

ОБАВЕШТЕЊЕ УРЕДНИШТВА

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

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

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

МЛАДИ ФИЗИЧАР излази четири пута годишње. Можете да postanete претплатник када то пожелите. Информације о цени овог и наредних бројева можете добити на телефоне „Клуба НТ” (011)644-593, 642-870, 643-241. Потребно је да нас обичним писмом обавестите о броју примерака на који се претплаћујете (на адресу: 1. Друштво физичара Србије, 11080 Земун, Прегревица 118; 2. „Клуб НТ”, Београд, Народног фронта 31), да напишете своју адресу и да истовремено извршите уплату потребне суме новца на жиро-рачуна: 1. Друштва физичара Србије 40806-678-7-77766, или „Клуба НТ”: 40806-603-4-36201, Београд, са обавезном назнаком „за МЛАДИ ФИЗИЧАР”.

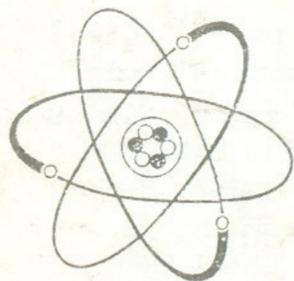
АКО НАРУЧИТЕ ВИШЕ ОД 20 ПРИМЕРАКА (КОМПЛЕТА) и благовремено извршите уплату, одобравамо вам рабат од 10%.

Прилоге слати на адресу:

1. Друштво физичара Србије, 11080 Земун, Прегревица 118.
2. „Млади физичар”, Редакција, Физички факултет 11000 Београд, Студентски трг 12-16, тел. 3282-111/809

Обавештења:

1. Евиденција претплате: 1. Друштво физичара Србије (011) 107-107; 2. „Клуб НТ” (011)644-593
2. Рекламације и друге информације: Секретар Друштва (011)107-107
3. Набавка овог и старих бројева часописа: Књижара „Студентски трг”, Београд, Студентски трг 6, (011 185-295); Књижара „МСТ Гајић”, Београд, Народног фронта 31, (011 642-870)



Сва права умножавања, прештампавања и превођења задржава Друштво физичара Србије и „Клуб НТ”.

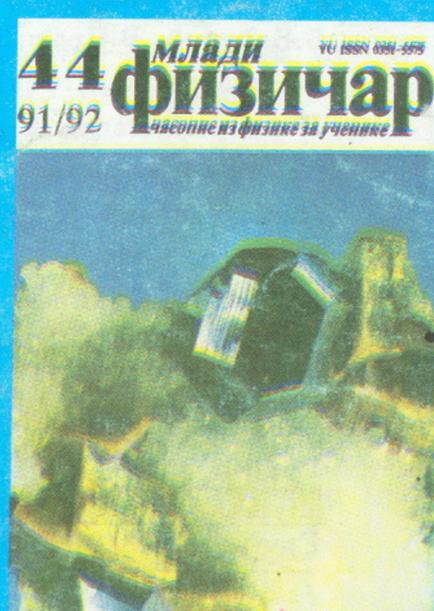
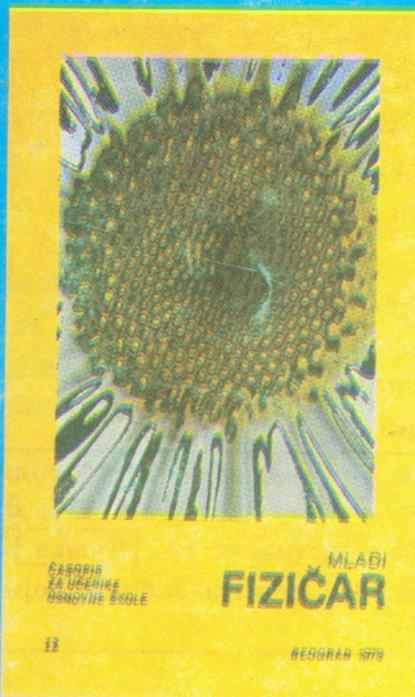
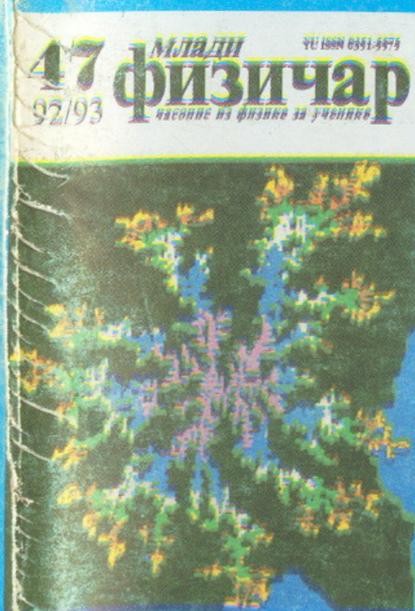
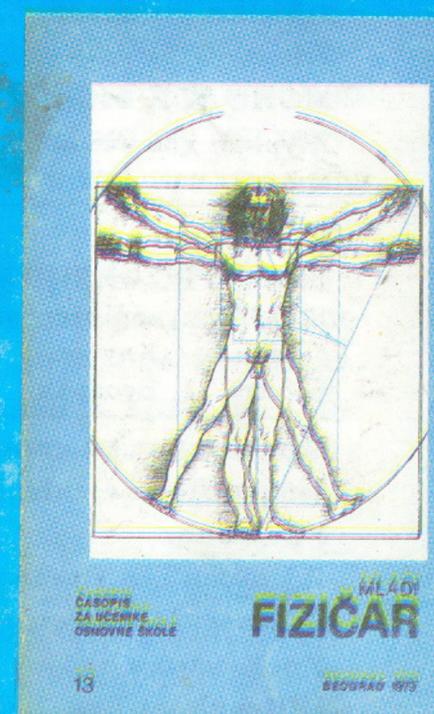
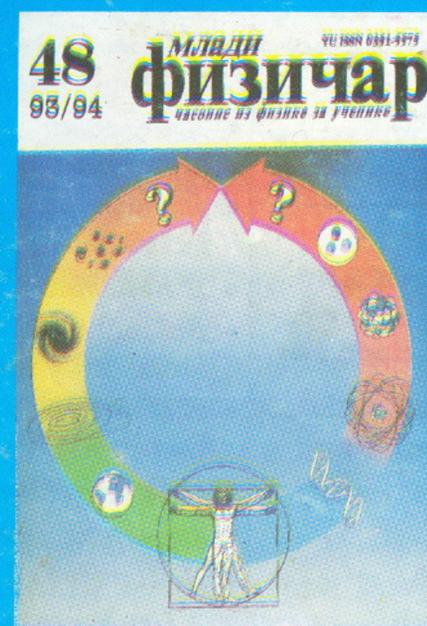
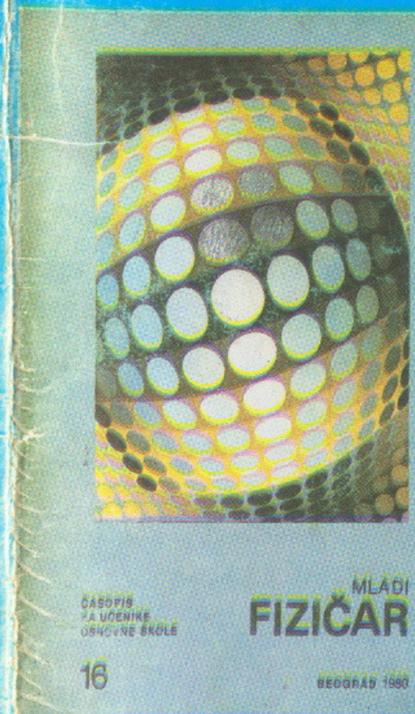
Ослобођено плаћања пореза на промет на основу решења Републичког секретаријата за културу СР Србије, бр. 329 од 29.9.1976. године.



50
93/94

Млади
ФИЗИЧАР
часопис из физике за ученике

YU ISSN 0351-5575



САДРЖАЈ

МЛАДИ ФИЗИЧАР

Часопис за оне који уче и воле физику.

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.

