

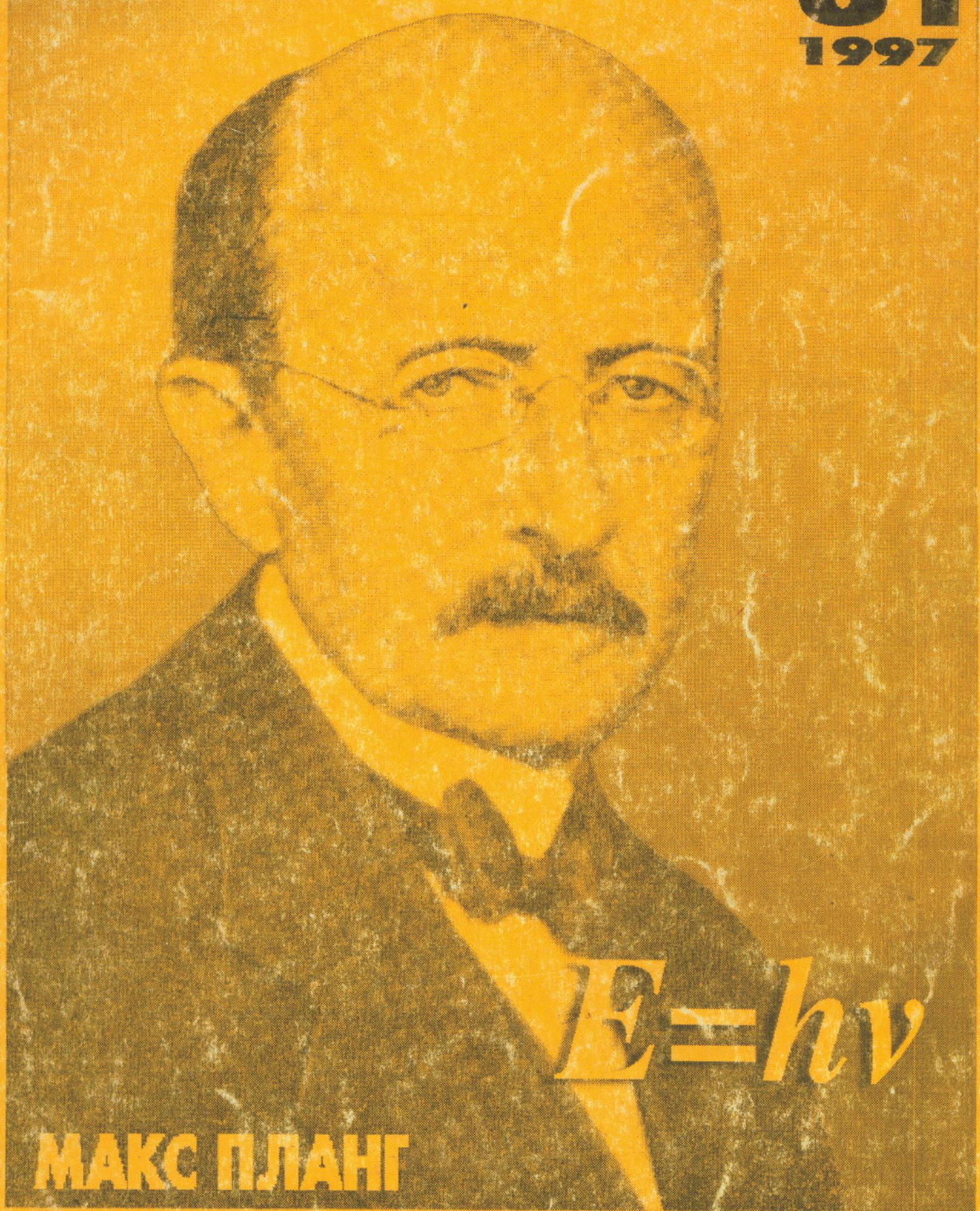
99

# МЛАДИ ЧАСОПИС ИЗ ФИЗИКЕ ЗА УЧЕНИКЕ

# ФИЗИЧАР

YU ISSN 0351-5575

**61**  
**1997**



$$E = h\nu$$

**МАКС ПЛАНК**

ИЗДАВАЧ: ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

$$E_{\nu,T} = \frac{2\pi h}{c^2} \frac{\nu^3}{e^{(h\nu/kT)} - 1}$$

МЛАДИ ФИЗИЧАР Часопис за ученике основних и средњих школа  
 YOUNG PHYSICIST Magazine for elementary and secondary school students  
 JEUNE PHYSICIEN Journal pour les élèves des écoles élémentaires et secondaires  
 JUNGER PHYSIKER Zeitschrift für Volks und Mittelschüler  
 МОЛОДОЙ ФИЗИК Журнал для учеников начальных и средних школ

## ИЗДАВАЧКИ САВЕТ

Др Илија САВИЋ,  
 Физички факултет, председник  
 Др Петар АЏИЋ,  
 Институт за нуклеарне науке, Винча  
 Др Вукота БАБОВИЋ,  
 ПМФ, Крагујевац  
 Вера БОЈОВИЋ,  
 Одељење Министарства просвете, Београд  
 Др Павле ВАСИЋ,  
 ПМФ, Приштина  
 Др Борко ВУЈИЧИЋ,  
 ПМФ, Подгорица  
 Др Јулијана ГЕОРГИЈЕВИЋ,  
 Технолошки факултет, Београд  
 Др Милан ДИМИТРИЈЕВИЋ,  
 Астрономска опсерваторија, Београд

Мр Светомир ДИМИТРИЈЕВИЋ,  
 Одељење Министарства просвете, Нови Сад  
 Љубомир ЈОВАНОВИЋ, проф.  
 „Гимназија”, Земун  
 Академик Звонко МАРИЋ,  
 Институт за физику  
 Др Надежда НОВАКОВИЋ,  
 Филозофски факултет, Ниш  
 Др Зоран ПЕТРОВИЋ,  
 Институт за физику, Београд  
 Вида РАДИЋ, наставник  
 ОШ „Бранко Радичевић”, Нови Београд  
 Др Душан РИСТАНОВИЋ,  
 Медицински факултет, Београд  
 Др Станоје СТОЈАНОВИЋ,  
 Институт за физику ПМФ, Нови Сад

## УРЕДНИЦИ РУБРИКА

Др Светозар БОЖИН  
 Мр Драган МАРКУШЕВ  
 Ратомирка МИЛЕР  
 Др Јелена МИЛОГРАДОВ-ТУРИН

Др Мирјана ПОПОВИЋ-БОЖИЋ  
 Томислав СЕНЋАНСКИ  
 Др Александар СТАМАТОВИЋ  
 Наташа ЧАЛУКОВИЋ

## САРАДНИЦИ УРЕДНИШТВА

Ксенија БАБИЋ  
 Данило БЕОДРАНСКИ  
 Др Радомир ЂОРЂЕВИЋ  
 ГЛАВНИ И ОДГОВОРНИ УРЕДНИК:  
 ТЕХНИЧКИ УРЕДНИК

заменик секретара Невенка КРСТАЈИЋ  
 Мр Живојин НИКОЛИЋ  
 секретар уредништва Светозар СТАНОЈЕВИЋ  
 Проф. др ТОМИСЛАВ ПЕТРОВИЋ  
 Мр ДУШАН АРСЕНОВИЋ

## САДРЖАЈ:

Великани физике, М. Поповић-Божич: Макс Планк .....	1
Б. Чабрић, С. Арнаут: Синтеза суперматеријала суперпритиском или електронска стања и стварање суперматеријала .....	5
Р. Ђорђевић: Теслино стваралачко мишљење .....	6
М. М. Митровић: Одговор на чланак „Примери - мука са речима и мука са законима физике из наших збирки задатака” .....	8
Одабрани задаци за основну школу .....	11
Одабрани задаци за средњу школу .....	14
Специфични задаци .....	17
Задаци питања из 56. и 57. броја и решења .....	18
М. Мићић: Основна кола биполарних транзистора .....	21
М. Ђорђевић: Решавање проблема из хармонијских осцилација применом закона очувања енергије .....	24
Т. Сенћански: Физика у живој природи .....	28
Р. Ђорђевић: Из света књига .....	31

Компјутерска припрема текста и цртежа:

Мр Душан АРСЕНОВИЋ

Језички лектор:

Др Асим ПЕЦО

Корице:

Т. ПЕТРОВИЋ и Д. ПОЛИЋ

Штампа:

„Кућа штампе”, Земун

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

# ВЕЛИКАНИ ФИЗИКЕ

## МАКС ПЛАНК

*Мирјана Поповић-Божич, Институт за физику, Београд*

У својој приступној беседи, у Пруској академији наука, 1914. године, Алберт Ајнштајн (A. Einstein) је, говорећи о сфери свога рада - теоријској физици, о Планковом делу рекао: „Само пре око петнаест година, нико није сумњао у то да се применом Галилеј-Њутнове механике на кретање молекула и теорије поља Максвелла могу описати електрична, оптичка и топлотна својства тела. И управо тада је Планк показао, да је за извођење закона зрачења црног тела, који би био у сагласности са огледом, неопходно употребити метод израчунавања, чија несагласност са законима класичне физике постаје све јаснија. Овим методом израчунавања Планк је увео у физику тзв. квантну хипотезу, која је потом потврђена на веома блистав начин.” ...

### Планков живот и дело

Макс Планк (Max Karl Ernst Ludwig Planck) је рођен 1858, у Килу, у Немачкој. Био је дечак у време када је Максвел (Maxwell) развио електромагнетну теорију светлости, и савременик Херца (Hertz) који је демонстрирао егзистенцију Максвелових „таласа”. И Максвелово и Херцово дело су имали велики утицај на Планков рад. Планк је похађао гимназију у Минхену, где је почео његов интерес за физику, а физику је студирао на универзитетима у Минхену и Берлину. У Берлину су Планкови професори били Хелмхолц (Hermann von Helmholtz) и Кирхоф (Gustav Kirchhoff), под чијим утицајем се заинтересовао за термодинамику. Године 1879, Планк је, на Универзитету у Минхену, одбранио докторску дисертацију „Други закон термодинамике”, у којој је дао нову формулацију овога закона. Планкова формулација гласи: у сваком природном процесу сума ентропија свих тела која учествују у процесу се повећава у току времена.

Потом је био доцент на Универзитету у Минхену, професор теоријске физике на Универзитету у Килу, а 1889. године је изабран за ванредног професора на Универзитету у Берлину, као наследник Густава Кирхофа, да би већ 1892. постао редовни професор. У то време Берлин је био велико средиште физике, у коме ће Планк живети и радити следећих педесет година. 1894. године, на предлог Хелмхолца и Кунта (Kundt), Планк је изабран за члана Пруске академије наука, а секретар ове академије је постао 1912.

У Берлину, Планк је наставио истраживања у области термодинамике, електромагнетног зрачења, електро- и термо-хемије, која су га око 1900. довела до проблема расподеле енергије у спектру зрачења црног тела, до проблема који је решио увођењем револуционарне квантне хипотезе. То је био врхунац Планковог дела, али, истовремено, и тачка великог преокрета у историји физике.

Наставио је да предаје, и пише, још много година. Имао је срећу да доживи да почетно противљење његовој хипотези постепено уступи место опрезном прихватању, а потом свеопштем потврђивању.

Године 1905. Ајнштајн је, на основу квантне хипотезе, објаснио фотоелектрични ефекат. Две године касније, на истој основи Ајнштајн је објаснио промене специфичне топлоте чврстих тела са температуром. Не дуго после тога, 1913. године, Нилс Бор (Niels Bohr) је искористио квантну хипотезу у теорији атомских спектра. Године 1926. Шредингер (Ervin Schrödinger) је квантну хипотезу уградио у једначину која данас носи Шредингерово име и која је основна једначина тако настале нове

области физике - квантне физике.

Нобелов комитет за физику доделио је Планку Нобелову награду 1918. године.

За председника Кајзер-Вилхелмовог института за унапређивање науке изабран је 1930, и на томе положају је био до 1937. године.

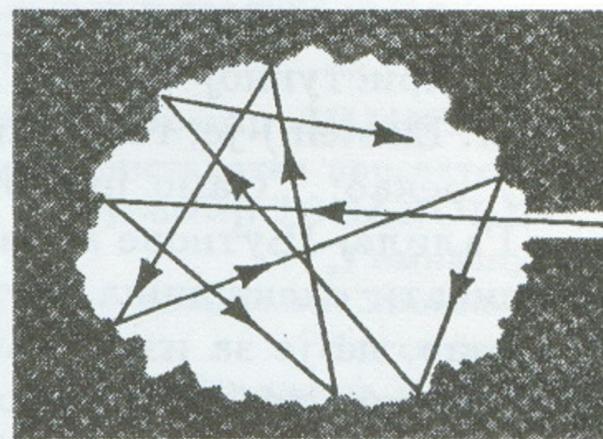
Последњих година живота (време другог светског рата) патио је због губитка више личних рођака, пријатеља и сарадника. Изгубио је сина који је осуђен и погубљен због учествовања у покушају обарања нацистичког режима, при крају другог светског рата. Нацистички режим, и неке колеге, вршили су притисак на Планка, захтевајући да ради на стварању „Немачке физике”, у којој би открићима Ајнштајна и других јеврејских физичара била дата безначајна улога. Пред смрт 1947. имао је утеху да је доживео пропаст покушаја да се успостави немачка дик-

татура у науци, али је, са друге стране, доживео несрећу да види како је у своме лудилу Трећи Рајх успео да разруши велике традиције немачке физике.

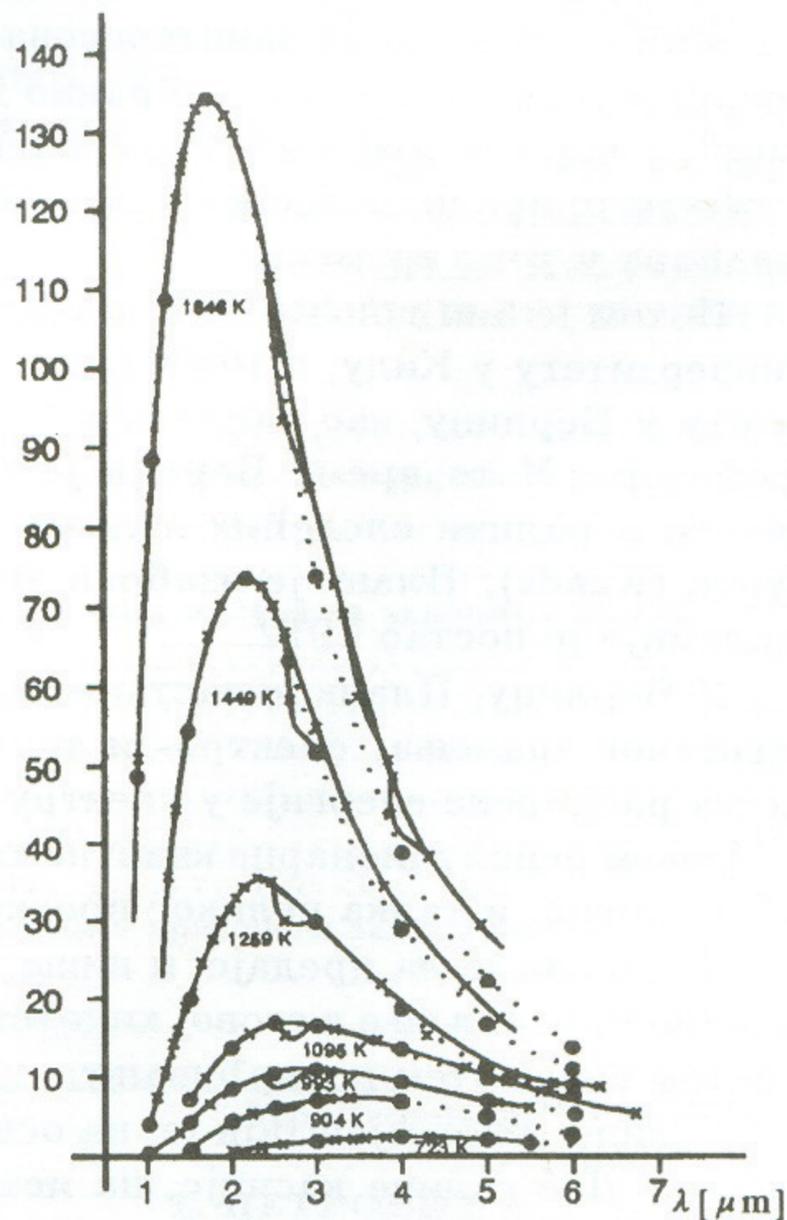
Као што је приметио Макс фон Лауе (Max von Laue) поводом Планкове смрти, Планк је живео у току више поглавља немачке историје: „...Рађање и метеорски узлет Немачког царства су се догодили у време његовог живота, као и тотално по-мрачење и тотални распад тога царства.”

### Зрачење црног тела

Почетак рада на проблему зрачења црног тела (слике 1 и 2) Планк овако описује у својој научној биографији. „Студирајући мерења Лумера (O. Lummer) и Прингсхајма (E. Pringsheim) у вези топлотног спектра, заинтересовао сам се за Кирхофов закон зрачења који гласи: У празном простору, ограниченом у потпуности рефлектујућим зидовима, у коме се налазе тела која емитују и апсорбују зрачење, у току времена се успоставља таква равнотежа, при којој сва тела имају једну те исту температуру, а зрачење, по свим својим својствима, па и по спектралној расподели енергије зависи само од температуре, а не и од својстава тела. Ова такозвана нормална расподела енергије представља сама по себи нешто апсолутно, а како је истраживање апсолутног увек за мене представљало најлепши истраживачки задатак, прионуо сам својски на посао. Закључио сам да се прави пут решења проблема састоји у коришћењу Максвелове електромагнетне теорије светлости. Такође сам мислио: ако се празан простор испуни простим линеарним осцилаторима, тј. резонаторима малог пригушења, а различитих сопствених учестаности, размена енергије из-



Слика 1. Шупљина са малим отвором и унутрашњим рефлектујућим зидовима понаша се као црно тело.



Слика 2. Експериментални подаци Лумера и Прингсхајма (крстићи спојени линијом) и Виннов закон (заокружени крстићи).

