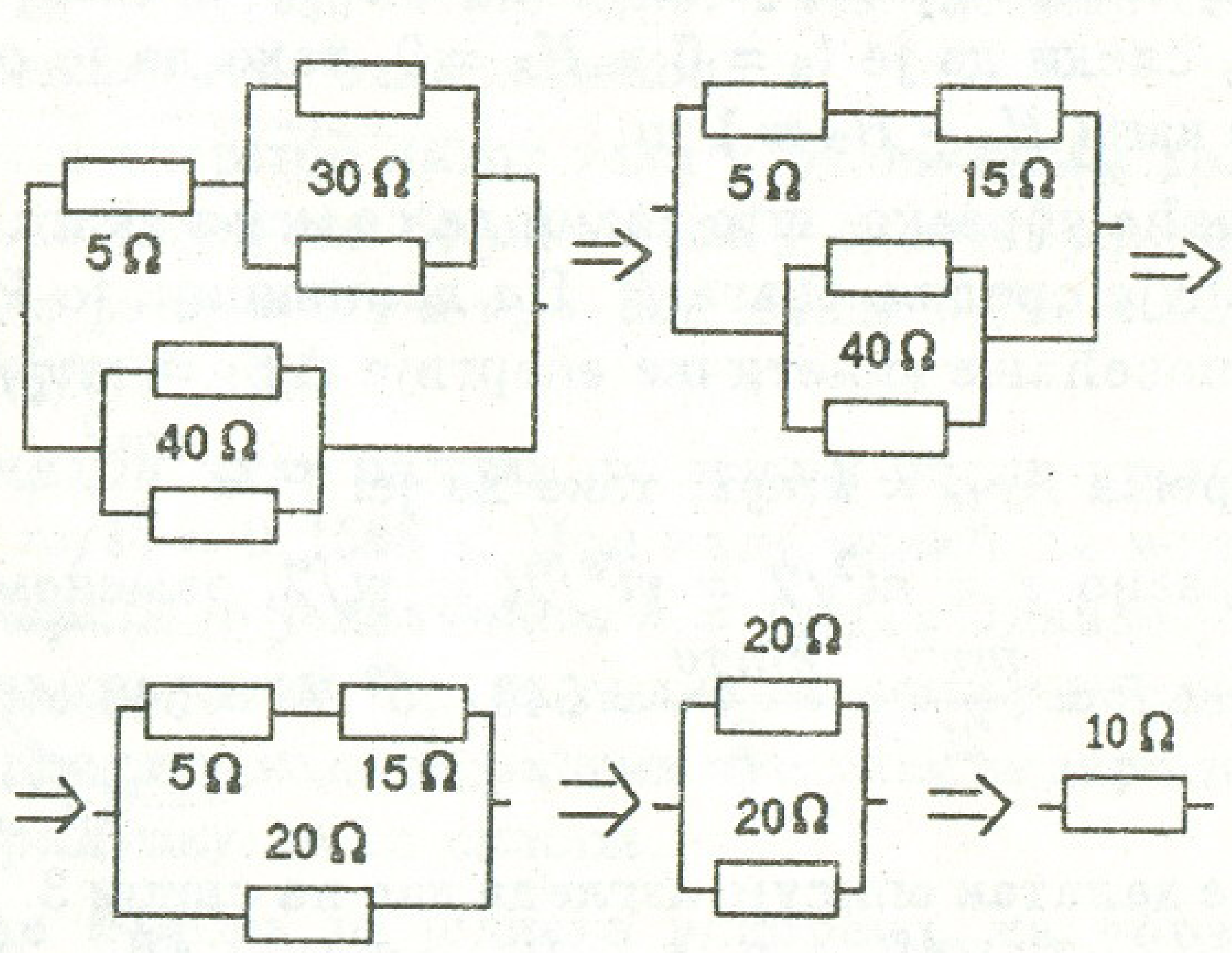
1122. Коло које задатак описује изгледа као на слици 3. Према услову задатка је $R_1 = 1\ \Omega$, $V_1^{AB} = 2\ V$ и $R_2 = 2\ \Omega$, $V_2^{AB} = 2,4\ V$. Са r је обележен унутрашњи отпор извора. Полазне једначине су (II Кирхофов закон) $\varepsilon = I_1(r + R_1)$ и $\varepsilon = I_2(r + R_2)$. Под условом да се унутрашњи отпор и *ems* извора не мењају са временом, следи: $I_1 = \dfrac{V_1^{AB}}{R_1}$ и $I_2 = \dfrac{V_2^{AB}}{R_2}$. Заменом у једначине $\varepsilon = V_1^{AB}\left(\dfrac{r}{R_1} + 1\right)$ и $\varepsilon = V_2^{AB}\left(\dfrac{r}{R_2} + 1\right)$, добија се $V_1^{AB}\left(\dfrac{r}{R_1} + 1\right) = V_2^{AB}\left(\dfrac{r}{R_2} + 1\right)$, па $r = \dfrac{V_2^{AB} - V_1^{AB}}{V_1^{AB}/R_1 - V_2^{AB}/R_2} =$



Слика 3.