Издаје:

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

Главни и одговорни уредник:

Јаблан Дојчиловић

Уредници:

Д. Поповић, А. Срећковић,
Д. Капор, М. Димитријевић

Уређивачки одбор:

М. Бурић, М. Ђук, Д. Филиповић,
Р. Милер, Р. Борђевић, Д. Грујић,
В. Бабовић, В. Прокић, В. Жигман,
Д. Беодрански, Т. Сенћански

Лектор: Славица Коледин

Техничка обрада:

Љ. Дамјановић, М. Перковић

Илустрације:

Н. Убовић, С. Милић, Б. Вилд
Владана Ликар-Смиљанић

- Писмо уредника 1
- П. Грујић: Млади и физика 2
- Д. Капор: Како ради редакција 3
- Љ. и Н. Недељковић:
Еволуција квантног стања 5
- М. Димитријевић:
Теорија релативности 10
- Љ. Ристовски:
Физичко поље 13
- П. Грујић: Где престаје класична
и почиње квантна физика 16
- Д. Коледин:
Музикалност Нилса Бора 20
- Д. Ристановић:
Михаило Пупин (1854 — 1935) 24
- Д. Коледин: Ампер 26
- Б. С. Милић:
Може ли човек бити невидљив? 30
- Д. Поповић:
Електрична активност биљака 33
- П. Грујић: Спин и спорт 36
- Ј. Лабат: Откриће Н-зрака 39
- Д. Поповић: Заблуде вредне помена .. 43
- Т. Сенћански: Физика у стрипу 47
- Р. Лајош: Како се могу видети
нуклеарне честице? 49
- С. Божин: Шта је најдрње? 53
- Т. Сенћански: Паскалов оглед 54
- Задаци са савезног такмичења 55
- Д. Капор: Два слична задатка 57
- Б. С. Милић: Анализа једног задатка
са такмичења 59
- Наградни задатак 64
- Списак ученика који су успешно
решили конкурсне задатке 64

„Млади физичар“ излази од школске 1976/77 године. Часопис су уређивали: Борђе Басарић и Слободан Жегарац (1976/77), Душан Ристановић и Драшко Грујић (1977/78), Љубо Ристовски и Душан Коледин (1978/79–1981/82), Душан Коледин, Драгана Поповић и Јаблан Дојчиловић (1982/83) и Драшко Грујић (1983/84–1986/87)

ПИСМО УРЕДНИКА



$$\int \phi_{k_1, l_1}^*(\mathbf{r}') \left(-\frac{\hbar^2 \nabla'^2}{2m}\right) \phi_{k_2, l_2}(\mathbf{r}') d\mathbf{r}'$$

У временима и околностима, за неке „историјским“, стигосмо до 50. броја часописа, до, за нас, малог јубилеја. И како правила лепог понашања налажу, потребно је у овој прилици нешто рећи. Ограниченост простора сугерише да будемо и свечани, и јасни, и конкретни о нашем раду. Као институција која је имала потребу да одговорно контактира са младом, стручном јавношћу, били смо хваљени и понекад оспоравани. Примали смо и једно и друго довољно обазриво и ишли даље — правили смо часопис. Без моћне институције у његовом заглављу, углавном су га радиле екипе пријатељски расположених сарадника.

Колико успешно? Како би неки рекли: „дело себе заборавља брани“; сада је иза нас 49 бројева „Младог физичара“, хиљаде вас, наших читалаца и мноштво текстова који стрпљиво чекају да вам се представе. Ипак, са самозадовољством опрезно; часопис живи и траје и у интеракцији са вама. Зато вас позивамо да га правимо заједно. Пишите нам о физици коју учите, физици коју волите, али и о оној која вас збуњује и прави вам проблеме.

Шта смо вам спремили за јубиларни број? Највећи део „педесетнице“ чини избор текстова који су до сада објављени у „Младом физичару“, од првог до броја 43, а који по нашем мишљењу заслужују да се поново нађу пред читаоцима, пре свега ученицима. У прављењу избора „величанствених“ учествовали су, поред већине чланова уређивачког одбора, и многобројни пријатељи часописа (ученици, аутори текстова, наставници, бивши уредници и др.). Настојали смо да буду заступљени сви носећи наднаслови, да текстови буду тематски разноврсни и да за све узрасте читалаца буде занимљиве физике. Као и сваки избор, и овај је могао да буде другачији, лепши, „млађи“, али о укусима... Уосталом, ето прилике да се за неки наредни јубилеј ствар поправи.

У име досадашњих редакција
др Јаблан Дојчиловић

МЛАДИ И ФИЗИКА

Петар Грујић, Институт за физику, Земун

Свако ко се бави наставно-образовном делатношћу свестан је њених помало противречних аспеката. С једне стране, младе којима се преноси знање треба импресионирати истинитошћу и поузданошћу садржаја дисциплине која се изучава, како би се психолошки процес усвајања оваквог садржаја олакшао. С друге стране, младим људима не може се затворити читав ментални простор за модификовање и допуњавање постојећег знања у једној области. Свака наука, па и физика, истовремено је и истинит и отворен систем, што имплицира да је сваки делимични садржај у њој отворен за даљу разраду и превазилажење. У таквој дихотомној ситуацији налази се и сваки часопис, као што је „Млади физичар”, који, за разлику од стандардних уџбеника, треба првенствено да код својих читалаца развије знатижељу за даљим увидом у школски садржај предмета, као и осећај потребе да се овај садржај обогати личним доприносом. Читалац мора бити импресиониран доприносом појединих корифеја науке, али не толико да се осећа пасивним посматрачем „кодификовања коначних знања”. Ово осећање активне присутности мора се развијати већ од младог узраста, а количина знања које се од младих људи тражи треба да је у разумној сразмери са слободним простором инвентивности, који постоји у сваком младом духу.

Физика је превасходно експериментална, природна наука. Први сусрет са њом у школи и јесте на нивоу свакодневних искустава. Задатак часописа какав је „Млади физичар” јесте у првом реду да ученика фамилијаризује са физичким начином размишљања, да му олакша да школско знање усвоји и прошири, али и да га схвати у контексту могућег допуњавања, па и превазилажења. У том погледу вредност двосмерног комуницирања, какво је нпр. решавање задатака (тих „симулираних проблема”), не може се преценити.

Модерна физика веома се удаљила од свакодневног искуства. То је разумљиво јер су појаве у природи, које се могу изучавати без употребе сложених експерименталних и рафинираних теоријских метода, биле прве које су проучене и објашњене. У том погледу, разуме се, не може се очекивати да се савремена знања могу пренети другачије, сем на информативном нивоу. То је велики проблем популаризације науке уопште и са тиме се суочавају и стручно-педагошки часописи попут „Младог физичара”. Излагање последњих достигнућа научних истраживања нужно захтева дедуктивну методу, која импре-

сионира, али изазива и дозу страхопоштовања које се мора пажљиво дозирати, иначе се може изазвати контраефекат. „Млади физичар” је успевао да у том погледу нуди добро уравнотежен садржај. Нагласак је, по правилу, био не толико на крајњем домету једног посебног научног достигнућа, колико на интелектуалној храбрости научника да постојеће знање схвати као пролазно и да се упусти у прегнуће да га обогати, па и замени бољим.

Као и у случају других сличних часописа, „Млади физичар” се обраћа двема категоријама ученика. Једни су они који ће са средњом школом завршити своје изучавање физике као такве, без обзира да ли ће своје школовање наставити или не. Други ће кроз студије и друге врсте активности имати и даље потребу и прилику да се баве физичким студијама, односно истраживањима. Улога „Младог физичара” при томе је вишеструка. Пре свега, ради се о проширивању школског знања, што је од значаја првенствено за оне који неће имати даље прилике да га организовано допуњују. Али пре свега, часопис оваквог карактера треба код младих људи да развије осећај за отвореност према природи око нас, посебно на једном апстрактнијем нивоу, изван сфере свакодневног искуства. Сврха часописа у том погледу јесте да талентоване младе духове заинтересује за физику, да им помогне да се одреде за студије физике, односно оних дисциплина које су на њој базирани. Не треба се плашити истицања овог пропагандног аспекта школског часописа, јер то је нормалан начин конкуренције за придобијање талентованих ученика за сваку делатност, па и за физичарску, у ширем смислу.

Може се рећи да је својом досадашњом уређивачком политиком, као и степеном сарадње, како са читаоцима, тако и са ауторима, „Млади физичар” успевао да анимира активност која је била заиста значајна за промоцију физичке дисциплине и њеног места у нашем школству. А то је свакако велика сатисфакција за све оне који су у часопису активно сарађивали.

КАКО РАДИ РЕДАКЦИЈА „МЛАДОГ ФИЗИЧАРА”

Д. Капор, Институт за физику ПМФ-а, Нови Сад

Сигурно сте се питали како још ниједном нисмо понудили као награду да посетите редакцију нашег листа и видите како се он прави. Сматрајте да сте имали среће. Разлог је врло једноставан: редакција је, у ствари, један сто у једном мрачном ћошку једне лабораторије Физичког факултета у Београду. Тачније, један сто претрпан

веома разноврсним материјалом, затим једна столица на којој седи актуелни глорур (главни и одговорни уредник) др Јаблан Дојчиловић, а иза његових леђа је полица препуна резервних материјала, непродатих бројева и ко зна још чега.