међу осцилатора изазвана зрачењем, у току времена ће довести до стационарног стања, које би одговарало (по закону Кирхофа) нормалној расподели енергије.”

Пошто за неповратни процес размене енергије између осцилатора и побудног електромагнетног зрачења суштински значај има други извод ентропије осцилатора  $S$  по енергији осцилатора  $U$ , Планк је најпре одлучио да одреди ту функцију користећи Винову (Wilhelm Wien) расподелу енергије зрачења

$$u_B(\nu) \sim \nu^3 e^{-\alpha\nu/T} \quad (1)$$

која се са експериментално измереном расподелом слаже при малим таласним дужинама и ниским температурама (слика 2). Нашао је да је обрнута вредност другог извода ентропије осцилатора по енергији осцилатора сразмерна енергији

$$R \equiv \left[ \frac{d^2 S}{dU^2} \right]^{-1} = \text{const} \cdot U \quad (2)$$

Поред тога, директним огледом је утврђено да је при великим вредностима енергије осцилатора величина  $R$  сразмерна другом степену енергије. Дакле, закључио је Планк, не преостаје ништа друго него да се претпостави да је величина  $R$  сума два члана, једног линеарног по  $U$  и једног квадратног по  $U$ :

$$R = \left[ \frac{d^2 S}{dU^2} \right]^{-1} = \frac{\beta}{\alpha} U + \frac{1}{\alpha} U^2 \quad (3)$$

( $\alpha$  и  $\beta$  су константе). Коришћењем релације

$$\frac{dS}{dU} = \frac{1}{T} \quad (4)$$

и Виновог закона померања

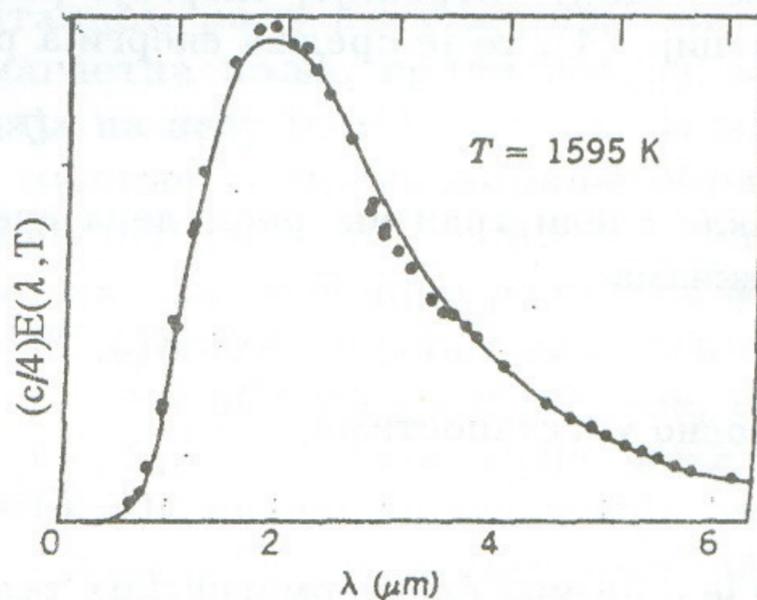
$$\lambda_{\text{max}} T = 2898 \mu\text{m} \cdot \text{K} \quad (5)$$

Планк је извео израз за спектралну расподелу енергије зрачења

$$E(\lambda, T) = \frac{C\lambda^{-5}}{e^{-c/\lambda T} - 1} \quad (6)$$

где су  $c$  и  $C$  непознате константе, што је саопштио на заседању Немачког физичког друштва, одржаном 19. октобра 1900. године.

Већ следећег јутра, Планка је позвао колега Рубенс (Rubens) и рекао му да је одмах после завршетка заседања, у току ноћи, прецизно упоредио Планкову функцију са измереним вредностима и да је у свим областима таласних дужина нађено задовољавајуће слагање са мерењима (в. слику 3).



Слика 3. Планков закон зрачења (пуна линија) и експериментални подаци (пуни кружићи) за црно тело на  $T = 1595 \text{ K}$ .

## Квантна хипотеза

Планк се сада нашао пред новим питањем: да формули коју је добио математичком анализом и интуицијом генија да физички смисао. То питање га је навело да размотри везу између ентропије  $S$  и вероватноће  $W$ , у духу Болцмана (Boltzmann). Како је ентропија  $S$  адитивна, а вероватноћа  $W$  мултипликативна величина, Планк је једноставно поставио да је ентропија  $N$  резонатора, чија је енергија  $U_N = NU$ , дата изразом

$$S_N = NS = k \log W + \text{const} \quad (7)$$

где је  $k$  константа, а  $S$  средња ентропија једног резонатора. Дакле, треба одредити вероватноћу  $W$  да  $N$  резонатора има енергију осциловања  $U_N$ .

У раду саопштеном 14. децембра 1900. пред Немачким физичким друштвом, хипотезу, коју ми данас називамо квантна хипотеза, Планк је увео на следећи начин. „Потребно је сматрати  $U_N$  не као континуирану, бесконачно дељиву величину, већ као дискретну величину састављену од целог броја коначних делова. Назовимо сваки такав део елемент енергије  $\epsilon$ ; према томе морамо имати

$$U_N = P\epsilon \quad (8)$$

где је  $P$  у општем случају велики цео број, а вредност величине  $\epsilon$  треба одредити”. За вероватноћу  $W$  је потом израчунао

$$W \sim \frac{(N + P)^{N+P}}{N^N P^P} \quad (9)$$

Из (7), (8) и (9) следи

$$S = k \left\{ \left(1 + \frac{U}{\epsilon}\right) \log \left(1 + \frac{U}{\epsilon}\right) - \frac{U}{\epsilon} \log \frac{U}{\epsilon} \right\}. \quad (10)$$

С друге стране, из Кирхофовог закона зрачења, и Виновог закона померања, следи да ентропија мора бити функција количника енергије  $U$  и учестаности осцилатора.

$$S = f\left(\frac{U}{\nu}\right). \quad (11)$$

Значи, елемент енергије  $\epsilon$  мора бити сразмеран учестаности

$$\epsilon = h\nu \quad (12)$$

Како између ентропије, енергије резонатора и температуре важи термодинамичка релација (4), то је средња енергија резонатора

$$U = \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad (13)$$

одакле следи тражена расподела енергије електромагнетног зрачења по таласним дужинама

$$E(\lambda, T) = \frac{8\pi c h}{\lambda^5} \frac{1}{[e^{ch/\lambda kT} - 1]} \quad (14)$$

односно учестаностима,

$$u(\lambda, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}, \quad (15)$$

где је  $c$  брзина електромагнетних таласа.

У истом раду Планк је одредио вредности константи  $k = 1,346 \cdot 10^{-16}$  erg/deg и  $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$  erg · s. Константе  $k$  и  $h$  су касније одређене са већом тачношћу и износе

$$k = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$
$$h = 6,6237 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

# ОД АТОМА ДО ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧЕСТИЦА И ВАСИОНЕ

## СИНТЕЗА СУПЕРМАТЕРИЈАЛА СУПЕРПРИТИСКОМ ИЛИ ЕЛЕКТРОНСКА СТАЊА И СТВАРАЊЕ СУПЕРМАТЕРИЈАЛА

*Бранислав Чабрић и Сузана Арнаут  
Природно-математички факултет, Крагујевац*

Основа савременог научно-технолошког напретка су енергетика, аутоматизација и материјали. У овом триједру материјали су најважнији, пошто без њиховог развоја није могућ развој ни енергетике ни аутоматизације. Стално повишавање: радних температура, притисака, брзина, нагризајућег утицаја спољашњих средина, зрачења, изискује одбацивање традиционалних материјала типа челика, ливеног гвожђа, металних легура, керамике и захтева нове материјале који имају сложен комплекс физичких, механичких и хемијских особина, који могу да раде на супервисоким и суперниским температурама, у сложеним условима. При томе, док су традиционални материјали развијани и усавршавани хиљадама година (тај процес још траје), нове материјале треба синтетизовати у много краћем року.

За синтезу нових материјала неопходан је, углавном, мукотрпан и дуготрајан експериментални рад. Ради скраћења тог процеса и избора најплоднијих и најперспективнијих метода добијања потребних материјала, а, такође, за утврђивање принципјелних могућности њиховог постојања, користе се и развијају многе нове методе. У првом реду треба истаћи прогнозирање могућих хемијских једињења помоћу електронских рачунских машина [1,2]. Суштина методе састоји се у коришћењу корелације између састава и особина неорганских једињења. При томе се показало да се најбољи резултати не добијају коришћењем физичких или термодинамичких особина, већ података о електронској структури изолованих атома, који садрже најпотпунију информацију о могућностима синтезе једињења. Показало се да је број прогнозираних једињења много већи, него што се интуитивно очекује, вероватно због тога што до сада у експерименталном раду нису коришћени сви спољни услови (притисци, температуре, магнетна поља, гравитација), који могу довести до, до сада, непознатих утицаја на везу између атома. И мада је покушај примене електронске рачунске машине за прогнозирање образовања нових једињења више питања поставио него што је решио, у ствари, овај покушај вредан је због тога што присиљава да се поново размотре фундаменталне основе хемије и физичко-хемијске анализе - појмови валентности, стехиометрије и термодинамичке равнотеже. Без обзира на проблеме, овај метод је већ омогућио стварање нових материјала и, шта више, показује да постоји огроман број једињења која још нису синтетизована и која би се могла добити у условима интензивних побуђивања електронских омотача.

Постепена разрада теоријских апроксимација, које омогућавају прорачун материјала са задатим особинама, несумњиво ће довести до крупних резултата; међутим, ниво особина одговарајућих материјала неће бити много висок, пошто су могућности ограничене и уобичајеном сликом електронских орбита атома, која постоји у обичним условима. Ради суштинског побољшања нивоа особина супстанци и материјала, мора се променити полазна електронска

структура атома, што је могуће деловањем високих притисака и јаких магнетних поља [3].

При повећању притиска у почетку настаје попуњавање спољашњих електронских орбита, њиховог „уређења”, после тога почиње ликвидација тог уређења и метализација супстанце (при притиску до 100 GPa), затим, при притисцима 150 – 200 GPa долази до ликвидације индивидуалности хемијских елемената и дегенерације периодног система; а изнад  $10^3$  GPa настаје прелаз у супергусто метално стање које се састоји од језгара и електронске течности. Успело је да се закале фазе високог притиска оствареног ударним таласом и да се тако добије „метални дијамант”, чија чврстоћа треба да буде до 400 GPa, а температура топљења  $23\,000\text{ }^\circ\text{C}$ ; суперазот треба да има густину  $25\text{ g/cm}^3$ , чврстоћу  $2,8 \cdot 10^3$  GPa, а температуру топљења  $80\,000\text{ }^\circ\text{C}$ . Настајање суперпроводног водоника при високим притисцима узрокује велику вредност магнетног поља планете Јупитера. При притисцима изнад  $10^3$  GPa настаје неутронизација материје - захват електрона језгрима и претварање протона у неутроне. Таква језгра постоје до  $10^{17}$  GPa и имају густину до  $10^{11}\text{ g/cm}^3$ . Неутронска материја представља омотач пулсара где се налази у суперфлуидном и суперпроводном стању.

А. А. Абрикосов је експериментално показао прелаз полупроводника у метале под утицајем јаких магнетних поља. Чак у умерено јаком пољу, јачине  $2,4 \cdot 10^5$  A/m, температура топљења галијума снижава се за 0,7, а калаја за  $0,6\text{ }^\circ\text{C}$ , због смањења локализације валентних електрона [5].

На тај начин, примена јаких побуђења, преуређење електронске орбите, промена саме хемијске индивидуалности елемената, представља широке могућности стварања нових материјала са изузетно добрим особинама, за које се сматрало да су недостижне.

## ТЕСЛИНО СТВАРАЛАЧКО МИШЉЕЊЕ

Одувек је владало велико интересовање за поступке, путеве научника који су водили до великих резултата. Када су питали Њутна како је дошао до тако великих резултата, он је одговарао да је до таквих резултата дошао зато што је непрекидно размишљао о проблемима којима се бавио. Овај одговор није задовољавао многе неупућене, иако је великим делом откривао загонетку великог открића. Концентрација на одређене проблеме и непрекидно трагање за решењима је, доиста, један од најважнијих чинилаца који води великим резултатима у науци и стваралаштву уопште. И Ајнштајну су, као што је познато, многи постављали слична питања, штавише низ истакнутих научника као К.Г. Јунг, М. Вертхајмер и други, у систематски вођеним разговорима настојали су да установе бар неке ступњеве у „мисаоној драми”, како је то сам Ајнштајн назвао, која је довела до теорије релативности. И сам Ајнштајн је посветио бројне радове проблемима природе стваралачког мишљења, метода у науци и улози интуиције у изналажењу нових идеја. Ти радови и данас су актуелни.

У погледу плодотворности и специфичности стваралачког мишљења Никола Тесла је, несумњиво, веома важна појава. О тој страни његовог рада није довољно писано, иако су његови биографи Џон О’Нил, Славко Бокшан и многи други обрађали пажњу на важност истраживања особености Теслиног стваралачког поступка. Иако није још публикована целокупна Теслина заоставштина, која се чува у Музеју у Београду, може се већ сада, на основу познатих података, с великом сигурношћу

указати на чиниоце који су били одлучујући у чудесној стваралачкој стихији на општи контекст Теслиних научних и техничких открића, на извесне елементе хеуристике који су садржани у Теслиној „мисаоној драми” (хеуристика - нова, комплексна научна дисциплина, заснована на резултатима више наука чији је циљ да установи принципе и правила који доприносе већој плодотворности и откривању нових идеја).

Бројни чиниоци стекли су се на одговарајући начин у Теслином раду и довели су до задивљујућих резултата. Овде ћемо набројити само неке. Пре свега споменућемо извесне одлике Теслиног родног краја, које су утицале на буђење и обликовање маште, о којој је, иначе, толико много писано. Село Смиљан, у коме се он родио, налази се готово у самој шуми букава, кленова и дубова, у околини теку брзе и бистре реке и потоци са водопадима. Ти водопади су још у најранијем детињству изазивали код Тесле жељу да искористи њихову енергију и стави је у службу људи за побољшање њиховог живота. Још тада се заветовао да ће отићи у САД и саградити хидроцентралу на Нијагари, где се налазе највећи водопади. Те преокупације, као и моралне побуде да ради за добро људи, биле су веома снажне током година, све док их није остварио. Снага тих чинилаца и импулса не може се, нипошто, занемарити. Овде треба подсетити на Гетеове речи: „Ако хоћеш да упознаш песника, отиди у његов родни крај” (Тесла је био на одређен начин и песник, бавио се чудесним сликама и метафорама, „комуницирао” са природом, каткад више него са људима). Даље, чиниоци, које овде набрајамо као одлучујуће, преплићу се на изузетан начин: радљивост, коју је наследио од родитеља, посебно од оца, као и склоност ка лепој књижевности и страним језицима. Још у детињству је прочитао многа дела из књижевности, природних наука. Знао је напамет бројна песничка остварења, као што је Гетеов „Фауст”, чије строфе је изговарао у магновењу, када му се јавила идеја о обртном магнетном пољу у будимпештанском парку 1882. Утицај мајке био је друкчијег карактера и, можда, доминантнији, што је и он сām истицао доцније. Сматрао је да је она генијална, да је обдарена интуицијом, и да је била изумитељица бројних направа, да се одликовала вештином ткања разних шара итд. Мајка му је читала српске народне јуначке песме и тако му је развијала смисао за лепоту и правду. Следе, даље, извесне црте Теслине личности, почевши од изузетне осетљивости чула (могао је да чује како будилник откуцава из треће или четврте просторије, доживљавајући те откуцаје као јаке ударе итд), маштовитости обogaћене делима уметности, „ментална лабораторија”. Тесла је приликом решавања неког проблема најчешће до детаља у мислима развијао пројект, касније се све слагало приликом конструисања; као на екрану држао је једновремено многобројне садржаје и успешно изводио неопходне операције. Процес мишљења текао је, рекло би се, убрзано. Дешавала су се сажимања, и тако је доспевао до резултата. То је одлика интуитивног облика сазнавања који је имао превагу у Теслином мишљењу. Ове одлике његовог мишљења не би довеле до тако великих резултата да се нису на одређен начин стекли још неки чиниоци. Тесла је рано напустио малу средину која му није пружила готово ништа, школовао се у ондашњим значајним центрима Аустроугарске империје, радио у другим центрима неко време, док није прешао у САД, где се трајно настанио и остао до краја живота. У тој земљи, која му је пружила одговарајуће услове, иако не без тешкоћа, он је, посветивши се до краја својим научним и техничким преокупацијама, организовао живот на такав начин да је, захваљујући изузетној концентрацији, дошао до чудесних резултата. Живео је готово усамљенички, без породице, комуникације са људима углавном су биле ограничене на круг који је био на неки начин у вези са реализацијом његових идеја и пројеката, следио је доследно ригорозан етички кодекс норми. Тако су дарови природе, снажном вољом развијани и усмеравани према изузетним циљевима, дали

результате које називамо генијалним, а сама генијалност постаје схватљивија када посматрамо контекст околности у којима је Тесла живео и радио.

Теслин геније биће потпуније схваћен тек кад се истражи целокупна документација из његове заоставштине и из других центара света. Тада ће се видети и основа његових филозофских погледа која је, без сумње, имала одговарајући утицај.

Радомир Ђорђевић

**ПИСМО УРЕДНИКУ  
ПОВОДОМ ЧЛАНКА „ПРИМЕРИ - МУКА СА РЕЧИМА И МУКА СА  
ЗАКОНИМА ФИЗИКЕ ИЗ НАШИХ ЗБИРКИ ЗАДАТАКА”  
ОБЈАВЉЕНОГ У БРОЈУ 59.**

**Одговор у вези изнетих примедби**

У “Младом физичару” број 59, на странама 29 и 30, објављен је чланак Драгомира М. Давидовића (у даљем тексту аутор) под насловом “Примери - мука са речима и мука са законима физике из наших збирки задатака” (у даљем тексту чланак). Највећим делом чланак представља негативну критику “Збирке задатака везаних за такмичења из физике (1990-1995) - 1 разред”, од мене као аутора (у даљем тексту Збирка), као и такмичења из физике која организује Комисија за такмичења Друштва физичара Србије (у даљем тексту Комисија), а чији сам ја преседник неколико година.