$= \dfrac{2,4-2}{2/1-2,4/2} = 0,5\ \Omega$, а $ems\ \varepsilon = V_1^{AB}\left(\dfrac{r}{R_1}+1\right) = 2\left(\dfrac{0,5}{1}+1\right) = 3\ V.$

1123. Дато коло може се трансформисати као на слици 4. а) $I = V/10 = 2,4\ A$. б) Пошто су еквивалентни отпори у главним паралелним гранама исти, следи да је струја $I_{AC} = I/2 = 1,2\ A$. Ове струје се, даље, деле на две једнаке струје и у споредним паралелним гранама (у гранама са $30\ \Omega$ и $40\ \Omega$), па је $I_{BC} = I_{AC}/2 = 0,6\ A$. ц) $U_{AB} = I_{AB}5R = I_{AC}5R = 6\ V$; $U_{BC} = I_{BC}30\ \Omega = 18\ V$. В.М.



Слика 4.

1124. Јачине струја, које теку кроз милиамперметар (I_a) и додатни отпор (шант) ($I_š$), обрнуто су пропорционалне њиховим отпорима: $\dfrac{I_š}{I_a} = \dfrac{R_a}{R_š}$, јер је $U = R_š I_š = R_a I_a$. Замењујући $I_š = I - I_a$ у прву једначину добија се: $\dfrac{I - I_a}{I_a} = \dfrac{R_a}{R_š}$. а) Заменом бројних вредности

у израз за отпор шанта $R_š = \varrho l/S$, где је $S = r^2\pi = d^2\pi/4$ добија се: $R_š = 4\cdot 10^{-7}\Omega m \dfrac{0,2\ m}{3,14\cdot 1\cdot 10^{-6}\ m^2} = \dfrac{4\cdot 10^{-1}\ \Omega\cdot 0,2}{3,14} = \dfrac{0,8\ \Omega}{3,14\cdot 10} = \dfrac{0,8}{31,4}\ \Omega = 0,0255\ \Omega$. б) Решавањем четврте једначине добија се: $I = I_a(1 + R_a/R_š)$. Заменом $R_š = \varrho l/S$ следи $I = 20\ A(1 + 3\ \Omega/0,0255\ \Omega) = 20\ A(1 + 117,75) = 118,75\cdot 20\ mA = 2,375\ mA = 2,375\ A$. ц) Највећу јачину струје, која се може измерити милиамперметром са шантом, одређујемо из услова да тада кроз милиамперметар протиче максимална струја $I'_a = 25\ mA$. Онда је $I = I'_a(1 + R_a/R_š) = 2968,75\ mA$, $I \cong 2,97\ A$. Значи, милиамперметром са шантом може се измерити јачина струје од 0 до $2,97\ A$.

РЕШЕЊА ЗАНИМЉИВИХ ЗАДАТАКА

1. Електрични отпор је управо сразмеран температури, па је отпор охлађеног дела мањи него неохлађеног. Како је струја иста (редна веза), већа количина топлоте се ослободи на проводнику већег отпора, јер је ослобођена количина топлоте управо сразмерна отпору $Q = RI^2t$ код редне везе отпора.

2. Сваки део сочива даје потпуну слику предмета, независно од других делова. Зато никаквих пруга неће бити. Слика ће једноставно бити мање светла.

3. Према Паскаловом закону притисак се на све стране преноси подједнако, па посуда неће пасти.

4. Балон ће се кретати у смеру убрзања тј. у смеру кретања брода. На балон делује инерцијална сила. Она има исти учинак као да се брод налази у гравитационом пољу планете која је, у овом случају, иза брода. Из искуства знамо да ће се у тим условима балон кретати према горе, тј. у смеру кретања брода.

ПРАВИЛНА РЕШЕЊА КОНКУРСНИХ ЗАДАТАКА ИЗ МФ–48 и МФ–49 ДОСТАВИЛИ СУ:

1. ОШ „Ратко Жунић", Алексиначки рудници (село Ћићина) , (наставник Слободан Митић): Драган Павловић: 1126, 1141, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147 1148, 1149, 1150, 1152, 1153, 1154, 1155
2. ОШ „Ратко Жунић", Рутевац, (Слободан Митић): Дарко Вељковић: 1142, 1143, 1146, 1147, 1155; Александар Стојановић: 1123, 1142, 1143, 1146, 1147, 1150, 1152, 1153, 1154, 1155; Предраг Радојевић: 1112, 1122, 1123, 1124, 1141, 1146, 1151, 1152, 1153, 1155
3. ОШ „I пролетерска бригада", Београд (Неда Ђорђевић): Милош Тешановић: 1141, 1143, 1146, 1150
4. Гимназија „Дракче Миловановић", Алексинац (Славољуб Радуловић): Марина Митић: 1129, 1142, 1143, 1144, 1146, 1147, 1148, 1149, 1150, 1151, 1152, 1153, 1154, 1155, 1156, 1157, 1158