Како је редакција на факултету, тамо уредник има и других обавеза. Код куће су, наравно, у питању породичне обавезе. Стога уредник највише размишља о часопису путујући од куће до посла. Пошто он станује мало подаље од центра града, а због проблема транспорта ово време путовања је све дуже, квалитет часописа се све више поправља.

Кад крене да припрема број, он има два извора чланака. Један су радови које шаљу „нестални“ сарадници, а други оно што се пише по наруџбини. Сваки рад се рецензира, и то строго, по узору на најбоље светске часописе — по правилу двоструке анонимности. Рецензент који даје своје мишљење о неком чланку не зна ко је аутор, а аутор, када добије рецензију, не зна ко је то написао. Тако се већ десило да двојица људи који седе у истој соби један другом рецензирају и сваки у себи грди ону другу „будалу“ због глупих грешака, а једини који томе може да се смеје је уредник.

Међу редовне сараднике спада брачни пар Недељковић. Њихов рад је увек на првом месту, јер они кад нешто ново израчунају увек су у дилеми да ли да то пошаљу у најпознатији светски часопис „Physical review” или да га прво објаве у „Младом физичару”. Врло редован је и Рак Лајош који прелиста своју приручну литературу: Библију, Кременско пророчанство или сточарски приручник и тако одабере тему. Гоца Новак из Новог Сада спада у оне ретке наставнике који се још увек труде да (за ове паре) не само иновирају наставу вежбама већ и о томе пишу чланке.

Од сталних уредника ту је, пре свега, „уредник за задатке” Срећко, који једноставно не стиже да „исфабрикује” довољно нових задатака и зато предлаже да се повећа број такмичења, јер би се онда са задацима са такмичења могао попунити целокупни годишњи обим. Наравно, наш редакцијски министар (Милан Димитријевић је заиста савезни министар за науку) сада се јавља нешто ређе, али га још увек има. А када је број компетиран и Јаблан измери колико му простора остаје непопуњено, зове Капора, „дописног” уредника из Новог Сада (то је онај што смишља подле задатке за такмичење основаца) и наручује му да попуни страну и три фртаља чланком о решавању једначина или физици на Тасманијским острвима. Овај онда пошаље причу о позоришном комаду о физичарима... (Овако Редакцију „гледе” колеге са Петроварадина.)

ШТА ЈЕ ...



ЕВОЛУЦИЈА КВАНТНОГ СТАЊА

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

У строгој формулацији принципа узрочности — кад знамо тачно садашњост, можемо прорачунати будућност — није погрешан закључак, него претпоставка.

Хајзенберг

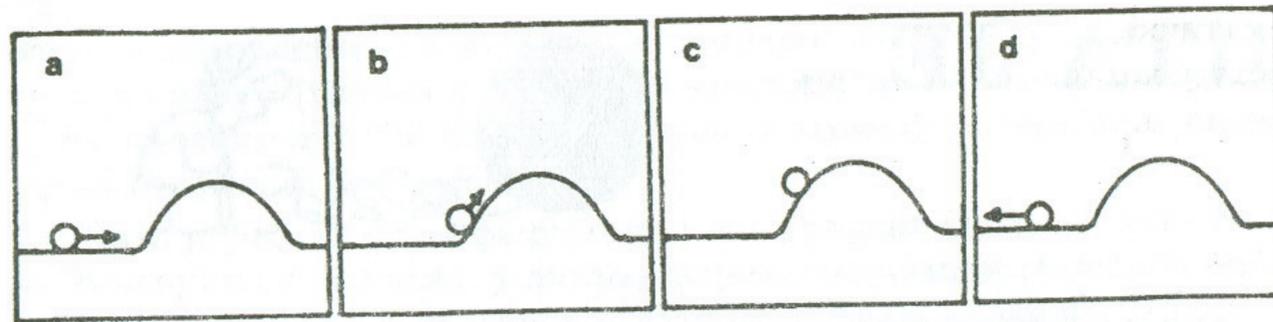
Класична визија

Свест о времену је у нама дубоко присутна, али га при том доживљавамо на различите начине. Најелементарнији појам времена, који је непосредно израстао из анализе наших доживљаја, наглашава оно што би се могло означити као чисто, континуално, једнолико и неузнемирено трајање.

Управо овакво схватање времена лежи у основи области физике која се бави изучавањем кретања тела свакодневног искуства и која се назива *класичном механиком*. Да бисмо протумачили како се у њој изучава кретање тела, послужићемо се једноставним примером и покушати да изведемо неке општије закључке.

Наиме, размотрићемо кретање тела по глаткој подлози која на једном делу има неку врсту препреке, брега (сл.1а). Претпоставићемо да смо у неком „почетном” тренутку покренули тело у правцу препреке. Основно питање које се са становишта протицања времена поставља је: шта ће се десити са таквим телом? Нема сумње да ће глобални одговор дати наша интуиција: тело ће почети да се креће према препреци. Надаље, уколико је почетни импулс био довољно интензиван, оно ће успети да пређе препреку, док ће у случају слабог импулса доћи до одређене висине брега, зауставити се, а затим почети да се враћа назад. Управо овај други ток догађаја ће нас занимати и он је приказан на сл.1, б, ц, д.

Начин на који класична механика прилази анализи проблема кретања у суштини није ништа друго него једно „прочишћавање” наше природне интуиције и превођење на симболички математички језик.



Слика 1.

Наиме, у основи тог језика лежи појам стања у коме се честица налази у датом тренутку t , $S(t)$. Са становишта механике, познавати стање честице значи познавати њен положај, $X(t)$, и њен импулс, $P(t)$, у датом тренутку. Стање се, дакле, може приказати као скуп ових карактеристика, $S(t) = \{X(t), P(t)\}$. Ако са t_0 означимо неки „почетни” тренутак, онда ћемо имати одговарајуће почетно стање $S(t_0) = \{X(t_0), P(t_0)\}$. Отуда се сама чињеница кретања тела манифестује као промена тог почетног стања, тј. као *еволуција (почетног) стања*. Дакле, континуални ток времена „носи” континуалну промену стања.

Конкретан начин на који почетно стање честице еволуира зависи од склопа физичких околности у којима се честица налази. У примеру, то је чињеница да је честица у кретању и чињеница да постоји препрека одређеног облика. Физичка величина која карактерише кретање честице назива се *кинетичком енергијом*, E_{kin} , док се постојање препреке манифестује као појављивање одређене *потенцијалне енергије* честице, E_{pot} . Дакле, читав склоп околности у којима се честица налази може се резимирати у новој величини која је збир ове две и назива се *Хамилтоновом функцијом*, H . Значи, $H = E_{kin} + E_{pot}$.

Строга законитост коју смо у искуству приметили при механичком кретању тела и на којој смо школовали нашу интуицију мора, дакле, бити у вези са неким симболичким поступцима помоћу којих се из датог почетног стања $S(t_0)$ и датих физичких услова (тј. из датог H) израчунава, а тиме и предвиђа будуће стање $S(t)$. Другим речима, еволуција при којој $S(t_0)$ прелази у $S(t)$ мора бити нека врста „множења” почетног стања $S(t_0)$ неком величином која карактерише саму еволуцију стања од тренутка t_0 до тренутка t , и која, као што смо видели, мора зависити и од H . Означимо такву карактеристику са $U(H, t_0, t)$ и назвати је *еволуционим оператором*. Тако ћемо имати да је $S(t) = U(H, t_0, t)S(t_0)$.

Ово је фундаментална релација класичне механике и назива се *еволуционом једначином стања* (или једначином кретања). Она је ма-

тематички запис одавно примећене околности да живимо у физичком свету у коме се може предвиђати будућност механичких кретања коју нам доноси континуални временски ток. Њене конкретне математичке форме могу бити различите и у најпростијем случају она се своди на II Њутнов закон ($F = ma$), а њеном применом на наш пример дошли бисмо до истог закључка до којег нас је довела и наша интуиција.

Проблем

На први поглед изгледа да је класичну механику могућно применити на тумачење кретања произвољно малих тела, јер изгледа да димензије тела не играју никакву базичну улогу. То је заиста и тачно у доста широким оквирима. Међутим, испоставља се да теко нешто није могућно у случају када је реч о *микрочестицама* (молекулима, атомима, електронима, итд.) од којих су сама макротела сачињена.