**О новим збиркама**

У поменутом тексту аутор посебно критикује нове збирке, које “расту код нас као печурке после кише”, мерејући им на недостатку оригиналности и квалификованости аутора. Став заслужује пажњу, али не може да не изазове полемику, верујем корисну, како будућим писцима, тако и читаоцима. Изнећу неке разлоге због којих сам се ја прихватио овога посла. Најважнији је био тај што се Друштву физичара и мени лично као председнику Комисије, обраћају наставници, ученици и родитељи жалећи се на непостојање одговарајуће литературе на српском језику за припрему ученика за такмичења, због чега смо годинама умножавали задатке са такмичења претходних година и слали заинтересованима.

Посебно питање је ауторство и оригиналност збирке. По мојој процени, мање од 10% задатака из збирки светског реномеа је релативно оригинално, односно, тешко их је наћи у некој другој збирци. Око половине задатака из ових збирки могу се срести и у другим реномираним збиркама са веома малим, или без икаквих измена. Остали задаци разматрају физичке проблеме који су присутни и у другим збиркама, примењене на ситуације које по сложености одговарају претпостављеним читаоцима. Наравно, посебну пажњу заслужује прва категорија задатака. Такви задаци се, по правилу, пре појаве у збиркама појављују у специјализованим научним часописима. Најпознатији од њих је “*American Journal of Physics*”, часопис који разматра педагошко-едукативне проблеме у физици. Годишње се у њему појави 4 до 5 оваквих задатака. Најтоплије га препоручујем свима који имају оригиналне идеје за задатке. Часопис добија библиотека Института за физику у Земуну, где се могу добити информације о начину слања прилога у часопис. Све објављено у оваквим часописима доступно је и расположиво за даље коришћење целокупној светској јавности (за разлику од патентираних резултата).

**О мукама са речима**

У чланку се критикује начин изражавања у Збирци и чланку др Милутина Благојевића објављеном у научном часопису “СФИН” (Благојевић). Све примедбе заслужују дискусију. Нумерисаћу их на исти начин као у чланку,

1. Замерка на дефиницију “Транслаторно кретање је кретање при коме свака права причвршћена за тело остаје паралелна сама себи у току кретања” нема основа. Среће се веома често у светској литератури (Гофман, Фриш и Тиморјева, Савељев). У лошијој форми постоји и у важећем уџбенику (Даниловић, Распоповић, Божин). Формулација у уџбенику само уместо синтагме “права причвршћена” користи реченицу “права која пролази кроз тело”, што није најбоље. Јасно је да права мора бити фиксирана за тело, а по мојој оцени је боље користити облик “причвршћен”, а то је трпни придев од глагола причврстити. Све поменуте дефиниције транслаторног кретања наводе да права остаје паралелна сама себи (подразумева се у току кретања). Ипак, аутор каже да се у првом разреду средње школе учи да је права паралелна сама себи; очигледно није читао и уџбенике из физике за исти разред (Даниловић, Распоповић, Божин).

2. У Збирци пише: “У случају хомогеног чврстог тела центар масе се поклапа са центром симетрије”. Подразумева се да поклапање може бити само ако постоји центар симетрије. Свакако, била би корисна добронамерна сугестија да је боље рећи “У случају симетричног хомогеног...”. Ауторов коментар “Мучно ће се нешто, што увек постоји, моћи увек да поклопи са нечим што не постоји увек” нити је добронамеран, нити је коришћење придева мучно у овом контексту обично у нашем (српском) језику.

3. Давидовић критикује мисао да “...пројекција Закона о одржању импулса на  $x$ -осу може се написати у облику...”. Стварно је кратко, али је јасно и уобичајено. Каже се: “...Закон одржања импулса гласи:”, после чега следи векторска једначина. Каже се: “...пројекција једначине...”. Језички би било коректније рећи: “Пошто важи Закон одржања импулса, може се написати једначина ... чија се пројекција на  $x$ -осу може написати у облику”, али одузима сувише простора, а ученици, по мом мишљењу, треба да се навикавају на уобичајене фразе. Чудно је да аутор не зна да се поред вектора могу пројектовати и векторске једначине.

4. Аутор сумња у моју логику. Сматра да је помињање “кружнице променљивог полупречника” мој логички промашај, исти као да сам рекао “четвртаст круг”. Пита се “...откуд једној кружници више полупречника?”. Несхватљиво је да се један квалификовани физичар никада није срео са кружницом променљивог полупречника. Чудно питање. Зар, на пример, кружница у основи ваљка који мења запремину са променом температуре не мења полупречник?

5. Именица *хитац* је у Збирци, и у поменутој свесци “СФИН” (Благојевић), коришћена на начин уобичајен у литератури, као што каже и Давидовић. Тачно је да је то изведеница. У основи јој је глагол хитати//хитнути, али, као и друге изведене речи, подразумева и ново значење, односно означава тело које се хита//баца. Као што пише у важећем уџбенику (Даниловић, Распоповић, Божин) “Свако тело (материјална тачка) избачено са одређеном почетном брзином под извесним углом ... изводи кретање које зовемо *коси хитац*”.

## О мукама са законима физике

1. Давидовић сматра да пишем бесмислице, пошто сам у дефиницији потенцијалне енергије написао “Потенцијална енергија је дефинисана до на константу... Због тога се може произвољно одредити референтни распоред тела (ниво) нулте потенцијалне енергије”. Дефиниција је сасвим тачна (Сивухин). Проблем је што је аутора збунио текст у загради - *ниво*. Несхватљиво је да *ниво* (енергетски - што се види из контекста), термин који морају познавати ученици, сугерише аутору неке “површи у простору”.

2. Дефиниција тежине тела која је дата у Збирци потпуно је тачна (Гурскиј). Чудно је да Давидовић не зна шта је тежина тела, па у чланку пише: “Тежина тела на Земљи НИЈЕ једнака сили Земљине теже (осим на половима)”, а још чудније је да не познаје појам инерцијалних система, јер каже да инерцијални систем “НЕ МОЖЕ бити на Земљи”.

3. Разматрани задатак је у Збирци коректно постављен и решен. Проблем је што аутор чланка није разумео физички проблем који разматра задатак, а чије је разумевање главни циљ задатка. Наиме, пошто је у поставци задатка речено да мува лети, треба закључити да у епрувети није вакуум. Да јесте, слободно би падали и мува и епрувета, ако мува не "пузи" по епрувети, као што рече аутор. Пошто у епрувети има ваздуха, деловање муве на епрувету остварује се преко њега, па није потребно да мува "пузи" по зиду да би постојало међусобно деловање. Како ли би аутор објаснио узлетање птице без лестава, или, бар, зида уз који би пузила?

Као што се види, највећи број Давидовићевих примедби у тексту односи се на ставове, дефиниције и начин изражавања заступљен у светској, па, чак, и у домаћој уџбеничкој литератури, из које смо сви учили физику. Наравно, и тој литератури треба помоћи, ако имамо јаке аргументе. Један од најбољих начина је преко поменутог научног часописа *Am. J. Phys.*, који поново препоручујем свима који имају јаке аргументе. Ипак упозоравам - оно што уђе у светску уџбеничку литературу, има јаког разлога да се тамо и налази.

### О такмичењима из физике

Стварно се морамо дивити нашим такмичарима који веома успешно решавају и најтеже задатке, као и њиховим наставницима који су их томе научили; задатке који, неретко, задају проблеме и нама, квалификованим физичарима, како члановима Комисије који понекад постављају недоречене задатке, или, што је још горе, направе и материјалне грешке, тако и онима који критикују рад Комисије, а сами праве грешке, веће него што их прави Комисија, као што то чини аутор. Надајмо се да ће се некада наћи "идеална" комисија, а до тада су постојећој Комисији добродошле све корисне и добронамерне сугестије посебно од наставника и ученика.

Тачно је да је било пропуста у задацима за такмичења, али, према оној народној: лакше је критиковати него радити. Ипак, бесмислених решења (као што каже аутор) није било. Нетачних је било, као и непрецизних. Решење првог критикованог задатка није тачно, а решење другог није тачно само због погрешно датих бројних вредности, бесмислена решења то свакако, нису. Исправну (по мом мишљењу) поставку и решење другог задатка дајемо у прилогу, док је први задатак сувише лак за часопис "Млади физичар".

Грешке у решењима су много мање значајне од грешака у поставкама задатака. Комисије за преглед задатака најчешће их откривају саме. Комисија обавештава одговарајуће комисије за преглед задатака о свим уоченим грешкама, како би оне извршиле одговарајуће корекције, као што је учињено и у случају наведених задатака.

Као дугогодишњи председник Комисије могу само да кажем да се поправљамо, и да је сваке године све мање примедби на наш рад од стране ученика и наставника. Грешака ће, нажалост, увек бити. Трудићемо се да их буде што мање. Успешност рада Комисије потврђују и признања која наши ученици освајају на међународним такмичењима (једна трећа награда и четири похвале освојене на 27. међународној Олимпијади у Ослу 1996). Верујем да ће убудуће Комисија боље радити, наставници са ученицима такође, а ученици успешније решавати проблеме и још више волети физику - да ће све већем броју ученика физика постати животном опредељење. У то име, нека нам је свима срећан рад.

Из наведеног се види да проблеме у схватању физичких појмова и појава могу имати чак и квалификовани физичари, а поготову ученици. Због тога ће у прилогу бити детаљно решен и задатак наведен под 3. У наредном броју ће детаљно бити објашњени појмови потенцијална енергија, тежина тела и инерцијалност референтних система.

др Мићо М. Митровић

# ЗАДАЦИ ИЗ ФИЗИКЕ

## ОДАБРАНИ ЗАДАЦИ ЗА ОСНОВНУ ШКОЛУ

### VI разред

1. По изласку из свог гнезда, веверица донесе орах са стабла ораха у гнездо за 20 секунди. Одредити колико је удаљено стабло ораха од гнезда ако се зна да је веверица прелазила без ораха 5 метара у секунди, а са орахом 3 метра у секунди. (За узимање ораха није губила време, нити се успут задржавала.)

2. Аутомобил је брзином  $48 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ , прешао растојање између два града. Вратио се другим путем који је за 12 km дужи и кретао се 12 минута дуже, брзином  $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Колика је дужина пута који је аутомобил прешао у одласку, а колика који је прешао у повратку?

3. Двојица туриста, који се налазе на растојању које износи 40 km од кампа, треба да стигну до њега истовремено и за најкраће време. На располагању имају један бицикл, који су решили да користе подједнако и остављају у пролазним местима између којих ће један ићи пешице, а други бициклом. Кренули су са полазног места, један пешке, брзином  $5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ , а други бициклом брзином  $15 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Којом средњом брзином ће се кретати туристи? Колико времена бицикл неће бити коришћен?

### VII разред

1. Тело се креће равномерно убрзано и прелази два једнака дела пута дужине по 15 метара у времену 2s и 1s. Одредити убрзање и брзину тела на крају првог дела пута.

2. Воз полази из станице са сталним убрзањем. Први вагон прође по-

ред посматрача за 4 секунде. Колико је време проласка шеснаестог вагона поред посматрача?

3. За време равномерног кретања једног воза, откачен је задњи вагон, који је продужио да се креће за возом равномерно успорено. Ако је вагон од тренутка откачивања до тренутка заустављања прешао пут  $s$ , колики је пут прешао воз крећући се и даље равномерно, истом брзином  $v_0$ , коју је имао и пре откачивања вагона?

### VIII разред

1. Кроз проводник тече струја јачине 16 mA. Колико електрона прође кроз попречни пресек проводника у једној минути?

2. Волтметар за једносмерну струју има скалу подељену на 100 делова. Максимални отклон његове казаљке је до 3 V, при отпору инструмента од 300  $\Omega$ . Ако се употреби као милиамперметар, колика јачина струје ће се тада читавати на једном подељку?

3. Кроз проводник дужине 2 km који има отпор 20  $\Omega$  протиче струја јачине 0,1 A. Колики је пад потенцијала на сваких 200 метара проводника?

### Задаци са прошлогодишњих такмичења из физике

Комисија за такмичење ученика основних школа одабрала је задатке који су, према нашој процени, представљали извесне тешкоће ученицима.

Председник Комисије  
др Надежда Новаковић

## VI разред

Слабаче брзина -

1. задатак (општинско такмичење)

Покретне степенице подигну путника са првог на други спрат за време  $t_1 = 10\text{ s}$ . Када су исте степенице непокретне путник се по њима попне на други спрат за  $t_2 = 30\text{ s}$ . Колико времена је потребно путнику да се попне по покретним степеницама крећући се у истом смеру као и степенице? Сматрати да је брзина путника иста у односу на покретне и непокретне степенице.

Решење:

Познато је  $t_1 = 10\text{ s}$ ,  $t_2 = 30\text{ s}$  а треба наћи  $t$ . Дужину степеница можемо да представимо на три начина:

$$s = v_1 t_1, \quad s = v_2 t_2, \quad s = (v_1 + v_2) t.$$

Из прве две једначине одреди се  $v_1$  и  $v_2$ , па се замени у трећу, и добија се

$$s = \left( \frac{s}{t_1} + \frac{s}{t_2} \right) t.$$

Лако је сада наћи  $t$

$$t = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}.$$

Заменом бројних вредности добија се  $t = 7,5\text{ s}$ .

2. задатак (регионално такмичење)

Брод са укљученим моторима путујући низ реку од тачке А до тачке В стиже за 3 сата. Узводно, од тачке В до тачке А истом броду је потребно 6 сати. Колико времена би било потребно броду да из тачке А стигне у В са искљученим моторима?

Решење:

За кретање низводно са укљученим моторима  $s = (v + u)t_1$ .

За кретање узводно са укљученим моторима  $s = (v - u)t_2$ .

За кретање низводно са искљученим моторима  $s = ut$ .

Ако из прве две једначине елиминисемо  $v$  добија се

$$u = \frac{s}{2} \left( \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right).$$

Ако искористимо  $s = ut$  лако елиминисемо  $s$  и добијамо  $t$

$$t = \frac{2t_1 t_2}{t_2 - t_1}.$$

Заменом бројних вредности добијамо  $t = 12\text{ h}$ .

## VII разред

1. задатак (општинско такмичење)

У тренутку када је машиновођа приметио црвено светло на семафору локомотива се налазила на растојању  $L = 400\text{ m}$  од семафора и имала брзину  $v = 54\text{ km/h}$ . У истом тренутку почиње кочење. Одредити положај локомотиве у односу на семафор један минут након почетка кочења, уколико се она креће убрзањем  $a = -0,3\text{ m/s}^2$ .

Решење:

Након почетка кочења локомотива се креће равномерно успорено и зауставља се за време  $t = v/a = 50\text{ s}$ . Пут који при томе пређе је  $s = \frac{v^2}{2a} = 375\text{ m}$ . Кроз један минут локомотива ће се налазити на растојању  $l = L - s = 25\text{ m}$  од семафора (стајаће испред семафора  $10\text{ s}$ ).

2. задатак (регионално такмичење)

Леонардо да Винчи је у своје време тврдио да, ако сила  $F$  помери тело масе  $m$  на растојање  $s$  за време  $t$ ...

а) иста сила  $F$  помери тело масе  $m/2$  за време  $t/2$  на растојање  $s$

б) сила  $F/2$  помери тело масе  $m/2$  за време  $t$  на растојање  $2s$

в) иста сила  $F$  помери тело масе  $m/2$  за исто време  $t$  на растојање  $2s$

г) сила  $F/2$  помери тело масе  $m$  за време  $t$  на растојање  $s$

д) сила  $F$  помери тело масе  $2m$  за време  $2t$  на растојање  $s$ .

Проверити Леонардова тврђења са данашњег становишта физике.

Решење:

Ако сила  $F$  помера тело ( $v_0 = 0$ ) за време  $t$  на растојање  $s$ , онда је:

$$F = ma = m \frac{2s}{t^2} \quad (1)$$

а) Нека је  $m_1 = \frac{m}{2}$ ,  $t_1 = \frac{t}{2}$  онда имамо  $F = m_1 \frac{2s_1}{t_1^2} = \frac{m}{2} \frac{2s}{(t/2)^2} = 2m \frac{2s}{t^2}$ , што није иста функционална зависност као у релацији (1). Дакле ово тврђење није тачно.

б)  $F_1 = \frac{F}{2}$ ,  $m_1 = \frac{m}{2}$ ,  $s_1 = 2s$ . Односно  $F_1 = m_1 \frac{2s_1}{t_1^2}$  тј.  $\frac{F}{2} = \frac{m}{2} m \frac{4s}{t^2}$ . Следи да је  $F = m \frac{4s}{t^2}$ , што значи да и ово тврђење није тачно.

в)  $m_1 = \frac{m}{2}$ ,  $s_1 = 2s$  онда је  $F = m_1 \frac{2s_1}{t_1^2} = m \frac{2s}{t^2}$ . Добијена је иста функционална зависност као у (1) што потврђује исправност ове тврдње.

г) Ова тврдња очигледно није тачна.

д)  $m_1 = 2m$ ,  $t_1 = 2t$ , онда је  $F = m_1 \frac{2s_1}{t_1^2} = 2m \frac{2s}{4t^2} = \frac{1}{2} m \frac{2s}{t^2}$ . Одатле следи да ни овај исказ није тачан.

3. задатак (републичко такмичење)

Тело се креће одоздо навише по стрмој равни. На растојању 30 cm од почетка стрме равни тело се нађе два пута: после прве и после друге секунде од почетка кретања. Наћи почетну брзину и убрзање кретања тела. Треће занемарити.

Решење:

За растојање  $s_1 = 30$  cm од почетка стрме равни пишемо релацију

$$s_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a t_1^2$$

где је  $t_1 = 1$  s. Тело за један секунд иде навише и поново се враћа у исту тачку. Време пењања је исто што

и време спуштања. Дакле, тело достиже највишу тачку за време  $t_1 = t_1 + 0,5$  s = 1,5 s, односно  $0 = v_0 - a t_2$ , тј.

$$v_0 = a t_2.$$

Заменом последњег израза у релацију за  $s_1$  добијамо  $s_1 = a t_2 t_1 - \frac{1}{2} a t_1^2$ , одатле за тражено убрзање имамо:

$$a = \frac{s_1}{t_1 t_2 - \frac{1}{2} t_1^2} = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

а почетна брзина је  $v_0 = a t_2 = 0,45$  m/s.