Да бисмо се јасније суочили са овом необичном околношћу, изабраћемо једну доста типичну појаву из света микрочестица која се назива *α -распад* и која је на неки начин аналогна нашем примеру са наиласком макротела на препреку. Реч је о појави да нека атомска језгра могу из своје унутрашњости да избацују тзв. *α -честицу*, састављену од два протона и два неутрона.

Услед присуства врло јаких, тзв. нуклеарних сила, неутрони и протони у атому се, иако у некој врсти врло динамичног кретања, држе увек у облику једне релативно компактне структуре која се назива језгром атома. Наиме, постоји нека врста *заробљавања* ових честица унутар језгра, а самим тим и групе која се назива *α -честицом*. Другим речима, површина језгра појављује се као нека врста препреке, нека врста „потенцијалног” бедема, у односу на расположиву енергију кретања *α -честице* унутар језгра. Према томе, ако се стање *α -честице* и његова временска еволуција подвргавају опису датом класичном механиком, онда нема никакве могућности да честица такву препреку пређе. Међутим, чињеница да се *α -распад* заиста догађа у микросвету указује да *стање α -честице не еволуира по закону класичне механике*.

Отуда је за разумевање ове, а и огромног броја сличних појава микросвета неопходно извршити радикалну модификацију већине основних елемената од којих је изграђена класична механика. Такав измењен тип механике, применљив у микросвету, назива се *квантном механиком*.

Метод: генералисани вектор

Прва околност са којом се суочавамо у квантној механици је да се она користи истим појмом континуалног и неузнемиреног времена који се налази и у основи класичне механике. Ако се има у виду истакнута радикалност измене механике при силаску у микросвет, та срећна околност је пре чудна, него што је обична.

Јер, за разлику од појма времена, појам стања је у квантној механици претрпео корениту измену. Наиме, радом читаве генерације физичара дошло се до закључка да се стање у квантној механици не може више схватити као скуп координата и импулса, него као тзв. генералисани вектор. Реч је о општем математичком појму који се на више различитих начина може превести на језик конкретних математичких објеката. Један од најчешћих начина његовог приказивања јесте функција која зависи од просторних координата и времена. Уобичајено је да се ова функција означава грчким словом „пси“, ψ . Дакле, квантно стање честице у неком тренутку t може бити задато функцијом $\psi = \psi(x, t)$. Она се често назива и таласном функцијом, јер се на сличан начин описује висина таласа на површини течности у одређеном тренутку и на одређеном месту.

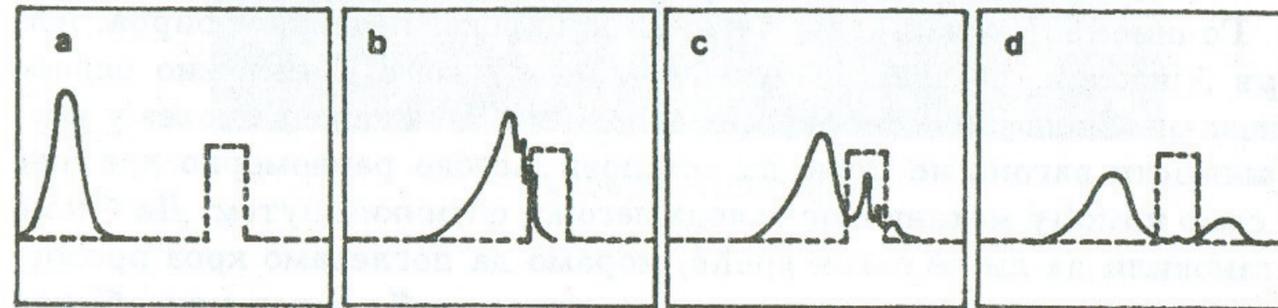
Аналогно ситуацији у класичој механици, где су положај честице и њен импулс потпуно описивали њено стање са механичког становишта, таласна функција $\psi(x, t)$ са становишта квантне механике садржи потпуни опис стања микрочестице. Међутим, док стање класичне макрочестице директно указује на њен положај, такву информацију таласна функција не садржи. Највише што она може да каже јесте да се микрочестица, која је у неком тренутку t описана стањем $\psi(x, t)$, може у принципу наћи у било ком делу простора, али тако да је највероватније да се нађе тамо где је вредност таласне функције највећа.

Ипак, само са таквим значењем појма квантног стања морамо поставити питање о његовој промени у току времена. Испоставља се да се на овом нивоу појављује извесна глобална сличност са еволуцијом класичног стања. Наиме, ако сада, у потпуној аналогiji са увођењем еволуционог оператора класичне механике, уведемо квантни еволуциони оператор и означимо га са $U(H, t_0, t)$, добићемо једначину $\psi(x, t) = U(H, t_0, t)\psi(x, t_0)$, која, такође, на потпуно једнозначан начин показује како се почетно стање мења с временом. Она се назива еволуционом једначином квантног стања. Њене конкретне математичке форме могу бити различите, а најчешће употребљавани облик познат је под именом Шредингерове једначине.

Решење

Можемо се вратити α -распаду и протумачити га језиком еволуције квантног стања.

У том смислу узећемо да је почетно стање α -честице описано таласном функцијом чији је облик на сл.2а приказан пуном линијом. Такав облик, који се често назива и таласним пакетом, указује да је α -честица релативно строго локализована унутар језгра. Површина језгра, према којој се из његове унутрашности креће α -честица, представља неку врсту препреке. Она је на сл.2 поједностављено приказана испрекиданом степенастом линијом. Суштина објашњења α -распада се тако своди на испитивање како се наведено почетно стање, према Шредингеровој једначини, мења у времену.



Слика 2.

Скица тих решења за одређене карактеристичне сукцесивне временске тренутке, који следе иза почетног тренутка t_0 , приказана је на сл. 2, б, ц, д. Из њих уочавамо да се таласни пакет креће у правцу препреке, сударајући се са њом доживљава јак „потрес“, после чега се цепа на два дела, од којих се један враћа према унутрашњости језгра, а други удаљава од његове површине. Другим речима, обзиром да таласна функција указује на вероватноћу налажења честице, на основу Шредингерове једначине закључујемо да постоји могућност излетања α -честице из језгра. Са извесном дозом шарма обично се каже да квантна честица може „тунеловати“ препреку, па се управо описана особина еволуције квантног стања назива тунелским ефектом. Према томе, за разлику од класичне механике, квантна механика успева да протумачи могућност постојања α -распада, свдећи га на тунелски ефекат.

Наравно, моћ квантне механике се не исцрпљује само у наведеном примеру.

ТЕОРИЈА РЕЛАТИВНОСТИ

Милан С. Димитријевић, Астрономска опсерваторија Београд

Класична физика, физика Њутна и Галилеја, тврдила је да човек који се налази унутар тела које се креће по правој линији сталном брзином (равномерно, на пример, у вагону без прозора, тако да не може да види пејзаж који промиче) не може доказати помоћу механичког експеримента да ли се то тело креће или мирује. Ако човек у вагону баци неки предмет увис, предмет ће се за њега кретати по правој линији без обзира да ли се вагон креће или мирује. Замислите шта би било да није тако. Како би могао да се игра фудбал, тенис и остале игре са лоптом ако би се, сваки пут када лопта полети у ваздух, Земља померала испод ње брзином од 30 km/s .

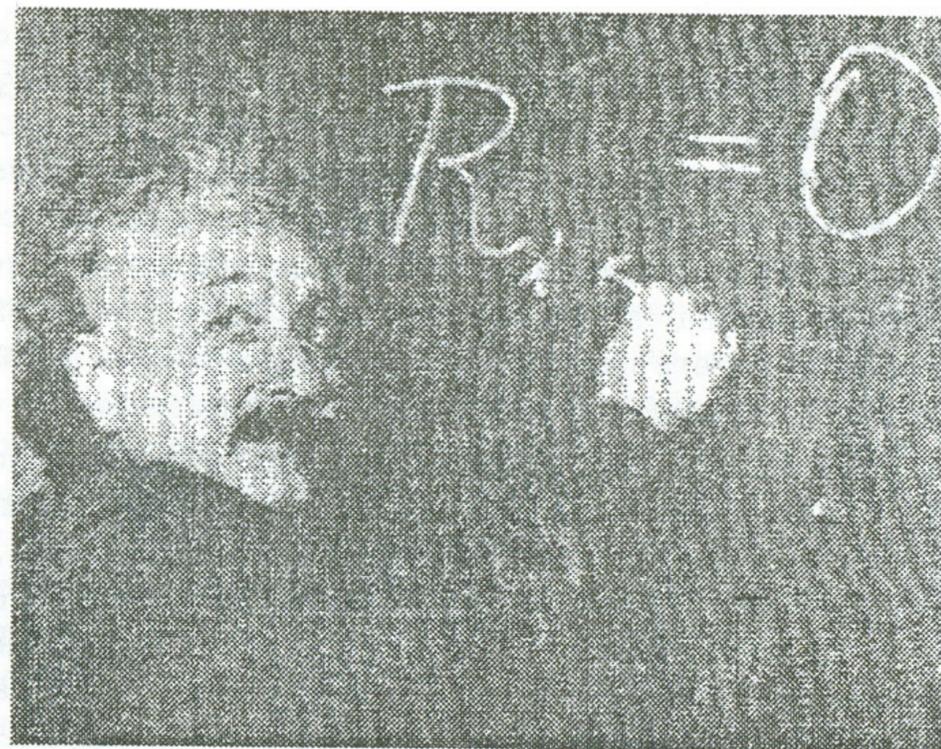
Године 1905. млади службеник Швајцарског патентног бироа, Алберт Ајнштајн, објавио је чувени чланак у коме је изложио основе такозване Специјалне теорије релативности. Она каже да човек у унутрашњости вагона не може да установи његово равномерно кретање не само помоћу механичког огледа него ни оптичким путем. Да бисмо установили да ли се вагон креће, морамо да погледамо кроз прозор, али ни тада не можемо да кажемо да ли се креће вагон или објекти које видимо. Најбољи закључак је да се вагон и пејзаж налазе у стању релативног равномерног кретања.

Овакве последице непосредно произлазе из закључака које Ајнштајн назива основним постулатима своје теорије:

1. *Нема начина да се установи да ли се тело налази у стању мировања или равномерног кретања.*
2. *Светлост се кроз вакуум увек креће константном брзином независно од кретања извора.*

Ова два постулата су, према мишљењу већине тадашњих физичара, противречила један другом. На основу њих може се закључити да време и дужина нису апсолутни, него да зависе од релативног кретања објекта и посматрача. Са становишта класичне физике овакав закључак је изгледао као одступање од здравог разума. Физичари су сматрали да се само по себи разуме да у целом космосу тече једно, универзално време. То их је онемогућавало да формулишу једну такву теорију, али не и Ајнштајна, који је схватио да експерименталне чињенице које се нису уклапале у законе класичне физике постају објашњиве ако се напусти појам апсолутног времена.

Ајнштајн је показао да има смисла говорити само о месним време-



Алберт Ајнштајн

нима. Сви се ми, заједно са Земљом, крећемо кроз простор једнаком брзином и наши сатови показују исто време, које се зове сопствено време посматраног објекта. Зато на Земљи појам истовремености два догађаја има смисла. Међутим, ако су догађаји просторно веома удаљени, у космичким размерама, често је немогуће рећи који се догађај десио „пре“ а који „после“, јер одговор зависи од кретања посматрача у односу на ова два догађаја. Замислимо да су са неке звезде, удаљене три светлосне године, лансирана према Земљи два космичка брода, од којих се један креће брзином малом у односу на светлосну, док је брзина другог блиска овој брзини. Ако се на Земљи, годину дана после лансирања, деси неки догађај, по приспећу „спорог“ брода његова посада ће сматрати да се догађај одиграо после њеног поласка на пут. За посаду брода који се креће брзином блиској светлосној, пут ће према часовницима на броду трајати знатно краће, можда неколико недеља или неколико месеци. Када на Земљи чују да се посматрани догађај одиграо пре више од две године, сматраће да је то било пре њиховог поласка на пут, што се не слаже са закључком прве посаде.

Осим времена, релативна је постала и дужина неког објекта. На пример, ако се два космичка брода мимоилазе, посматрач са сваког од њих ће сматрати да се други брод скратио у правцу свог кретања.

При брзинама којима се крећемо у нашем свету, резултат ове појаве је занемарљив, али када брзине почињу да се приближавају светлосној, скраћење посматраног објекта се увећава. Може да се постави питање: Како је то могуће да је сваки од посматраних бродова краћи од другог? Али то није добро питање. Теорија не каже да је неки брод краћи, него да ће посматрачи на оба брода приликом мерења доћи до резултата да је онај други брод краћи. То је као да између два посматрача ставимо огромно сочиво удубљено са обе стране. Сваки од посматрача ће приметити да се онај други смањило.

Поред релативистичких промена времена и дужине, јавља се и промена масе. Ако се маса не би мењала са увећањем брзине, непрекидно дејство силе (на пример потисак ракетних мотора) довело би до сталног увећања брзине, која би могла да надмаши светлосну. Међутим, то се неће десити. Што се тело брже креће, његова релативистичка маса ће се увећавати у истој мери у којој се скраћује његова дужина и успорава време. Ако се, на пример, његова маса после достизања одређене брзине увећа сто пута, биће потребна и сто пута већа сила да би брзина расла у истој мери као и раније. Сама брзина светлости никада неће бити достигнута. Ако би космички брод постигао такву брзину, његова маса би била бесконачна, дужина би се смањила до нуле а време би унутар брода стало.

Важан закључак Специјалне теорије релативности је и могућност претварања масе у енергију и обратно. Ајнштајн је на основу ове теорије добио чувену релацију између масе и енергије ($E = mc^2$, где је E енергија, m маса, а c брзина светлости). Ова релација показује да се и помоћу мале количине масе може добити чудовишна количина енергије. Експлозија атомске бомбе, на пример, настаје када се део масе бомбе тренутно претвори у енергију.

Пошто је објавио Специјалну теорију релативности, Ајнштајн је даље наставио да се бави проблемом могућности или немогућности одређивања апсолутне брзине. Ако се космички брод равномерно креће, путник то не мора да примети, али ако почне да се убрзава, путник ће осетити силу инерције. Да ли постојање ове силе доказује да се ракета креће? Над овим проблемом Ајнштајн је размишљао следећих једанаест година. Године 1916. објавио је Општу теорију релативности која разматра и релативност убрзаног кретања. Општа теорија релативности је много шира од Специјалне, коју обухвата као посебан случај. Често ову теорију резимирају на следећи начин: Класична физика је показала да не постоји механички оглед којим би

посматрач утврдио да ли мирује или се креће равномерно и праволинијски. Специјална теорија релативности је уопштила овај закључак на оптичке експерименте (електромагнетно зрачење). Општа теорија релативности разматра случај неравномерног кретања, закључујући да не постоји експеримент који би помогао посматрачу да установи да ли се налази у стању апсолутног мировања или да одреди своју апсолутну брзину. У основи оваквог закључка лежи такозвани принцип еквивалентности, који утврђује да је сила инерције исто што и хомогено (тј. константно по величини и правцу) гравитационо поље. Замислите космички брод који се креће константним убрзањем. Ако је ово убрзање једнако убрзању тела које слободно пада на Земљу, људи на броду ће се осећати као у гравитационом пољу Земље. Ако брод нема везе са спољашњим светом, посада неће знати да ли се креће убрзано кроз космос или мирује у гравитационом пољу неке планете сличне Земљи. С друге стране, ако посада погледа изван брода, моћи ће са истим правом да каже да се звезде и галаксије крећу убрзано у супротном смеру. Ово убрзано кретање ствара гравитационо поље које делује на људе у броду. Посади је једноставно zgodније да сматра да је Васиона у миру. У ствари, нема никаквог апсолутног кретања. Постоји само релативно кретање брода и осталих објеката око њега. Услед таквог релативног кретања настаје поље, које можемо да сматрамо инерционим или гравитационим у зависности од тога где се налази посматрач.

Из свега произлази да ни апсолутна брзина, као ни апсолутно мировање, не могу да се утврде. Не постоји ни апсолутно, универзално време. Често се може чути да је теорија релативности срушила све „апсолутности“ у физици. То није тачно. Она је само релативизирала појмове који су раније сматрани као апсолутни, уводећи при томе нове апсолутности. У класичној физици, брзина светлости је била релативна, јер се очекивало да се она мења у зависности од кретања посматрача. У теорији релативности, брзина светлости је постала апсолутна. Без обзира како се крећу извор светлости и посматрач, брзина светлости у односу на посматрача је увек иста. [МФ-18]

ФИЗИЧКО ПОЉЕ

Љубе Ристовски, Физички факултет, Београд

Не случајно, често се поставља питање зашто је савремена физика много мање доступна и разумљива „обичним“ људима од физике коју данас, углавном, називамо класичном. Тачно је да су савремене

теорије компликованије и апстрактније, али то не може бити одговор на постављено питање, јер ни теорије класичне физике нису толико једноставне да могу бити разумљиве за оне којима физика није основни предмет интересовања. Можда одговор треба тражити у чињеници да савремене физичке теорије разматрају појаве које нису непосредно доступне нашим чулима, а у много чему и противрече свакодневном искуству и усвојеној слици света. Да би понешто разумео од онога о чему говори квантна механика, квантна електродинамика или теорија релативности човек, ако није физичар, мора имати бујну машту. Можда и нешто више од тога.