## VIII разред

1. \* задатак (општинско такмичење)

Наћи укупно наелектрисање „слободних“ електрона у комаду бакра (Cu) масе  $m = 1$  kg под претпоставком да сваки атом бакра „даје“ један електрон. ( $A_{\text{Cu}} = 63,54$ ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C;  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$  1/mol)

Решење:

1 mol Cu има масу 63,54 g. У 1 kg Cu има  $N = \frac{1}{0,06354} = 15,74$  mol. У  $N$  молова имамо  $n = N \cdot N_A$  електрона (атома)  $= 15,74 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 9,48 \cdot 10^{24}$ . Укупно наелектрисање  $Q = n \cdot e = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 9,48 \times 10^{24} = 1,517 \cdot 10^6$  C.

2. \* задатак (републичко такмичење)

Два проводника наелектрисана једнаким количинама наелектрисања истог знака налазе се на потенцијалима  $\varphi_1 = 40$  V и  $\varphi_2 = 60$  V. Колики ће бити потенцијали тих проводника ако се споје танком проводном нити? (Занемарити међусобни утицај проводника и капацитет проводне нити.)

Решење:

По дефиницији  $C = \frac{q}{\varphi}$ , за наш случај  $C_1 = \frac{q}{\varphi_1}$  и  $C_2 = \frac{q}{\varphi_2}$ . После спајања:  $\varphi'_1 = \varphi'_2 = \varphi_z$  па је  $C_1 = \frac{q'_1}{\varphi_z}$ ,

$C_2 = \frac{q'_2}{\varphi_z}$ . Укупна количина наелектрисања се не мења па је  $Q = 2q$  пре спајања и  $Q' = q'_1 + q'_2$  после спајања. Због одржања  $Q = Q' = 2q$ ,  $C_1 + C_2 = \frac{q}{\varphi_1} + \frac{q}{\varphi_2} = \frac{q'_1}{\varphi_z} + \frac{q'_2}{\varphi_z}$ , одавде је  $\varphi_z = \frac{2\varphi_1\varphi_2}{\varphi_1 + \varphi_2} = 48 \text{ V}$ .

### 3. задатак (републичко такмичење)

Проводник дужине  $\ell = 1 \text{ m}$  и отпора  $R = 2 \Omega$  лежи на два хоризонтална шина на чијим крајевима је прикључен извор електромоторне силе  $\mathcal{E} = 1 \text{ V}$ . Цела конструкција приказана сликом налази се у вертикалном магнетном пољу индукције  $0,1 \text{ T}$ . Одредити јачину струје у проводнику при условима: 1) проводник мирује;

је; 2) проводник се креће удесно брзином  $v = 4 \text{ m/s}$ ; 3) проводник се креће улево истом брзином као под 2). У ком смеру и коликом брзином треба да се креће проводник да кроз њега не протиче струја? (Занемарити отпоре извора и шина.)

Решење:

1) Ако проводник мирује:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = 0,5 \text{ A}$  2) Ако се креће удесно:  $v_D = v = 4 \text{ m/s}$ , индукована ЕМС:  $\mathcal{E}_D = Blv = 0,4 \text{ V}$ , струја кроз проводник  $I_D = \frac{\mathcal{E} + \mathcal{E}_D}{R} = 0,7 \text{ A}$  3)  $v_L = v = 1 \text{ m/s}$ ,  $I_L = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_L}{R} = 0,3 \text{ A}$  4)  $\frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_L}{R} = 0 \rightarrow \mathcal{E} = \mathcal{E}_L = Blv$ ,  $v = \frac{\mathcal{E}}{Bl} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Проводник се креће улево.

## ОДАБРАНИ ЗАДАЦИ ЗА СРЕДЊЕ ШКОЛЕ

### 1. разред - задаци

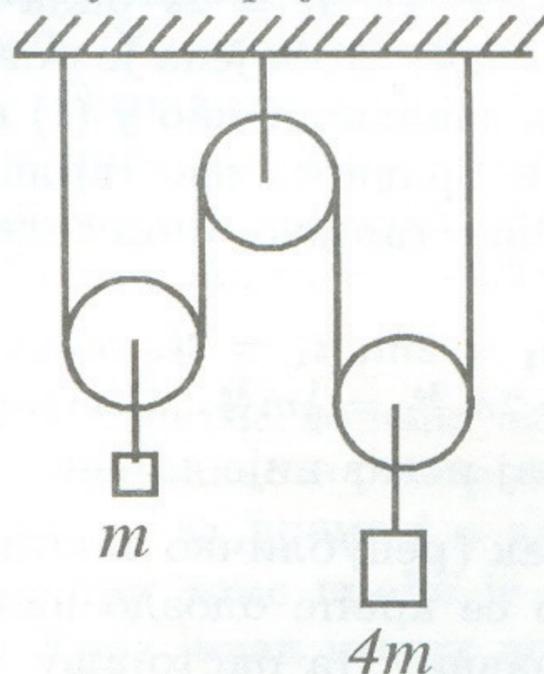
1. Два тела се крећу равномерно у истом правцу и смеру једнаким брзинама  $v = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Временски интервал између пролазака тих тела кроз неку тачку  $A$  је  $t_1 = 10 \text{ min}$ . Коликом брзином се креће треће тело, у супротном смеру, ако оно сусреће прва два тела у временском размаку од  $t_1 = 4 \text{ min}$ ?

2. Демонстрациона колица крећу се сталним убрзањем дуж дугачког лењира. У тренутку када секундомер показује  $t_1 = 7 \text{ s}$  предњи крај колица је наспрам подеока  $x_1 = 70 \text{ cm}$ , у тренутку  $t_2 = 9 \text{ s}$  наспрам подеока  $x_2 = 80 \text{ cm}$  и у тренутку  $t_3 = 15 \text{ s}$  наспрам подеока  $x_3 = 230 \text{ cm}$ . Одредити убрзање колица.

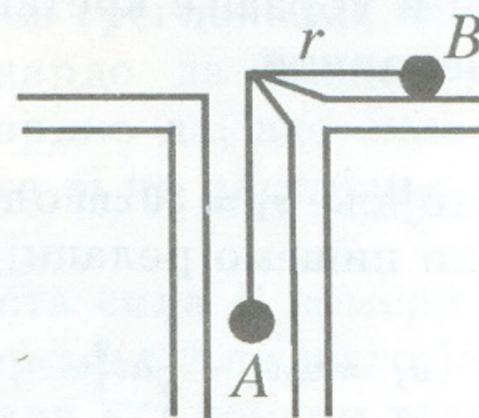
3. Преко три лака котура пребачена је неистегљива нит, као на цртежу. За покретне котурове везани су тегови маса  $m$  и  $4m$ . Колика сила делује на осовину непокретног котура?

4. Две једнаке куглице  $A$  и  $B$  уч-

вршћене су за крајеве лаке неистег-



љиве нити која је провучена кроз цев, као на цртежу. Куглица  $B$  ротира без трења у хоризонталној равни при че-

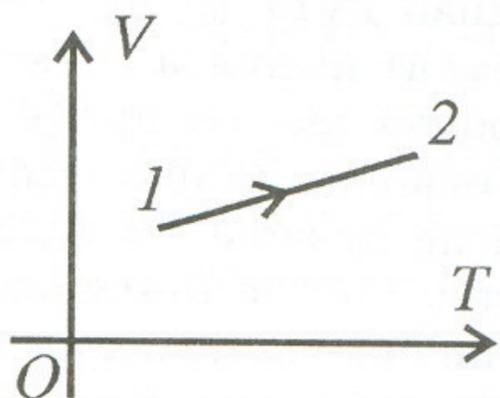


му је растојање од ње до осе цеви  $r = 20 \text{ cm}$ . Колика треба да је угаона брзина ротације да се куглица  $A$  не

би померала у вертикалном правцу? Да ли је равнотежа при томе стабилна?

## 2. разред - задаци

1. Суд са ваздухом затворен је покретним клипом. Између клипа и зидова суда ваздух може лагано да пролази. На цртежу је приказан график зависности запремине ваздуха у суду од температуре при константном притиску. Како се, помоћу графика, може утврдити да ли се повећава или смањује маса ваздуха у суду?

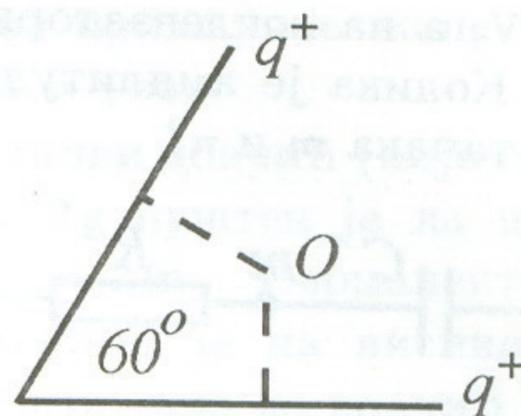


2. На столу стоји широк отворен суд напуњен водом до висине  $H$ . На зиду суда пробијена су два мала отвора - један на висини  $h$  од површине стола, а други на дубини  $h$  испод површине воде у суду. Наћи однос брзина којима млазеви воде из ових отвора падају на површину стола.

3. Отворена капиларна цев унутрашњег полупречника  $r$  потопи се доњим крајем у течност тако да је угао између цеви и површине течности  $60^\circ$ . Коефицијент површинског напона течности је  $\gamma$ , а густина  $\rho$ . Колика је висинска разлика нивоа течности у капилари и око ње ако је квашење потпуно?

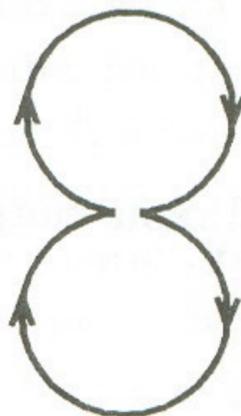
4. Два једнака равномерно наелектрисана штапа постављена су као на цртежу. У тачки  $O$ , која је пресек симетрала штапова, јачина електричног поља је  $E_0$ . Колика ће бити

јачина електричног поља у тачки  $O$  ако се један штап уклони?

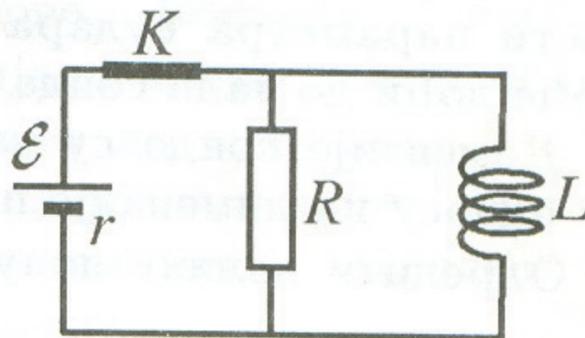


## 3. разред - задаци

1. Кружни проводни навојак налази се у хомогеном магнетном пољу чија се јачина мења током времена по закону:  $H = H_0 \sin \omega t$ . Линије силе поља нормалне су на раван навојка. Колико пута ће се променити јачина струје која тече кроз проводник, ако се навојак деформише у осмицу (као на цртежу) чија је раван такође нормална на линије силе?

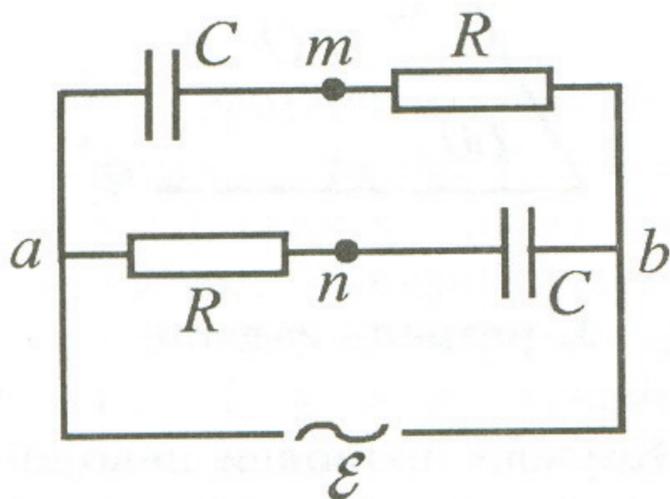


2. У датом колу је:  $\mathcal{E} = 10 \text{ V}$ ,  $r = 2,5 \Omega$ ,  $R = 100 \Omega$ ,  $L = 0,1 \text{ H}$ . Колика количина топлоте се ослободи на отпорнику  $R$  након отварања прекидача  $K$ ? Термогени отпор калема је занемарљив.

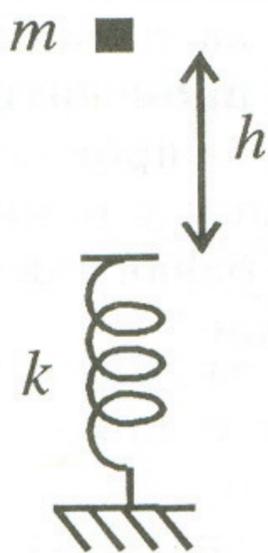


3. У датом колу је извор синус-

сног напона амплитуде  $\mathcal{E} = 25 \text{ V}$ . Амплитуда напона на резисторима је  $U_R = 15 \text{ V}$ , а на кондензаторима  $U_C = 20 \text{ V}$ . Колика је амплитуда напона између тачака  $m$  и  $n$ ?



4. Тело масе  $m$  слободно падне са висине  $h$  на лаку опругу коефицијента еластичности  $k$ . Након спајања са



та еластичности  $k$ . Након спајања са

опругом тело хармонијски осцилује. Колика је амплитуда осциловања?

#### 4. разред - задаци

1. На оси кружне плочице коефицијента рефлексије 1 налази се тачкасти изотропни извор светлости снаге  $P$ . Растојање између извора и плочице је  $k$  пута веће од полупречника плочице. Наћи силу притиска светлости на плочицу.

2. Електрон се креће у хомогеном магнетном пољу индукције  $B = 0,05 \text{ T}$  по кругу полупречника  $r = 4 \text{ cm}$ . Колика је кинетичка енергија електрона?

3. Колико пута се промени орбитални момент импулса електрона у атому водоника ако он пређе из побуђеног у основно стање емитујући фотон таласне дужине  $\lambda = 97,25 \text{ nm}$ ?

4. Изотоп  $\text{Co}^{60}$  је  $\beta$ -активан. Колико је укупно наелектрисање свих  $\beta$ -честица које овај изотоп испусти за годину дана, ако је почетна маса препарата  $m = 1 \text{ g}$ ? Константа распада  $\text{Co}^{60}$  је  $\lambda = 4,2 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$ .

60 и 62

#### Задаци из астрономије

1. Према планети радијуса  $R$  и масе  $M$ , креће се са велике даљине космичка сонда брзином  $v_0$  у односу на планету. При којој минималној вредности параметра судара  $\rho$ , још увек неће доћи до пада сонде на планету? Димензије сонде су занемарљиве у односу на димензије планете.

2. Одредити велику полуосу ( $a$ )

елиптичне путање комете и њен период револуције ( $T$ ), која на растојању од Сунца,  $r = 1 \text{ ај}$  ( $\text{ај} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ), има параболичну брзину десет пута мању од брзине кружења. Узети да је велика полуоса Земљине елиптичне путање  $a_z = 1 \text{ ај}$ , а период њене револуције је  $T_z = 1$  година.

## СПЕЦИФИЧНИ ЗАДАЦИ

1. За низ појава вриједи сљедећа релација:

$$\frac{A}{t} \propto \frac{S}{L} B.$$

На примјер, ако је  $A$  количина наелектрисања, која у времену  $t$  протиче кроз проводник дужине  $L$ , површине попречног пресјека  $S$  и одређеног специфичног отпора, онда је  $B$  разлика електричних потенцијала на крајевима проводника.

Шта је  $B$  ако  $A$  представља:

а) количину топлоте која за вријеме  $t$  пролази кроз слој материјала дебљине  $L$ , површине  $S$  и одређеног коефицијента топлотне проводљивости

б) масу материје, одређеног коефицијента дифузије, која молекуларним кретањем за вријеме  $t$  прелази са једне стране слоја, дебљине  $L$  и површине  $S$ , на његову другу страну

в) запремину нестишљивог флуида, одређеног коефицијента вискозности, која за вријеме  $t$  пролази кроз хоризонталну цијев дужине  $L$  и одређене површине попречног пресјека  $S$ ?

2. Промјенљиви електрични кондензатор прикључен је на извор истосмјерне струје електромоторне силе  $E = 12 \text{ V}$ . Од тренутка  $t_1 = 0$  до тренутка  $t_2 = 10 \text{ s}$ , капацитет кондензатора порасте за  $2 \mu\text{F}$  у свакој секунди. Изван тог временског интервала капацитет се не мијења. Јачину електричне струје кроз прикључне жице означимо са  $I$ . Одредити

а)  $I$  за вријеме  $t < t_1$

б)  $I$  за вријеме  $t$  које задовољава:  
 $t_1 \leq t \leq t_2$

в)  $I$  за  $t > t_2$

г) количину наелектрисања која прође кроз прикључне жице од  $t = -\infty$  до  $t = +\infty$ .

3. Метални новчић (није гвожђе) масе  $m = 2 \text{ g}$  пуштен је да пада са висине  $h_1 = 2 \text{ m}$ . Перманентни магнет постављен је на висини (приближно)  $1,5 \text{ m}$  тако да новчић пролази између његових полова не додирујући их. На висини  $h_2 = 1 \text{ m}$  новчић има брзину  $v = 4,3 \text{ m/s}$ . Колико топлоте је новчић примио при овом падању? Отпор ваздуха занемарити.

4. Куглица од леда пада на земљу и одмах се топи. Температура ваздуха је  $0^\circ\text{C}$ . Изнад које висине се налази почетни положај куглице? Топлота топљења леда је  $\lambda = 334 \text{ kJ/kg}$ .