Појам физичког поља, с обзиром на то да је уведен још у XIX веку, погодан је пример за илустровање онога што је речено у уводу. Првобитна дефиниција тог појма и оно што је она садржала је, бар тако се чини, лако схватљива за сваког. Али кренимо од самог почетка.

Посматрамо две наелектрисане куглице, које се налазе на међусобном растојању r . Сила међусобног деловања једнака је

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

То је добро познати Кулонов закон. Узмимо сада да је прва куглица (q_1) фиксирана, а да другу куглицу померамо из једне тачке простора у другу. У свакој тачки на њу ће деловати сила, која је дата Кулоновим законом. Ако прву куглицу (q_1) заменимо ненаелектрисаном куглицом, а другу куглицу наставимо да померамо, приметимо да сада на њу не делује никаква сила. Закључак: Својства дела простора у коме се налази наелектрисана куглица се разликују од својстава простора у коме не постоји наелектрисање. Наелектрисана куглица ствара око себе електрично поље. Електрично поље има то својство да у свакој тачки дела простора у коме оно постоји на унета наелектрисања делује сила која је одређена Кулоновим законом.

Према томе, уместо да кажемо да две наелектрисане куглице међусобно делују силом која је дата Кулоновим законом, можемо рећи да једна од куглица (било која) ствара електрично поље, а ово делује на другу куглицу која се у њему налази. Основна карактеристика електричног поља је јачина електричног поља E . Дефинише се као однос силе, која делује на наелектрисање, и самог наелектрисања

$$E = \frac{F}{q}.$$

У свакој тачки простора, у коме електрично поље постоји, јачина електричног поља има једну одређену вредност. То је управо дефиниција физичког поља.

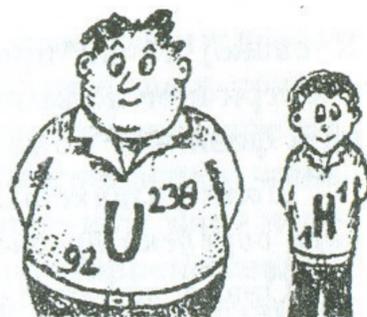
Поље физичке величине A је део простора у коме свакој тачки одговара одређена вредност те величине.

Овако дефинисан и са оволико детаља објашњен појам физичког поља је заиста прихватљив и за оне које физика превише не интересује. Све је у потпуној сагласности са свакодневним искуством. Али, и у ономе што смо рекли, иако то свако не види, крије се много више. То што није казано, али се може видети, основни је разлог увођења појма физичког поља, и разлог због кога појам поља постаје апстрактнији. Пре свега, ако је реч о електричном пољу, није тешко закључити да је поље преносник дејства. Наелектрисање створи електрично поље, а захваљујући њему у стању је да „осети” присуство било ког другог наелектрисања и да на њега делује. Поставља се питање којом се брзином преноси деловање? Одговор је: брзина преношења деловања не може бити већа од брзине светлости.

Следеће питање, које се само намеће, је начин преношења деловања. На који начин се деловање преноси? Ту морамо да станемо, јер није могуће да се на разумљив начин да одговор на постављено питање. Нисмо сигурни да ћете бити задовољни ако кажемо да је, на пример, електрично поље скуп од бесконачно много фотона и да наелектрисања интерагују тако што емитују и апсорбују фотоне. Значи фотони су преносиоци дејства, поље у вакууму није празан простор него материјално јер га чини бесконачно много фотона итд. Како видите, само два питања су довољна да појам електричног поља у великој мери учине апстрактним и неразумљивим. Фотони, њихова апсорпција и емисија и сличне ствари су далеко од свакодневног искуства и тешко схватљиве за оне који бар нешто не знају о савременој физици. Нисмо споменули никакву компликовану савремену физичку теорију, него нешто што је много пута експериментално потврђено.

Међутим, реч је о појавама чије је посматрање доступно само онима који се физиком баве, али не и осталима. Према томе, појам физичког поља не можемо да објаснимо на задовољавајући начин, не зато што се он описује неком компликованом физичком теоријом, иако је и то тачно, него зато што његова дефиниција често садржи и појмове који се односе на појаве недоступне свакодневном људском искуству.

ФИЗИКА ДАНАС



ГДЕ ПРЕСТАЈЕ КЛАСИЧНА И ПОЧИЊЕ КВАНТНА ФИЗИКА

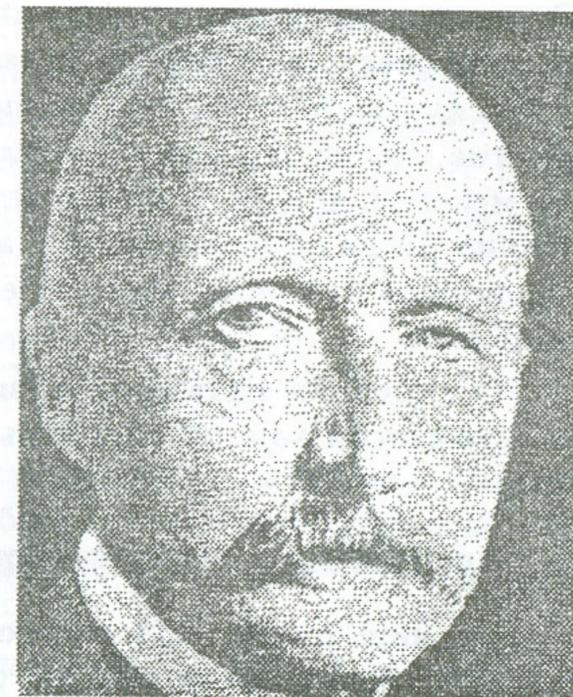
Петар Грујић, Институт за физику, Земун

Мали је парадокс да је идеја о квантној (дисконтинуираној) природи материје потекла из „класичне“ антике, старе Грчке. Иако је савремена физика оповргла Демокритово схватање да су најмањи састојци хемијских елемената недељиви, то никако не значи да је појам „квант“ модерног порекла. Данас знамо да су стари филозофи тражили „атоме“ на погрешном месту. Уосталом, није се ни могло очекивати да се чистим размишљањем дође до појма „дејства“, фундаменталне величине у квантној физици, за коју је нађено да поседује коначну границу — квант.

Када је тридесетих година овог века дата формулација данашње квантне механике, изгледало је да су области важења класичне и квантне механике јако разграничене. У ствари, показало се да је класична физика само апроксимација квантне, и да је данашња коегзистенција „ове две слике материјалног света само резултат ‘добре воље’ таласне механике”. Још и пре појаве квантне механике физичари су били свесни чињенице да примена инфинитезималног рачуна у физици има услован карактер и да, на пример, диференцијална форма Максвелових једначина у електродинамици одражава тачно (тадашњу) слику континуиране природе електромагнетског поља, за разлику од, рецимо, Максвелове функције расподеле, која даје само апроксимативан опис понашања дискретне материје.

Сличан однос данас постоји између класичне механике, која се бави макросветом, и квантне механике, која даје тачну слику односа у микросвету. Разлика је само у томе што се сматра да закони квантне механике важе у нашем свакодневном свету и да се сви експериментални подаци могу, посредством статистичке физике или директно, објаснити језиком света малих димензија, док је сам микросвет неприкосновено подручје квантне механике. Овде смо, намерно, рекли „сматра”, јер је питање — где престаје класична и почиње квантна физика

— баш тема овог написа. Да је ово питање још увек актуелно показује велики број радова који се последњих година појављују и према којима изгледа да класична физика доживљава на изванредан начин ренесансу, у сваком случају у једној области — атомској физици. У том домену примене класичне физике нарочито је активан И. Персивал, професор на Стирлиншком универзитету у Шкотској, са својим сарадницима и наше даље излагање биће базирано на његовом семинару са темом „Када је физика класична?”, одржаном почетком седамдесетих година у Лондону.