5. Куглица, привезана канапом за вертикалан штап, креће се у хоризонталној равни при чему се канап намотава на штап. Почетна угаона брзина тог кретања је  $\omega_0$ , пречник штапа је  $d$ , а почетна дужина ненамотаног дијела канапа је  $2\pi dN$ . За колико се угаона брзина промијени при  $n$ -том окрету штапа ако је  $(n/N)^2$  занемарљиво у поређењу са  $n/N$ ?

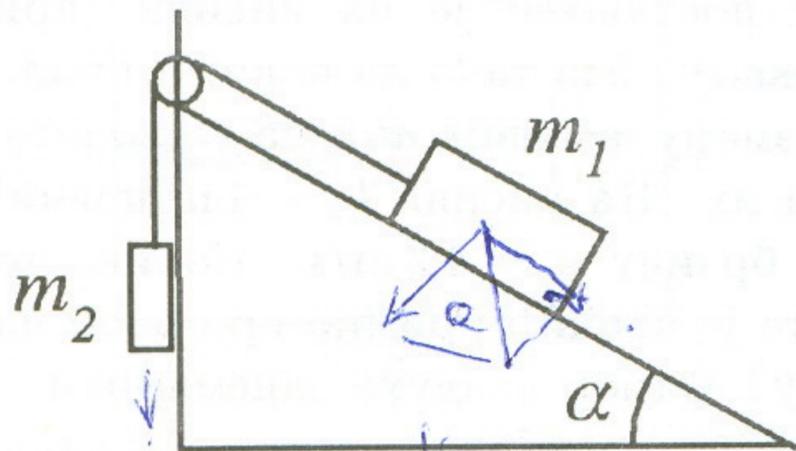
6. Претпоставимо да једна планета има облик кугле, да је њен полупречник  $R_0$  и да је период ротације планете око осе симетрије  $T_0$ . Претпоставимо, даље, да је на тој планети развијена технички моћна цивилизација која одлучи да предузме велике радове. Копањем и превожењем материјала промијени се облик планете тако да више није кугла него диск полупречника  $2R_0$  који ротира око осе симетрије. Одредити период те ротације.

7. Камен је бачен вертикално

увис. Нацртати:

- зависност интензитета импулса камена од времена,  $p(t)$ ;
- зависност квадрата импулса од положаја  $p^2(h)$ .

8. Два тела су повезана неистегљивом нити занемарљиве тежине, ко-



ја је пребачена преко котура на врху стрме равни као што показује слика. Одредити убрзање тела ако је  $m_1 = 4 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 1 \text{ kg}$ ,  $\alpha = 30^\circ$ . За

случај када је коефицијент трења 0,4 и случај када је он 0,1. (Масу и силу трења котура занемарити.)

9. Тело, које је бачено вертикално увис, после  $t = 4 \text{ s}$  налази се на висини  $h = 6 \text{ m}$ .

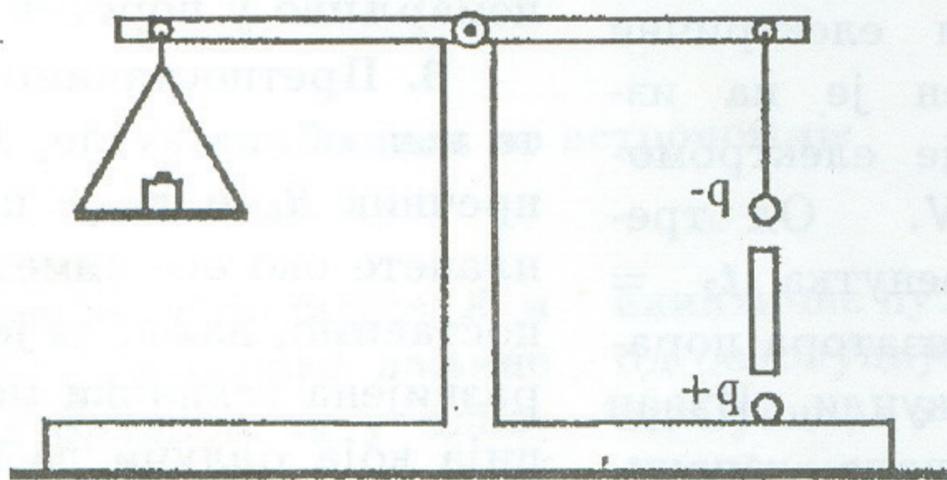
- Којом почетном брзином је бачено то тело?
- Којом почетном брзином треба бацити то исто тело да би се оно нашло на истој висини ( $h = 6 \text{ m}$ ) после  $t = 2 \text{ s}$ ?

10. Одредити угао преламања  $\beta$  светлости зрака при прелазу из воде у ваздух ако је упадни угао зрака  $\alpha = 60^\circ$ , а индекс преламања за воду  $n = 1,33$ .

Решења специфичних задатака примамо до 15. марта 1997. године.

### ЗАДАЦИ ПИТАЊА ИЗ 56. И 57. БРОЈА И РЕШЕЊА

4. На десни крак полуге (теразија) окачена је, помоћу нити, куглица наелектрисана количином наелектрисања  $-q$ . На подлози, испод ње, учвршћена је друга куглица чије је наелектрисање  $+q$ . Теразије су уравнотежене одговарајућим тегом, као на слици. Шта ће се десити са теразијама ако се између куглица унесе штап од диелектрика?



Решење:

Равнотежа на теразијама постоји зато што је сила теже на тас са тегом једнака збиру силе теже на куглицу са наелектрисањем  $-q$  и силе којом  $+q$  наелектрисање делује на обешену куглицу.

Када се између куглица унесе диелектрик, услед електричне индукције (појава исте количине наелектрисања на крајевима штапа), диелектрик де-

лује на обешену куглицу већом силом од силе пре уношења диелектрика (узајамно деловање је сада веће због смањења растојања).

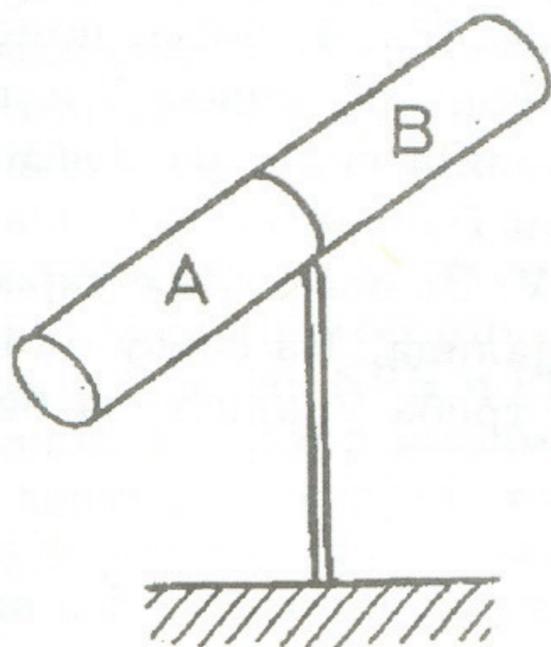
Задатак и решење припремио В. Бабовић

5. Какав облик треба да има суд да би се, са одређеном количином воде, на пример  $1 \text{ dm}^3$ , добила што је могуће већа сила притиска? (Одговор објаснити).

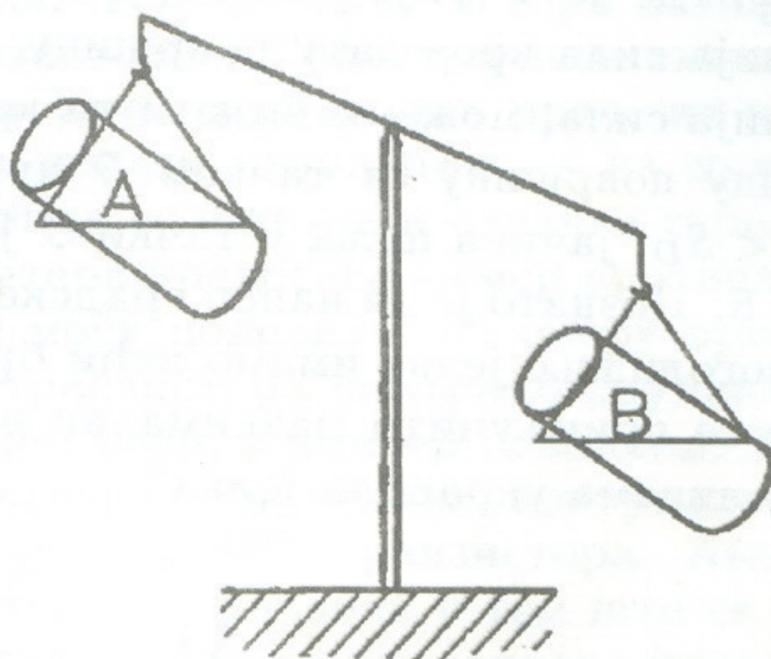
Решење:

Сила притиска је већа ако је већа површина дна суда и већа висина течности. Зато треба дно да буде широко, а сам суд узан, да би се добила већа висина.

6. Металне цеви  $A$  и  $B$  имају једнаке дужине и попречне пресеке. Ако се цеви споје увртањем и поставе на врх шиљка, заузеће положај као на сл. 1. Која цев има већу масу? Ако сте одговорили да је то цев  $A$ , преварили сте се. На теразији полуга заузима положај као на сл. 2. Како ћете објаснити слику 1?



Сл 1

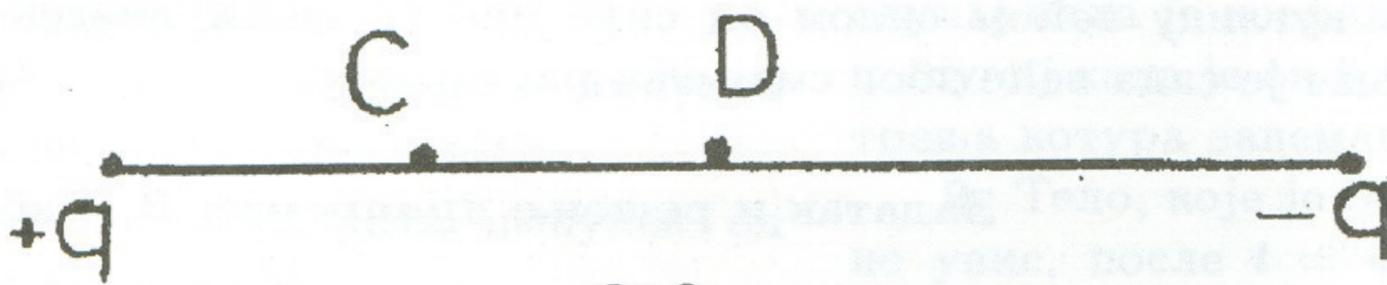


Сл 2

Решење:

Слика 1 показује да је момент силе коју ствара тело  $A$ , у односу на вертикалну осу, кроз подупирач већи од момента силе створеног телом  $B$ . У овом случају момент силе је производ силе теже и растојања од правца силе до осе ротације. Како тело  $A$ , према слици 2, има мању масу, односно тежину, а већи момент силе, мора се закључити да је то тело нехомогено. Његова густина је већа у близини слободног краја, па је тежиште од осе више удаљено него тежиште тела  $B$ . Отуд оно има већи момент силе и положај, као на сл. 1.

7. Два једнака тачкаста наелектрисања супротног знака налазе се на неком растојању једно од другог (сл. 3). У којој је тачки,  $C$  или  $D$ , већа јачина поља? (Одговор објаснити).



Сл 3

Решење:

Задатак би се могао решити квантитативно полазећи од дефиниције јачине електричног поља и Кулоновог закона.

Ако је растојање између наелектрисања  $+q$  и  $-q$  означено са  $L$ , са  $x$  растојање тачке  $C$  од  $+q$ , са  $y$  растојање до  $D$ , тада је

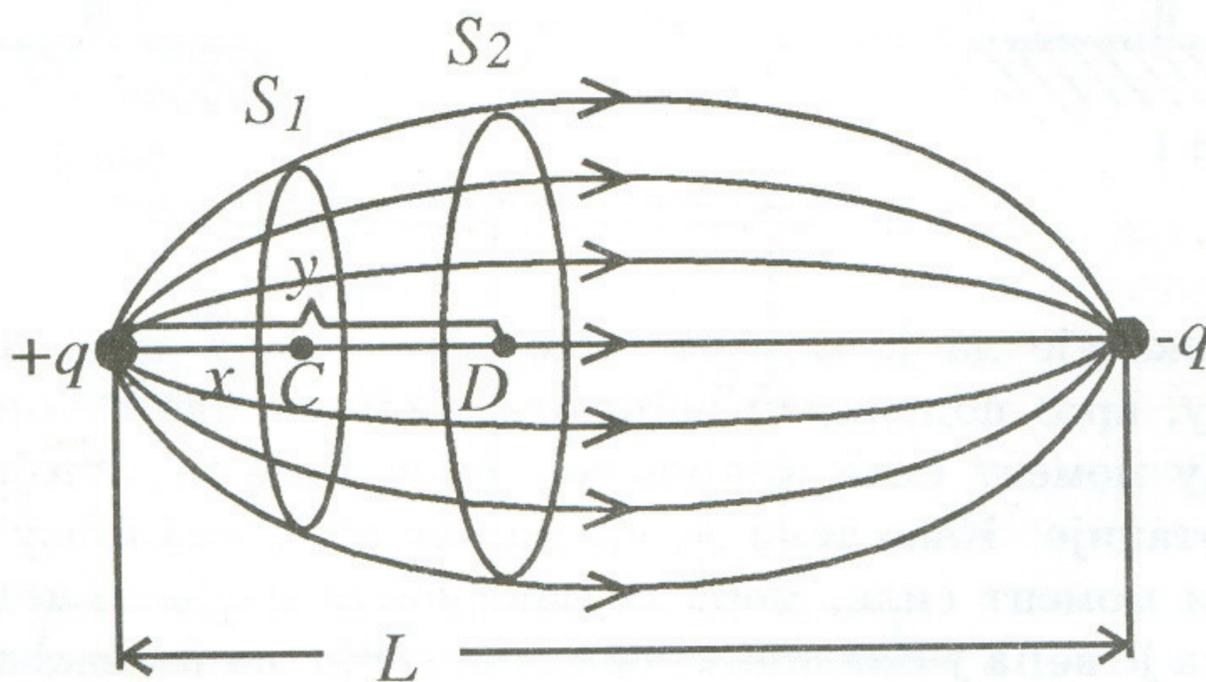
$$|\vec{E}_C| = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 x^2} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 (L-x)^2}$$

$$|\vec{E}_D| = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 y^2} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 (L-y)^2}$$

Уз услов  $x < y$  може се закључити да је  $E_C > E_D$ .

Исти задатак може да се реши квалитативно, полазећи од тога да је  $E = \frac{\Phi}{S}$ , где је  $\Phi$  флукс електричног поља. Како се флукс дефинише као број линија сила кроз дату површину, графичким приказом (сл. 4) поља, помоћу линија сила, може се видети да кроз нормалну површину са тачком  $C$  и нормалну површину са тачком  $D$  пролази исти број линија сила, па пошто је  $S_C < S_D$ , јачина поља у тачки  $C$  је већа него у тачки  $D$ .

8. Познато је да напон градске мреже износи 220 V. За осветљење украсне новогодишње јелке имамо већи број разнобојних сијалица. На сваку од њих сме се прикључити максималан напон од 6 V. Шта треба урадити да би се сијалицама украсила јелка?



Решења:

Сијалице треба повезати на ред. Да би свака имала напон 6 V, мора се употребити 36 сијалица, јер  $220 \text{ V} : 6 \text{ V} \approx 36$ .

Задатке и решења 5,6,7 и 8 припремио Т. Петровић

## ОСНОВНА КОЛА БИПОЛАРНИХ\* ТРАНЗИСТОРА

У основи већине савремених електронских уређаја налазе се транзистори, те је за разумевање рада електронских уређаја неопходно познавати начин функционисања основних електронских схема заснованих на биполарним транзисторима. Користећи хидрауличну аналогију, можемо слободно рећи да транзистор представља једну „струјну славину”, односно струјно контролисани променљиви отпорник, помоћу кога малом контролном струјом управљамо много већом контролисаном струјом, на исти начин као што код славине, малом снагом, потребном за окрет ручице, мењамо јачину воденог млаза, чија снага може бити многоструко већа. Принцип рада транзистора заснива се на ефекту који се јавља када три слоја полупроводника формирају две потенцијалне, тзв. „pn” баријере, и његово детаљно објашњење, са тачке гледишта физике чврстог стања, превазилази обим овог текста. Међутим, за разумевање функционисања основних склопова транзистора није ни потребно познавати физику процеса који се дешавају унутар транзистора, већ је довољно разумети феноменолошко објашњење рада, те транзистор посматрати као једну „дрну кутију”. Споља посматран, транзистор као дискретна\*\* компонента је мала кутија, различитих величина и облика (у зависности од врсте и намене транзистора), са три извода. Изводи транзистора називају се колектор, база и емитер. Симбол транзистора на електричним схемама састоји се од круга унутар кога се налази једна вертикална црта, из чије средине - центра круга - на једну страну излази извод базе, а на другој страни, под угловима се налази нацртан извод колектора и означен стрелицом извод емитера. Стрелица на изводу емитера представља смер протицања струје кроз транзистор, те се транзистори могу поделити, по смеру протицања струје, на NPN и PNP тип. Ако базу транзистора сматрамо „ручицом” славине, колектор можемо сматрати доводном цеви, а емитер одводном. Мала, контролна струја тече у правцу база-емитер, док велика, контролисана струја, тече у правцу колектор-емитер, у случају NPN транзистора. Ако се ради о PNP транзистору, принцип је исти, само је разлика у том што се колектор налази на нижем потенцијалу од емитера, те струја, заправо протиче у смеру емитер-колектор. Транзистор почиње функционисати као „струјна славина” тек када напонска разлика у смеру база-емитер достигне вредност прага отварања диоде у колу база-емитер транзистора, а што, у зависности од типа, износи од 0,3 – 0,8 V. Коефицијент који нам показује колико је контролисана струја, у правцу колектор-емитер већа од контролне струје правца база-емитер, назива се струјно појачање транзистора и означава се са  $h_{fe}$  или  $\beta$ . Математички формулисан, основни модел транзистора може се записати као:

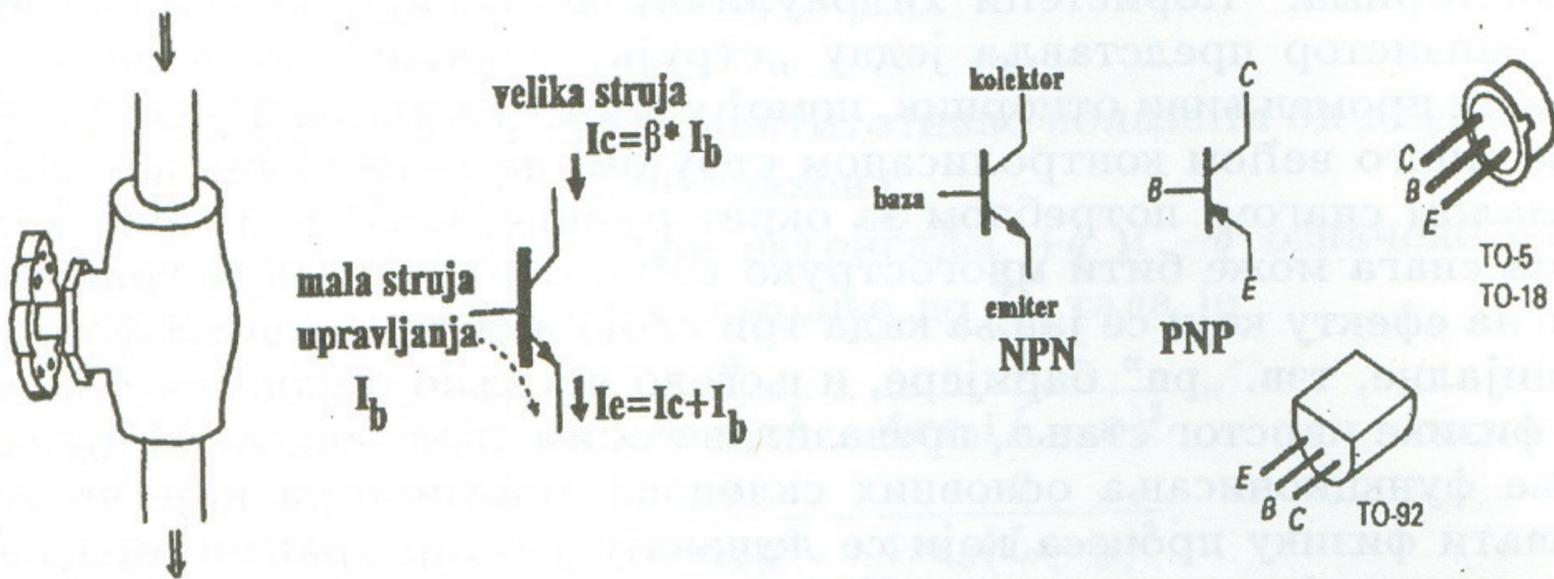
$$I_C = \beta \cdot I_B$$

Код реалних транзистора постоји ограничење максималне струје - тзв. струје сатурације. Уколико се вредност струје сатурације премаши, контролисана струја се неће мењати пропорционално контролној струји, те може доћи и до физичког оштећења транзистора. Поред постојања коначне вредности струје

\* биполарни транзистори: транзистори код којих су носиоци наелектрисања и позитивни и негативни, односно који су начињени од P и N типа полупроводничких материјала.

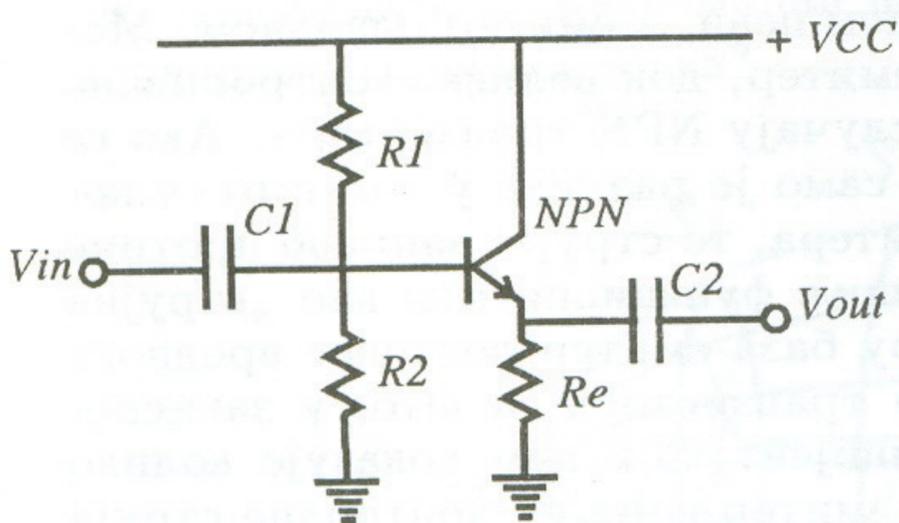
\*\* дискретна компонента: појединачна електронска компонента која у свом саставу не садржи друге електронске компоненте.

сатурације, реални транзистори поседују и коначну унутрашњу отпорност,  $r_e$ , те температурску зависност својих карактеристика.

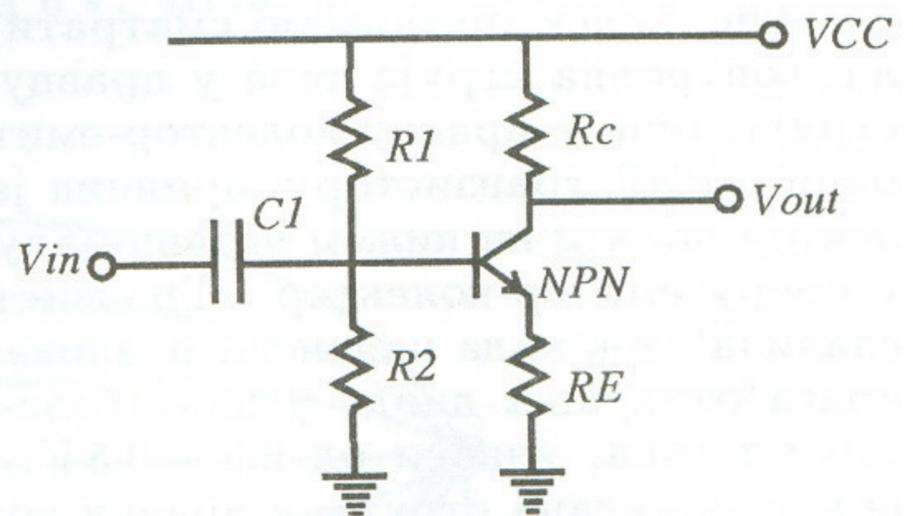


Слика 1. Модел транзистора, схематске ознаке и изглед дискретних компоненти

У основне схеме транзистора (схеме на основу којих се могу извести све остале) убрајају се емитерски пратиоц напона, односно струјни појачавач, струјни извор, и напонски појачавач. Уколико се транзистор тако повеже да му се колектор кратко споји на извор напона, отпорник постави у коло емитера, а на базу доводи сигнал, добија се коло емитерског пратиоца напона, приказано на слици 2.



Слика 2. Емитерски пратиоц напона



Слика 3. Принципијелна схема струјног извора

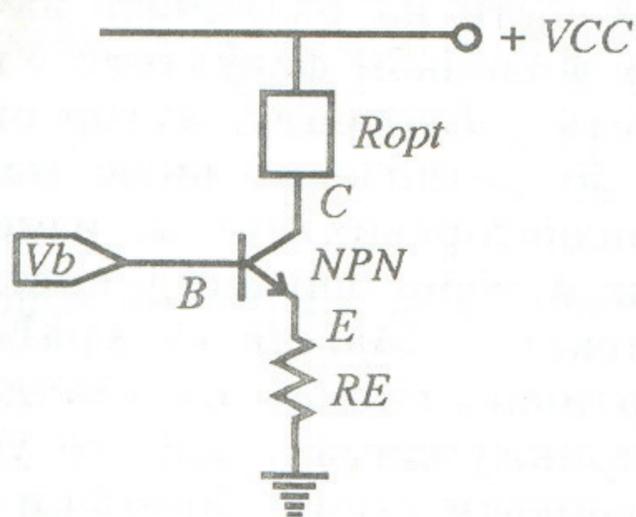
Излазни напон кола са слике 2 прати улазни напон, умањен за напон отварања диоде база-емитер примењеног транзистора, док је струја сигнала на излазу знатно већа од струје улазног сигнала, за фактор  $\beta$ . На први поглед може се учинити да је такав склоп бесмислен, али он налази велику примену у готово свим уређајима и служи као „раздвајач” два степена, односно као трансформатор импедансе. Помоћу ове схеме, може се учинити да склоп са малом улазном импедансом, за улазни сигнал „изгледа” као склоп са знатно већом импедансом, што је трик који је неопходан ради остварења оптималног преноса напонског сигнала.

Уколико се у коло колектора уметне потрошач, може се на основу Омовог

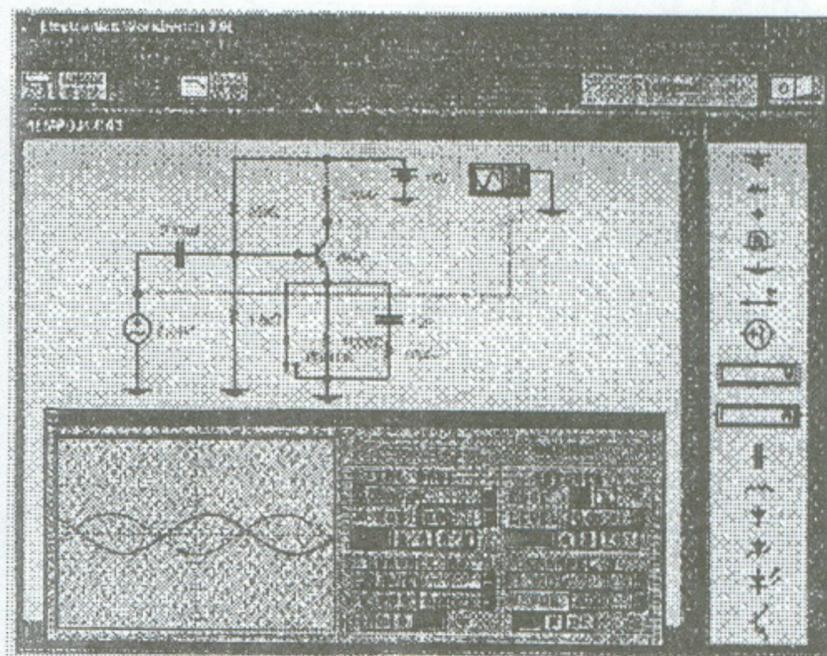
закона и основног модела транзистора показати да се струјом која протиче кроз потрошач може управљати променом напона базе транзистора и вредношћу отпора емитерског отпорника према образцу:

$$I_C = \frac{(V_{BE} - 0,6)[V]}{R_E[\Omega]} [A]$$

Принципијелна схема таквог кола, које се назива струјни извор, приказана је на слици 3. Напон базе може се обезбедити на различите начине, као што су отпорни разделник напона и стабилизатор са диодама или зенер-диодом.



Слика 4. Напонски појачавач



Слика 5. Симулација појачавача

Склоп, који би на излазу давао напонски сигнал пропорционалан  $G$  пута напонском сигналу на улазу, назива се напонски појачавач, а фактор  $G$  напонско појачање. Постављањем отпорника у коло колектора и одвођењем излазног сигнала са колектора, добија се коло напонског појачавача са заједничким колектором, приказано на слици 4. Појачање овога кола дефинисано је односом између колекторског и емитерског отпорника, с тим што је излазни сигнал инвертован у односу на улазни:

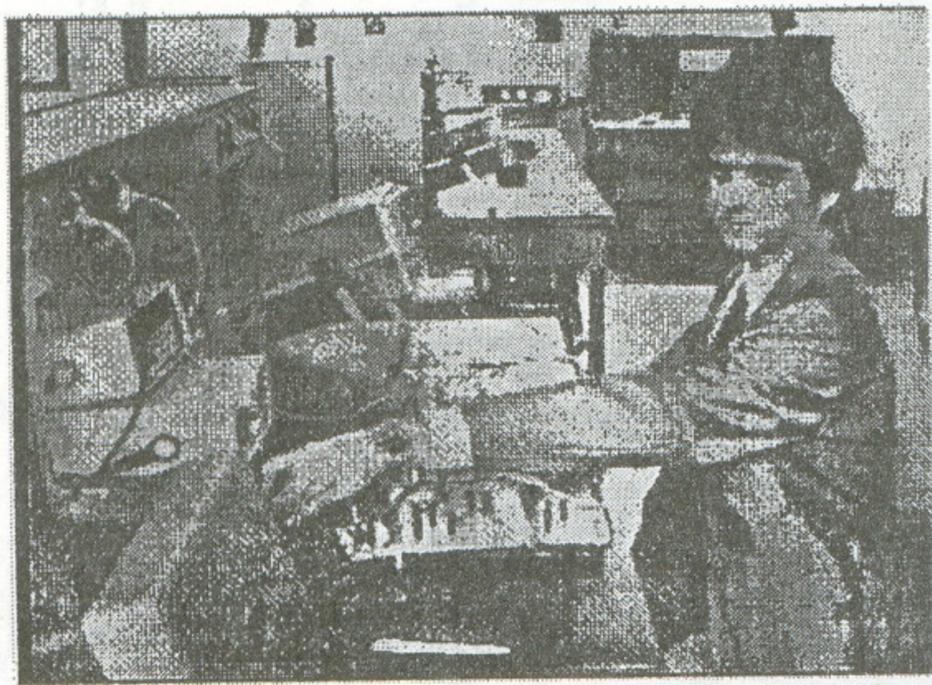
$$G = -\frac{R_C}{R_E}$$

Уколико се емитер кратко споји ( $R_E = 0$ ), појачање ће, због присуства унутрашње отпорности транзистора, бити, ипак, коначно и износиће реда величина више стотина, у зависности од примењеног транзистора.

Ефектан начин да се упознају принципи рада електронских схема јесу рачунарски симулациони експерименти. На слици 5. дат је пример рачунарске симулације рада појачавача са заједничким емитером. Пример је урађен на стандардној РС конфигурацији рачунара, под оперативним системом „Windows 95”, применом симулационог програмског алата „Electronics Workbench 3.0”, производа компаније „Interactive Images Technologies, Inc”. Значајна предност симулација огледа се у могућности да се, интерактивно, рачунару „постављају питања”, мењајући параметре симулације, где, као резултат, рачунар даје излазну информацију (струја, напон, облик сигнала) о постављеној конфигурацији електронског кола. Излазне информације

прате се помоћу, такозваних, „виртуелних инструмената”, панела који представљају симулације реалних инструмената, нпр. осцилоскопа, амперметра, волтметра, сигнал-генератора и других. На приказаном примеру симулације појачавача са заједничким емитером, могу се мењати вредности отпора отпорника у колектору, емитеру и потрошачу, те пратити промена облика и величина излазног сигнала. Тако се, у случају конфигурације појачавача са уземљеним емитером, поред великог појачања, на екрану „виртуелног осцилоскопа” могу запазити амплитудне и фазне дисторзије излазног сигнала.

Претходно описане схеме могу се практично реализовати на часовима техничког образовања и физике, и проверити у пракси њихова функционалност.



Слика 6. Примери реализованих макета основних схема са транзисторима.

Макете схема могу се извести на различите начине. На Физичком факултету Универзитета у Београду, аутор овог текста је реализовао више макета транзисторских схема, између осталих и схеме описане у претходном тексту. Макете су урађене од пертинакс-плоча, са стандардним прикључцима у које се убацују елементи схема. Примери састављања и рада описаних схема, снимљени и адекватно обрађени, припремљени су на видеокасети у облику наставног филма. Једна сцена из видео-филма дата је на слици 6. Реализоване макете, рачунарске симулације и видео-филм, успешно се могу користити у настави физике у 8. разреду основне школе, 2. разреду стручних школа и гимназије, и на специјализованим почетним курсевима електронике.

Миодраг Мићић

## ПРИЛОЗИ УЧЕНИКА И СТУДЕНАТА

### РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА ИЗ ХАРМОНИЈСКИХ ОСЦИЛАЦИЈА ПРИМЕНОМ ЗАКОНА ОЧУВАЊА ЕНЕРГИЈЕ

При решавању проблема из хармонијских осцилација, уобичајен приступ је да се напишу све силе које делују на тело, израчуна њихова резултанта и, затим, примене одговарајуће апроксимације које се односе на мали померај тела из положаја равнотеже. Тешкоће са оваквим приступом су што се све силе морају писати и сабирати у векторском облику, а при свему овоме се морају и примењивати апроксимације које се односе на мале осцилације. Потребно је, међутим, доста искуства и осећаја да се уочи које апроксимације се могу, а које не могу примењивати. Посебно су сложени проблеми у којима долази до комбинованог трансаторног и ротационог кретања. Зато ћемо изложити другачији метод решавања оваквих проблема, који се заснива на закону очувања енергије. Основна предност овог метода је што се избегава рад са векторима и, што је још важније, апроксимације се много јасније уоча-

вају. Услов да се може применити овај метод је да на осцилаторни систем делују искључиво конзервативне силе, тј. да је укупна механичка енергија система константна.