Идејни савременици: Демокрит и Планк

Постоји више еквивалентних дефиниција области важења класичне физике. Најуобичајеније је упоређивање дејства с којим се оперише са Планковом константом h , па ако је тај однос довољно велики, проблем се може третирати и класично. Међутим, како у физици не постоје „велике” и „мале” величине, већ само веће и мање, прелаз са квантне на класичну механику може се, формално, извршити на два начина:

- I Узимањем да је дејство система који се третира велико (у односу на h);
- II Бирањем мале јединице за дејство.

У ствари, практично се користи ова друга могућност, па се каже да квантни закони прелазе континуирано у класичне када $h \rightarrow 0$ (пошто је h „природна” јединица за дејство). То и јесте случај тзв. *принципа*

кореспонденције, који дефинише област важења класичне и квантне механике у исто време. Код разних физичких проблема овај принцип се изражава на различите начине. Најпознатији је пример спектра атома водоника, који се при великим вредностима главног квантног броја ($n \gg 1$) може третирати и класично, тачније, када $n \rightarrow \infty$ оба третмана дају идентичне резултате.

Битна особина „принципа кореспонденције” је да се оба метода слажу само за једну вредност параметра (на пример, n код водониковог атома). Према томе, „једначина” има само једно решење ($n \rightarrow \infty$). Отуда се, природно, намеће питање: *постоје ли читаве области које се могу описати подједнако адекватно и класично и квантномеханички, а не само за поједине вредности физичке величине у питању?* Другим речима, да ли једначина — класични резултат = квантни резултат — може да пређе у идентитет? Позитиван одговор на ово питање значио би да се неке појаве у атомској физици могу третирати чисто класичним методом, што може да води до знатног поједностављења проблема.

Одговор на питање је позитиван. Овде ћемо навести три такве идентичности које су установљене још у раним данима квантне механике.

1. Радерфордова идентичност

То није ништа друго него Радерфордова формула за расејање алфа-честица на атомским језгрима. Енглески физичар ју је извео под претпоставком да се честице покорављају законима Њутнове механике и њену ваљаност демонстрирао је експериментом. Формула даје диференцијални пресек у функцији угла расејања:

$$d\sigma = \frac{1}{4} \frac{Z_1 Z_2 e^2}{2E} \frac{d\vartheta}{\sin^2 \frac{\vartheta}{2}}$$

Квантна механика, с друге стране, даје потпуно исти резултат не само за овај специјалан случај већ и за расејање било какве две (неидентичне) наелектрисане честице. Међутим, уколико се погледа како се у овом случају добија пресек, очевидно је да су то два потпуно различита третмана, под различитим физичким претпоставкама. Овде треба истаћи да, иако се ради у непрекидном енергетском спектру, угаони момент система је квантован.

2. Бор–Зомерфелдова идентичност

То су Борови квантни закони, дефинисани преко класичног дејства водониковог атома:

$$\int S dl = n \cdot h.$$

Из формуле се јасно види да она важи за свако n . Исти закон добија се решавањем одговарајуће Шредингерове једначине.

3. Фокова идентичност

Познато је да атом водоника не поседује сферну симетрију у импулсном простору. Међутим, ако се пређе на четвородимензионалну хиперсферу у простору са димензијама p_x , p_y , p_z и p_n , где је $p_n = \sqrt{2mE}$, при чему су m и E маса и енергија електрона, добија се функција расподеле у новом простору

$$\sigma(p) = \frac{\text{const}}{(p^2 + p_n^2)^4}.$$

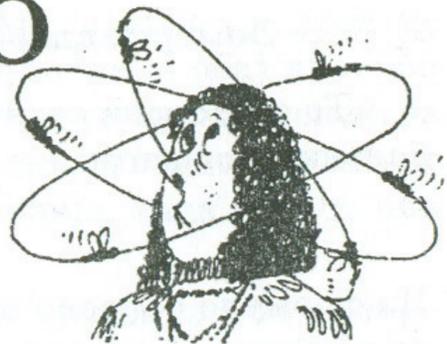
Како формула важи за свако n , важи и када $n \rightarrow \infty$, па према принципу кореспонденције требало би да се добије и класичним третманом. И заиста, ова расподела изведена је класичним методом. Учинио је то Омидвар.

У наведеним идентичностима запажа се заједничка карактеристика: све се односе на системе који интерреагују са Кулоновим силама. Питање да ли постоје сличне релације и код других потенцијала, остаје отворено. Досадашња пажња физичара углавном је сконцентрисана на потенцијале типа r^{-2} и за тај, у атомској физици веома важан случај, добијени су неки значајни резултати. Њихово стављање у шири контекст, уопштавање, води формулацији тзв. *генерализаног принципа кореспонденције*. [МФ–29]

Да ли знате ...

- да је Исак Њутн први научник који је добио племићку титулу 1730. године.

ЖИВОТ И ДЕЛО



МУЗИКАЛНОСТ НИЛСА БОРА

Душан Коледин, Медицински факултет, Београд

Испрва је Ајнштајн, коментаришући Борове постулате, говорио: „Ако је све то тачно, онда је то — *крај физике.*” Касније се, ако не кориговао, оно бар допунио: „Било је то као да тло нестаје под ногама и нигде се није могао сагледати терен на коме би се дало градити. Мени је увек изгледало чудно да је та несигурна основа, пуна противречности, била довољна да Бору, човеку генијалне интуиције и префињених осећања, омогући изналажење основних закона спектралних линија и електронских омотача атома, укључујући и њихово значење за хемију. То ми се и сада чини чудом. Највећа је то *музикалност у простору мисли.*”

Нека нам бар уверење да моћ музике надокнађује немоћ рећи буде одбрана редова који следе.

Последње деценије прошлог века: прерано преминули Максвел почива крај села Пертон, Шкотска; у лабораторији Хелмхолцовог асистента, Хајнриха Херца, успешно се између електричног осцилатора и металног резонатора таласају електромагнетски таласи; Болцман, теоријски доказујући Штефанов закон о укупном зрачењу апсолутно црног тела, заокружује класичну кинетичку теорију топлоте; Бунзен и Кирхоф откривају да атоми могу апсорбовати само светлост оних фреквенција које иначе и сами емитују; швајцарски наставник физике Балмер изучава редослед спектралних линија атома водоника и *само* срећно погођеним математичким изразом квантитативно описује њихов редослед; Рентген зрацима који данас носе његово име фотографише скелет шаке; Анри Бекерел открива да једињења у којима има урана емитују неке невидљиве зраке који пролазе кроз црну хартију, чак кроз затворену фотографску касету, а Марија Кири, девојачко Склодовска, открива до тада непознати елемент који назива полонијумом... Коначно, Макс Планк формулише хипотезу о квантима енергије.



NIELS BOHR

Нилс Бор је рођен у Копенхагену 1885. године, управо када је поменути Балмер срећно погодио *формулу по којој се ређају спектралне линије атома водоника.* Отац Боров, Кристијан, био је професор физиологије, што је могло имати утицаја на сина, с обзиром на позније Борово интересовање за могућности прилаза физичара биологији. (Један од млађих сарадника Нилса Бора, Макс Делбрик, добио је Нобелову награду за медицину 1969. године.) Други Кристијанов син, Харалд, такође је интонирао „кућну” атмосферу Борових. Био је, наиме, изврстан математичар. Двадесетшестогодишњи Нилс Бор одбранио је у Копенхагену докторску дисертацију у којој је, са становишта постојеће теорије електрона, испитивао електричну и термичку проводност метала. Иначе, те године Радерфорд је објавио *планетарни модел атома.* Борова дисертација је преведена на енглески, што је био добар аргумент за стипендију и постдокторске студије у Кембриџу и Манчестеру.

Те године као да се сва физика стекла баш тамо, у Кембриџу и Манчестеру: у Кевендиш лабораторији, Кембриџ, Бор је слушао предавања Ц. Ц. Томсона који је, независно од Перена и на други начин, одредио наелектрисање и масу електрона; потом је Бор прешао

у Манчестер, у лабораторију Ернеста Радерфорда, с којим су на оним чувеним експериментима расејања алфа-честица на атомима сарађивали Гајгер, Мозли, Чедвик, Марсден и др. Наиме, када је Бор стигао у Манчестер, Радерфорд је већ извео формулу за судар две наелектрисане честице коју су бројни експерименти недвосмислено потврдили. Планетарни модел атома такође је већ био уобличен: око позитивно наелектрисаног језгра, у коме је сконцентрисана готово целокупна маса атома, круже, круже круже... негативно наелектрисани електрони. С друге стране, још је од Максвелла било познато да наелектрисања која се крећу променљивим брзинама зраче електромагнетске таласе. Међутим, док „Максвелова” наелектрисања у покрету зраче свим могућим фреквенцијама, Балмерова формула, у складу са експерименталним подацима о спектрима, „бира” строго одређене учестаности зрачења!?