Први корак оваквог метода је да напишемо механичку енергију која је збир кинетичке и потенцијалне енергије. Кинетичка енергија је члан облика  $cV^2$  ( $V$  је брзина тела које осцилује), а потенцијална енергија је нека функција растојања од равнотежног положаја,  $E_p = f(x)$  (за нулу потенцијалне енергије договорно узимамо положај равнотеже тела). Дакле,

$$E = E_k + E_p = cV^2 + f(x).$$

При овоме треба имати на уму да су  $V$  и  $x$  неке функције времена. Следећи корак је да узмемо први извод горње једначине. Пошто је  $E = \text{const}$  (ако на систем делују само конзервативне силе),  $dE/dt = 0$ . Тако добијамо

$$0 = c \cdot 2V \frac{dV}{dt} + \frac{d(f(x))}{dx} \cdot \frac{dx}{dt}.$$

Пошто је  $V = dx/dt$ ,  $V$  можемо да скратимо, и због  $dV/dt = d^2x/dt^2$ , добијамо:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{1}{2c} \cdot \frac{d(f(x))}{dx}.$$

На овом месту, члан  $d(f(x))/dx$  морамо тако да апроксимирамо да добијемо члан облика  $kx$  ( $k$  је нека константа). Ово се може урадити развојем функције у Маклоренов ред и одбацавањем чланова који садрже  $x$  на степен већи од линеарног (слободан члан у Маклореновом развоју је једнак нули, зато што је у положају равнотеже сила једнака нули). Међутим, у пракси ово се ради применом неколико једноставних правила (то су обично замена  $\sin x$  са  $x$ , и замена  $(1+x)^\alpha$  са  $1+\alpha x$ ). После овакве апроксимације, директно добијамо једначину хармонијских осцилација

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{2c} \cdot x.$$

Одавде је, на пример, период осцилација  $T = 2\pi\sqrt{2c/k}$ . Аналогно разматрање важи и када уместо помераја  $x$ , осциловање описујемо неком другом величином, као што је, на пример, угаони померај. Наведимо неколико примера:

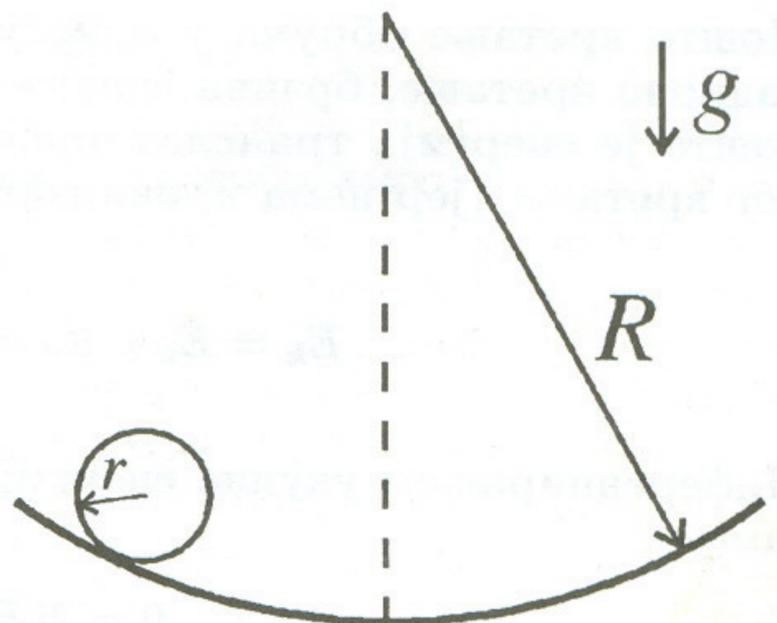
**Пример 1.** Куглица полупречника  $r$  може да се котрља без клизања по унутрашњости сферне површине полупречника  $R$ . Одредити период малих осцилација куглице.

**Решење:** Укупна, кинетичка и потенцијална, енергија куглице износи

$$E = E_k + E_p,$$

$$E_k = \frac{MV_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{MV_c^2}{2} + \frac{2}{5}Mr^2 \cdot \frac{V_c^2}{2r^2},$$

$$E_p = Mg(R-r)(1 - \cos \theta).$$



Овде  $M$  означава масу куглице,  $V_c$  брзину њеног центра масе,  $I$  момент инерције куглице и  $\omega$  њену угаону брзину. Пошто је брзина центра масе

$$V_c = (R - r) \cdot \frac{d\theta}{dt},$$

енергија постаје

$$E = \frac{7}{10} M (R - r)^2 \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 + Mg(R - r)(1 - \cos \theta).$$

Диференцирањем и скраћивањем, после замене  $\sin \theta \approx \theta$ , добијамо

$$0 = \frac{7}{5} \cdot (R - r) \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} + g\theta,$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{5}{7} \cdot \frac{g\theta}{R - r}.$$

Одавде директно следи период осцилација

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{7(R - r)}{5g}}.$$

*Пример 2.* Хомогени обруч радијуса  $R$  је окачен на фиксирани хоризонтални цилиндар радијуса  $r$  и осцилује у гравитационом пољу у вертикалној равни. Наћи период малих осцилација ако обруч не проклизава по цилиндру.

*Решење:* Нека права  $OO_1$  у неком тренутку образује угао  $\theta$  са вертикалом. При томе је потенцијална енергија обруча

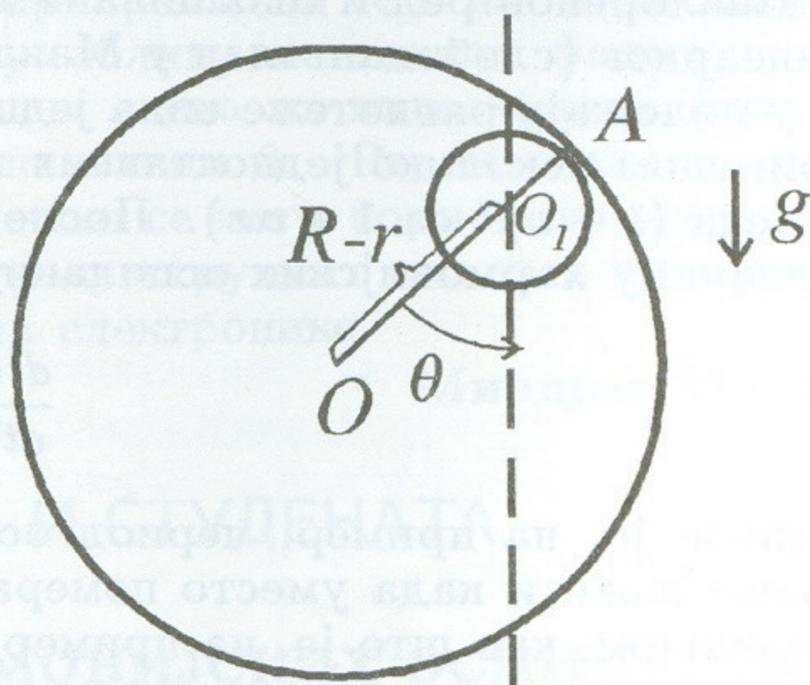
$$E_p = Mg(R - r) \cdot (1 - \cos \theta).$$

Пошто кретање обруча у односу на центар цилиндра представља чисто ротационо кретање, брзина центра маса обруча износи  $(R - r) \cdot d\theta/dt$ . Додатно, пошто је енергија транслаторног кретања обруча једнака енергији ротационог кретања (јер нема проклизавања), кинетичка енергија је

$$E_k = E_t + E_r = 2E_t = 2 \frac{M}{2} \left[ (R - r) \cdot \frac{d\theta}{dt} \right]^2$$

Диференцирањем укупне енергије,  $E = E_k + E_p$ , и затим скраћивањем, добијамо

$$0 = 2(R - r) \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} + g \sin \theta.$$



Пошто је  $\theta$  мало  $\sin \theta \approx \theta$  па следи

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g\theta}{2(R-r)},$$

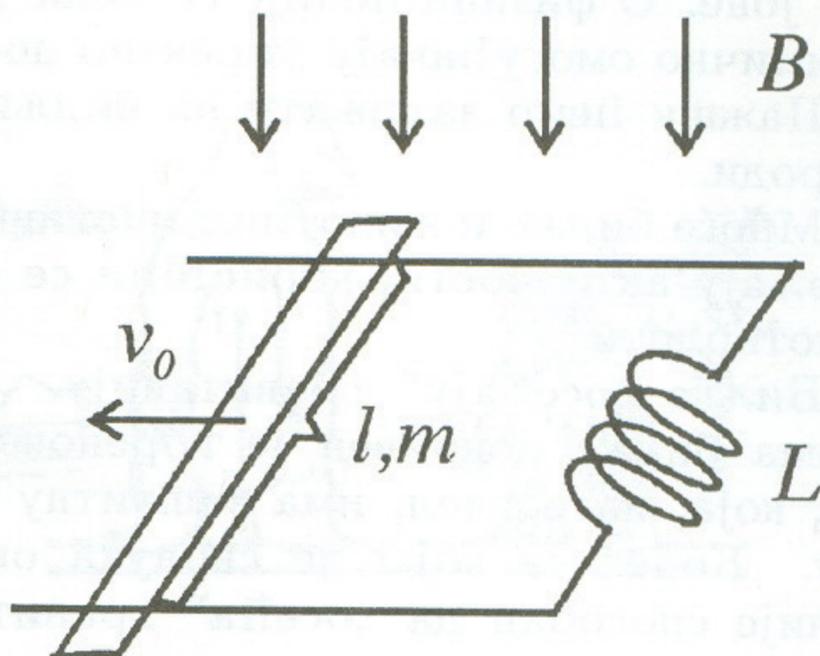
тако да је тражени период малих осцилација обруча

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{2(R-r)}{g}}.$$

**Пример 3.** Проводни штап дужине  $l$  и масе  $m$  може да клизи без трења по хоризонталним металним шинама. Паралелно са штапом за шине је везана завојница индуктивности  $L$ . Нормално на шине је формирано магнетно поље индукције  $B$ . Штапу се саопшти почетна брзина  $V_0$  и он почиње да осцилује. Одредити период осцилација штапа занемарујући термогени отпор штапа, шина и завојнице.

*Решење:* Укупна енергија је

$$E = \frac{mV^2}{2} + \frac{i^2 L}{2}. \quad (1)$$



Струју морамо изразити преко помераја штапа из равнотежног положаја. Електромоторна сила, која се индукује услед кретања штапа, једнака је паду напона на завојници (укупан термогени отпор кола је једнак нули), па је

$$VlB = \frac{di}{dt} \cdot L. \quad (2)$$

Ако у горњој једначини  $V$  напишемо као  $dx/dt$ ,  $dt$  скратимо и интегралимо, добијамо

$$lB \int_0^x dx = L \int_0^i di,$$

што води ка

$$i = \frac{lBx}{L}. \quad (3)$$

Диференцирањем једначине (1) добијамо

$$0 = mV \cdot \frac{dV}{dt} + iL \cdot \frac{di}{dt}.$$

Заменом  $di/dt$  из једначине (2) и  $i$  из једначине (3), добијамо

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{l^2 B^2 x}{Lm},$$

тако да је период осциловања штапа

$$T = \frac{2\pi\sqrt{Lm}}{lB}.$$

Марко Ђорђевић, студент физике, II година

# ЗАНИМЉИВОСТИ

## ФИЗИКА У ЖИВОЈ ПРИРОДИ

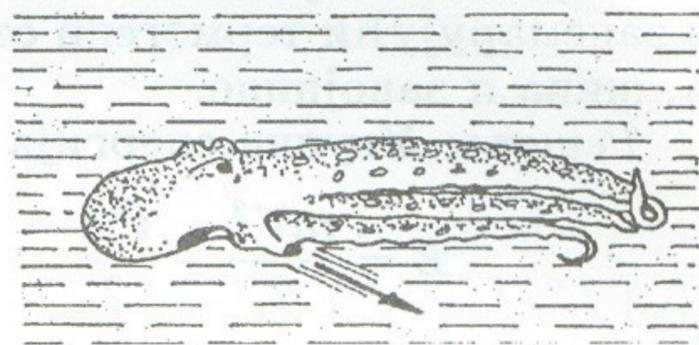
Не постоји ниједно живо биће чије постојање није везано за физику.

У ћелији, основној јединици биљака и животиња, све се углавном дешава по законима физике. Да би живеле, ћелијама је потребна енергија. Без потребне енергије, ћелије престају да се развијају, да се крећу, да транспортују јоне. О физици ћелије се може много говорити. Најновији инструменти делимично омогућавају директно посматрање живота ћелије.

Пажњу ћемо задржати на видљивим (макроскопским) појавама у живој природи.

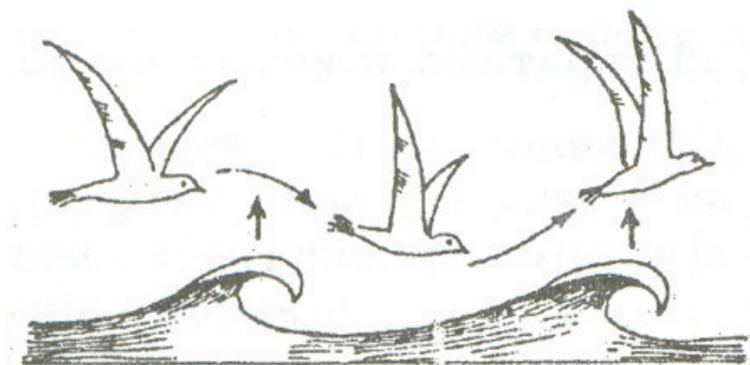
Многе биљке и животиње инстинктивно, без учешћа своје воље и разума, обављају активности, користећи се обилато физиком. Следећи примери ће то потврдити.

Биљке „осећају” гравитацију. Крај корена биљке покривен је кореновом капом, која, на изглед, има заштитну функцију. Корен са којег је скинута ова капа није способан да „осећа” гравитационо поље и расте у потпуно произвољном правцу, у току од око тридесет часова. Зато време на његовом врху образује се нова коренова капа и корен нагло мења своје понашање и расте уз очигледну оријентацију у правцу силе земљине теже.



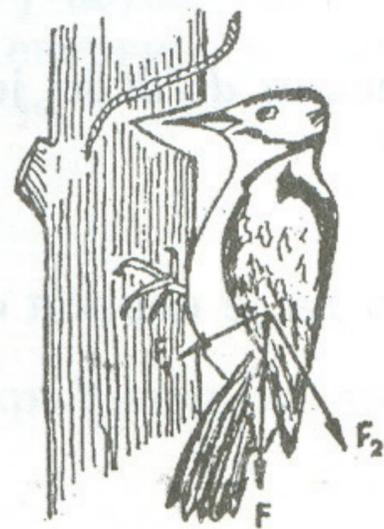
Биљке умеју да сачувају своју влажност. Тако је лишће тропских биљака, као код кактуса, у облику игала. Ваљкаста тела имају мању површину од других тела, исте запремине, и испаравање (губљење влаге) се тиме смањује.

Познато је да се лисица спасава од пса који је јури изненадним превртањем у страну, у пуном трку. Пас, услед инертности, продужава кретање напред. Лисица користи тај моменат и бежи у другом правцу.



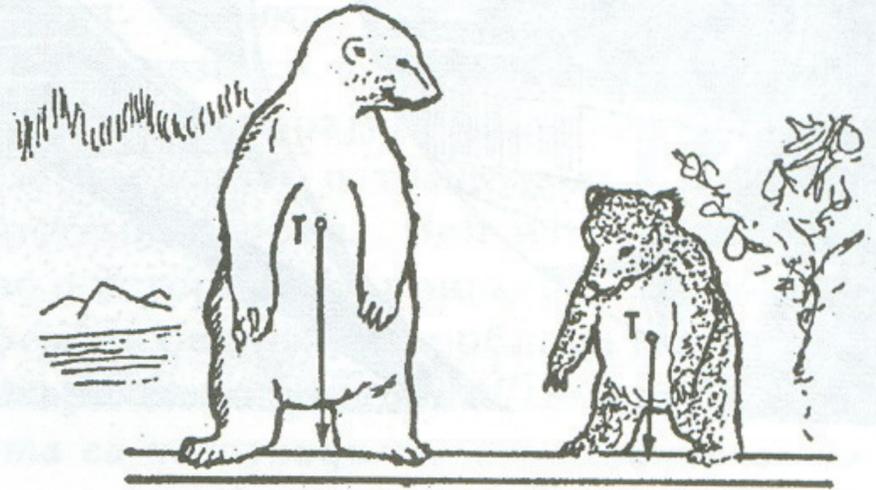
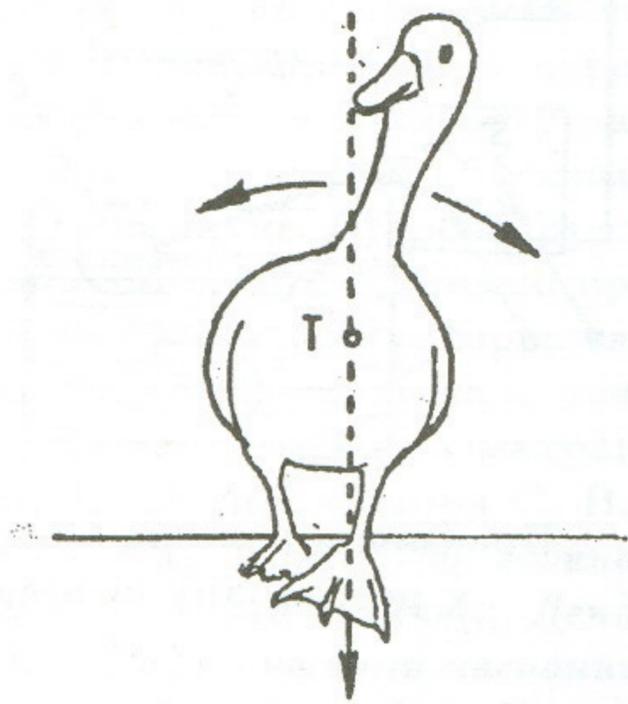
Многе животиње инстинктивно се користе законом акције и реакције. Тако сипа (хоботница) потискује воду у снажним млазевима из дупље кроз одговарајући отвор. Сила реакције, која при томе настаје, покреће животињу напред.

Албатрос за своје кретање користи енергију морских таласа. Изнад врха морског таласа сила притиска (настала сабијањем ваздуха) делује на крила птице и подиже је навише, до неке висине. По престанку деловања силе притиска она „проклизава” - пада наниже до следећег таласа који је поново подиже итд. Тако се албатрос креће као по тобогану!

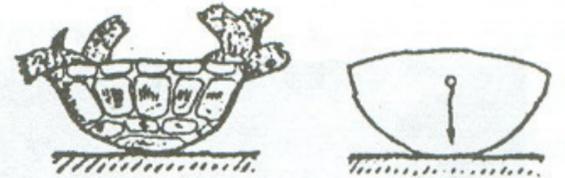


На слици је дат пример како се детлић одржава усправно на стаблу дрвета. Детлић се придржава ногама за стабло као да виси на концу. Његова тежина ( $F$ ) се разлаже на две компоненте ( $F_1$  и  $F_2$ ). Сила  $F_1$  се уравнотежава силом реакције стабла, а сила  $F_2$  се уравнотежава силом мишића птице.

Животињама је веома важна стабилност тела. Гуска се при кретању „гега“ лево-десно. Замишљена вертикала, која полази из њеног тежишта, пролази кроз површину ослонца, због чега она не пада. Иста је ситуација и са медведима.



Корњача, која се окренула на леђа, веома тешко се може усправити. Она то постиже упорним издуживањем главе и ногу, због чега се њено тежиште помера и повиши, стабилност смањи, и створи услов за окретање.

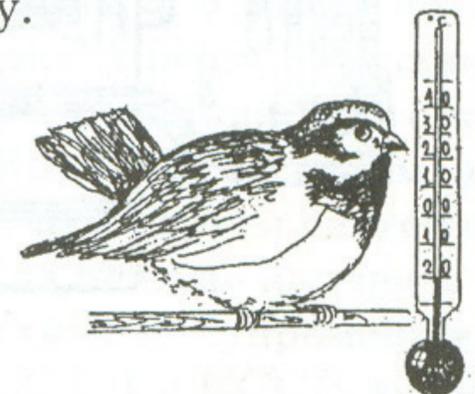


Научници су установили да медуза има специфичан орган равнотеже у виду мехурића величине главе чиоде. Помоћу њега она хвата човеку недоступан инфразвук (учестности испод 16 херца), који се појављује 10-15 часова пре буре, односно вибрације што настају услед трења ваздушних маса о гребене таласа.

Слепи миш производи ултразвук помоћу кога се оријентише у простору. Према времену за које се врати ултразвук од препреке оцењује његову даљину.

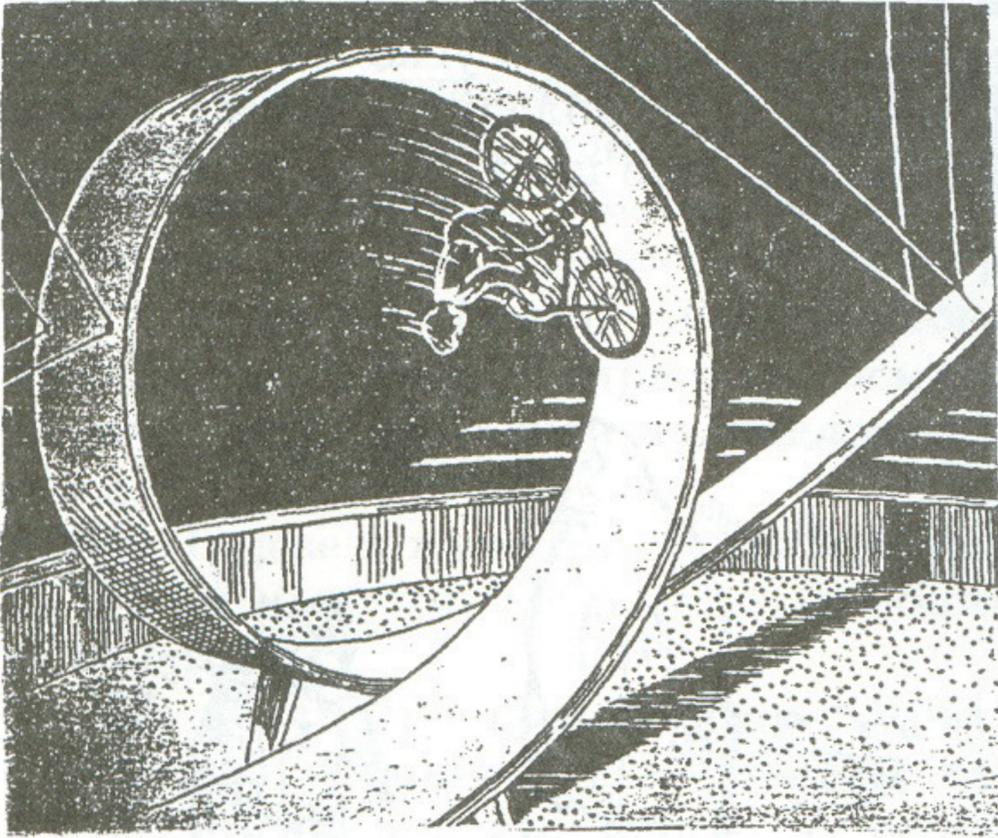
Врабац се штити од хладноће тако што наодреши своје перје. Већа количина ваздуха у перју не дозвољава брже одвођење топлоте са његовог тела.

Изучавање живих бића је, уједно, и изучавање многих физичких закона и појава.



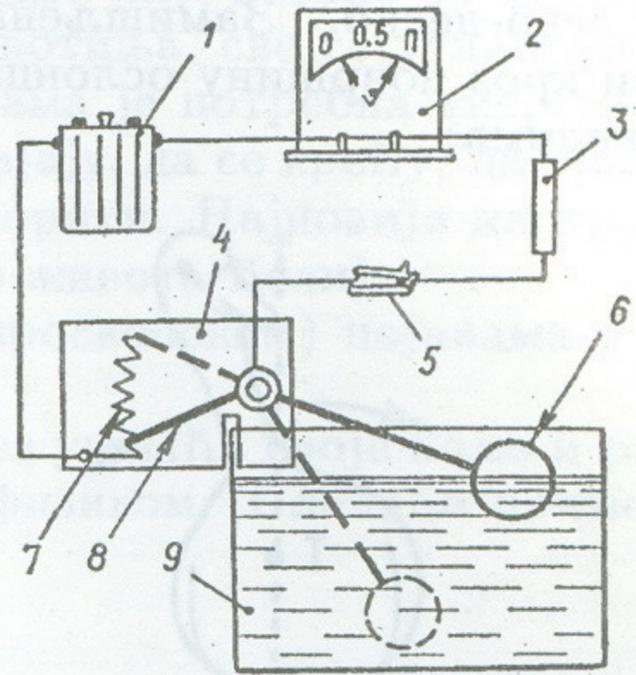
ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ ФИЗИКЕ  
ОПИШИТЕ И ОБЈАСНИТЕ СЛИКЕ

1.



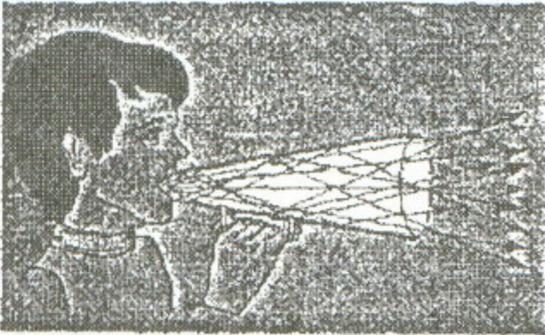
„Мртва петља“

4.



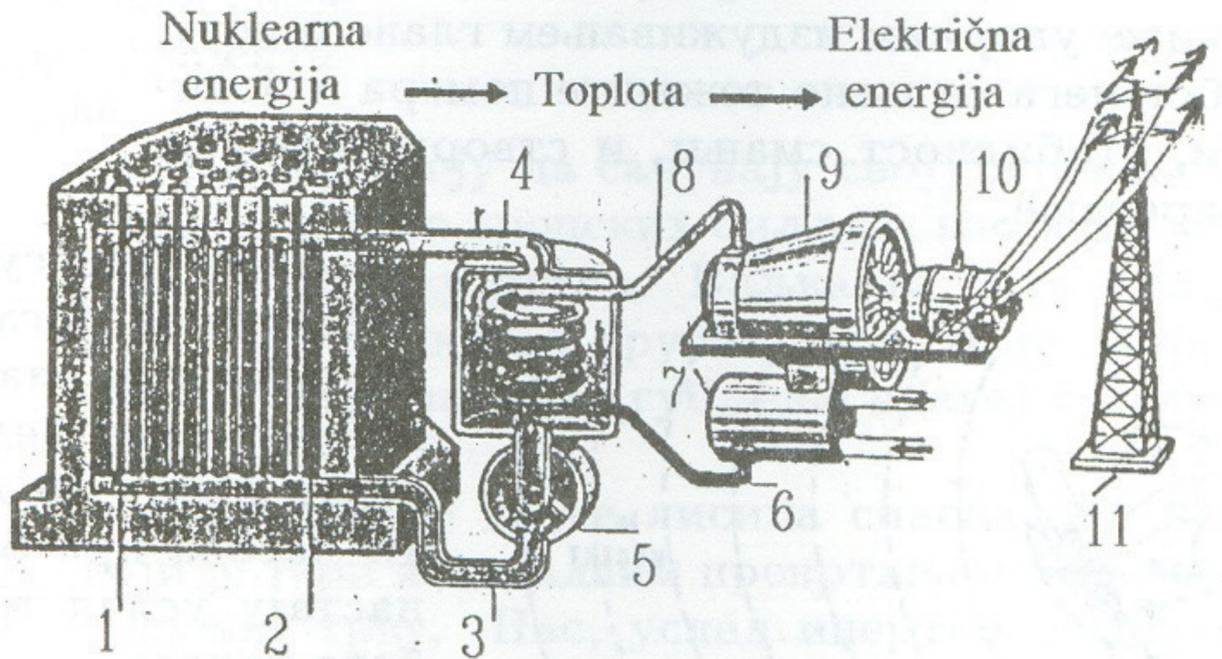
Показивач количине горива  
у резервоару возила

2.



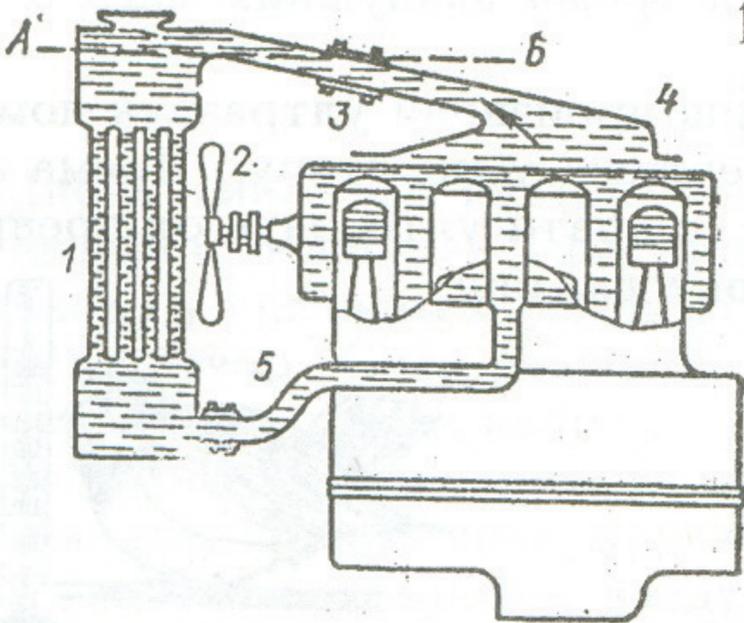
Мегафон

5.



Нуклеарна електрана

3.



Водено хлађење мотора аутомобила

Описе и објашњења шаљите уредништву. Најбољи радови омогућиће ауторима добијање часописа у 1996/97. години. Радове примамо до 1. 05. 97.

У едицији Свет науке и технике, коју издаје Музеј науке и технике у сарадњи са Заводом за уџбенике и наставна средства као прва књига појавио се Зборник радова, посвећен проблемима мерења у наукама. У историјском развоју знања појава квантитативних метода означава велики напредак. Од тада знања имају далекосежан значај и изузетно велику примену и улогу у преображају услова живота људи, света уопште. Никола Кузански је писао: „Знање - то је мерење”. А још пре тога, из искуства старих Латина, настала је сентенца *Optima in numero et mensura* (све је у броју и мери). Операција мерења, квантитативне методе уопште развијале су се кроз столећа и то у контексту развоја наука. Ту није само реч о неким техничким операцијама него и о проблемима који су у вези са фундаменталним проблемима философије и науке. Мерења претпостављају одговарајуће референтне системе или релативно константне процесе природе, а представе о томе су се развијале током времена па су се тако усавршавали и системи мерења. Већ из прегледа садржаја Зборника може се видети да је реч не само о историјском приказу развоја мера и операција мерења, него и о разматрању савремених аспеката проблема мерења у разним наукама. После предговора С. В. Рибникара следе радови: *Неухватљива димензија - време* - Петар Аџић; *700. година живота са часовницима. Од механичког до атомског сата* - Стеван Коички; *Дендрохронологија - датовање прошлости* - Братислав Пантелић; *Радиоактивни часовници* - Слободан Рибникар; *Мерење геолошког времена* - Зоран Максимовић и Стеван Карамата; *Геолошко време и еволуција живота на Земљи* - Никола Пантелић, Милева Сладић-Трифунковић и Александар Грубић; *Температура давне прошлости* - Иван Гржетић; *Говор дугиних боја - мерење светлости* - Слободан Рибникар; *Једно од виђења невидљивог - мерење радиоактивности* - Слободан Рибникар; *Рударска мерења* - Момчило Патарић; *Мерења у хемији* - Илија Брчески; *Метеоролошка мерења - сведочанства о атмосферским променама; Од митова о атмосферским појавама до сателитске метеорологије* - Слободан Плазинић; *Мерење ниских притисака* - Милан Курепа; *Истраживања у свету звука* - Хуснија Куртовић. Уз податке о ауторима дат је и индекс имена који олакшава упознавање проблема о којима је реч у Зборнику. Мноштво података из историјског развоја наука, као и из савремених изучавања, привући ће, без сумње, пажњу не само ученика него и студената.

Иван Драганић, КРОЗ СВЕТ РАДИЈАЦИЈА И РАДИОАКТИВНОСТИ,  
Београд, 1996

Недавно се појавила трећа књига из едиције коју издаје Музеј науке и технике у Београду, у сарадњи са Геоинститутом и Заводом за уџбенике и наставна средства, поводом 100 година од открића радиоактивности. Аутор ове књиге, на основу дугогодишњег рада у тој области, приказује развој научних знања о атому од 1896. године до наших дана - тзв. атомску еру. Откриће природне и вештачке радиоактивности имало је велике, неслућене последице, о томе аутор наводи многобројне податке од којих они бројчани привлаче понајвећу пажњу. Идеја да се из атома може ослободити енергија која би се могла користити као оружје, пред други светски рат, у току тога рата, и после рата, на разне начине је заокупљала не само научнике него и политичке вође који су у томе видели могућност за постизање супремације или чак доминације у свету. Тзв. атомски пројекти у Немачкој, САД и СССР-у, који су развијани илегално, показали су нове аспекте великих етичких и хуманистичких питања које доноси развој научних знања. Још тада се видела драма научника, сасвим

јасно, а данас, када је објављена многобројна документација о томе, која је сматрана државном тајном првог реда у свим споменутим земљама, види се сасвим јасно да развој физике, и науке уопште, већ одавно није ствар само физичара и научника него и чинилаца изван сфере науке, и то у великој мери. Оно што се још види из прегледа развоја знања у атомској ери, то је чињеница да развој није, ипак, текао по неком плану, као што се верује. Наука је планирана делатност, али се током развоја дешава много тога што се не планира, а последице, које из тога следе, не предупредују се благовремено, иако су раније сагледане сасвим јасно. Те последице се виде понајбоље, можда, кад је реч о великој радиоактивној загађености наше планете. Овде се понајбоље могу видети сва сложена питања науке: научник - пројект - приоритет пројекта приликом планирања реализације у оквиру државних институција - коришћење резултата - колизија између општих етичких и хуманистичких норми с једне стране, и захтева за већим профитом с друге стране. На основу бројних података о ступњу радиоактивне загађености и могућним опасностима за људе аутор предочава и слику будућности, на уласку у наредни век, указујући на основне задатке који стоје пред научним и другим институцијама које треба решавати да би се предупредиле извесне опште опасности. У прилогу је литература коју аутор препоручује за даље изучавање, појмовник у коме се укратко разјашњавају основни, најважнији појмови, и индекс имена и појмова који олакшавају коришћење књиге.

Клуб Николе Тесле из Београда наставља издавање књига у едицији Популарна библиотека. Шеста књига из те едиције је В. Д. Чистјаков БЕСЕДЕ О ГЕОМЕТРИЈИ ЛОБАЧЕВСКОГ, превод Младенке Влашкалић, Београд, 1966. Из једанаест беседа, заправо приступачних предавања, читалац је у прилици да се упозна са свим најзначајнијим подацима из историје геометрије и рада Лобачевског, као и са правцима развоја геометрије, а прилози омогућују да ученици и студенти даље истражују на основу литературе која је препоручена. Из исте библиотеке је и познато дело Бертранда Расела О ОБРАЗОВАЊУ И ВАСПИТАЊУ, које су превеле Босиљка Милакара и Нада Синадиновић, (Београд, 1996). Ова књига, иако написана поодавно, позната је широм света. Енглески филозоф и математичар бави се разматрањем „вечитих” проблема и дилема у подизању деце и научног подмлатка, чиниоцима који се морају узимати у обзир, системима који могу да дају највеће резултате. Реч једног од најистакнутијих филозофа и научника нашег столећа о тим проблемима привлачила је пажњу, рекло би се, свих оних који су заинтересовани за ширење могућности у области образовања и васпитања. Књига ће, без сумње, користити не само васпитачима него и ученицима различитих узраста.

Радомир Ђорђевић

## ПЛАН ТАКМИЧЕЊА ИЗ ФИЗИКЕ

(припремити градиво закључно са наведеним темама)

### ОСНОВНА ШКОЛА

Разред	Општинско 01.03.1997.	Регионално 22.03.1997.	Републичко 19.04.1997.	Савезно 23-25.05.1997.
VI	Сила	Структура супстанције	Маса и густина	_____
VII	Равнотежа	Рад, снага и енергија	Осцилације и таласи	Целокупно градиво
VIII	Електрично поље	Електрична струја	Магнетно поље	Целокупно градиво

ЦМ  
 Хелм. 1.3.  
 15.3.  
 12.4.  
 12.4 - оц.  
 32  
 17.5  
 30.4