Противречност између Радерфордовог модела атома и класичне електродинамике била је евидентна: На који начин се у атомима, основним саставним деловима материје, крије изворни механизам свих видљивих појава? Како помирити класичну физику с хипотезом о квантима енергије и везу начинити шире оперативном од Планковог рачуна енергије зрачења црног тела? Какав је физички садржај Балмеровог израза по коме се строго, увек на исти начин ређају спектралне линије атома водоника? Уосталом, зар није цинк увек цинк, водоник увек водоник...? Због чега атоми елемената показују чудесну постојаност својих својстава? Ко зна шта се све још Бор питао пре него што је 1913. године објавио троделни чланак *О саставу атома и молекула* (On Constitution of Atoms and Molecules, Phil. Mag., vol. 26, /1/, /476/, /857/) с постулатима:

- I Електрон кружи око језгра по стационарној (кружној) орбити, не зрачећи при томе.
- II Електрон може да пређе са једне стационарне орбите на другу (са нижом енергијом), при чему зрачи електромагнетске таласе фреквенције ν дате формулом $h\nu = E_n - E_m$, $n > m = 1, 2, \dots$, где је h Планкова константа, а E_m и E_n су енергије електрона на нижој и вишој орбити.

„Природа не чини скокове” — преварио се још Аристотел. И сам Радерфорд је испрва сумњичаво вртео главом над захтевима млађег колеге. Ипак, први и одлучујући тест нове теорије било је успешно нумеричко репродуковање тзв. Ридбергове константе која фигурира у Балмеровој формули. Бору то није било довољно: слободан елек-

трон у спољашњем електричном и магнетном пољу, на пример, на задовољавајући начин се описује класичном електродинамиком; везани, атомски електрон — не; Ридбергову константу могућно је израчунати и методама старе теорије... *Где заправо почиње квантна, а престаје класична физика?*

Логичко је правило да се нова, шира физичка теорија може исказати независно од теорије која је ужа и представља само њен део или гранични случај. Илустрације ради, релативистичка механика може се формулисати из својих основних принципа, без позивања на њутновску механику која је, у области брзина много мањих од брзине светлости, њен гранични случај. Квантна механика је, међутим, изузетак: она садржи класичну механику као гранични случај, али се без ње не може засновати. Квантна механика и класична механика *кореспондирају*. Та „преписка” је пуним садржајем отелотворена у акту мерења, при чему се под мерењем подразумева сваки процес узајамног деловања класичног и квантног објекта. Дубоки смисао мерења у квантној механици описао је Нилс Бор.

Све је то, разуме се, био само изузетно добар почетак. Бор је у Копенхагену 1918. године основао Институт за теоријску физику. Заправо, и више од тога: та је институција данас позната као *Копенхашка школа*. У њој је и око ње до тридесетих година нашег века уобличен моћан метод изучавања света микрочестица — квантна механика. Школу су, иначе, у својству „ученика” и „наставника” у исти мах, редовно или повремено, „похађали” Зомерфелд, Еренфест, Хајзенберг, Борн, Жордан, Гаудшмит, Уленбек, Паули, Дирак, Ландау...

Када су Немци 1943. године окупирали Данску, Бор је чамцем пребегао у Шведску. Америку, међутим, није могао да избегне. Вероватно у савезничким архивама постоје подаци о околностима под којима је Бор, заједно са Лизом Мајтнер и Фришом, преко Лондона отпутовао за Америку. Тек, зна се да је са Вилером успешно разрадио теорију цепања атомског језгра. Такође се зна да су Хирошима и Нагасаки несрећно послужили као „експериментални” полигон, а и да је Бор био иницијатор конференције „Атоми за мир”, која је 1955. године одржана у Женеви.

Нилс Бор је умро у Копенхагену, новембра 1962. године. [МФ-20]

МИХАИЛО ПУПИН (1854 — 1935)

Душан Ристановић, Медицински факултет, Београд

Михаило Пупин је рођен 1854. године у селу Идвору (југозападни Банат) као девето дете у породици. Његов отац је важио за примерног домаћина, разборитог човека и строгог оца. Мајка је уживала углед паметне и енергичне жене, тако да је у Идвору била веома цењена и омиљена. Када је Михаило завршио основну школу у Идвору, по мајчиној жељи отац је пристао да сина даље школује у Панчеву. Па и поред тога Михаило је добро познавао земљорадничке послове. У свему је био примеран, а по нарави тих и доброћудан. Радо се играо с друговима. У својој торбици увек је носио књиге и читао их је док је стока пасла по пространој банатској равници.

Пупин је увек с посебним поштовањем говорио о својим професорима који су му предавали у панчевачкој гимназији. Запамтио је свог професора физике као одличног педагога који је од првог момента успео да га заинтересује за физику. Пупин је био изванредан ученик издвајајући се натпросечним способностима, марљивошћу, великом упорношћу и посебно израженим смислом за науку.

Као седамнаестогодишњи младић истицао се и својим напредним идејама. Пошто је учествовао у првомајским демонстрацијама против аустријске власти, био је принуђен да своје школовање настави у Прагу. И овде је убрзо стекао много пријатеља Чеха, са којима је учествовао у сукобима са немачким ученицима. Ова међунационална трвења и посебно материјалне тешкоће у које је убрзо запао знатно су утицали на његов рад и успех у школи. Веома скромна стипендија панчевачке општине била је недовољна за нормалан живот у великом граду. Зато је Пупин одлучио да пође у Америку и тамо покуша да започне нови живот.

Да би прикупио новац за пут, Пупин је продао готово све што је имао: одело, сат, књиге... У Њујорк је стигао 1874. године и у првих пет година уложио је много физичког напора да би преживео у страниј средини. Радио је као физички радник на њиви или на истовару робе са бродова. Повремено је уносио угаљ у подруме, цепао дрва, бојадисао бродове итд. После више од две године овог мукотрпног рада успео је да добије сталан посао у једној фабрици. То му је омогућило да посећује вечерњу школу и да се тако припрема за студије.

Године 1879. положио је пријемни испит за упис на Колумбија-универзитет у Њујорку, који је бриљантно завршио за 4 године. Тада је примио и америчко држављанство. Као одличан студент добио је

стипендију за наставак студија из математике и физике у Кембриџу (Енглеска) и Берлину, где је одбранио своју докторску дисертацију.

Пупин је увек нагињао наставничком позиву. Зато је 1889. године, по повратку у Америку, изабран за професора математичке физике у Одељењу за електромеханику на Колумбија-универзитету. Данас се ово одељење назива *Пупинова физичка лабораторија*. Као активан професор радио је пуних 40 година. Његова предавања су била јасна и убедљива. Својим широким знањем, ревношћу и одличним начином излагања стекао је међу својим студентима велики углед. Његови ђаци су били Миликен, Ленгмир и многи доцније славни физичари.

Упоредо с наставом Пупин се бавио и научно-истраживачким радом, тако да је већ после једне деценије стекао углед великог научника и проналазача на пољу физике и електротехнике. Његови научни резултати из физике односе се на проблеме пролаза електрицитета кроз разређене гасове, истраживање Рендгенских зрака и анализе појава електричне резонанције. Међутим, претежни део Пупинових проналазака је из електротехнике, посебно из телекомуникација (преноса сигнала на даљину). У том смислу он је проучавао генераторе електричне струје и рад електромотора. Његов највећи допринос је у телефонији на даљину. Наиме, иако је телефон у Пупиново доба освајао свет, његов домет је био сразмерно мали. У светској јавности Пупин је постао чувен када је патентирао свој систем телефоније и телеграфије на великим даљинама који је реализован помоћу посебних индукционих калемова. Ти калемови су данас познати као *Пупинови калемови*, а поступак њиховог постављања дуж телефонских каблова, као *пупинизација*. Тиме се домет преноса сигнала увећао неких десетак пута. Пупин је дао теорију простирања електричних таласа дуж проводника. Према њој следи да је пренос електричног сигнала потпунији и бољи што је капацитет проводних каблова мањи и индуктивитет већи. Тај повећани индуктивитет остварен је помоћу *Пупинових калемова*.

Пупин је био члан многих академија наука а добио је и бројна одликовања. Због успомене на свог дугогодишњег и заслужног професора Колумбија-универзитет је 1958. године установио јубиларну медаљу „Михаило Пупин“ која се додељује истакнутим научницима за ванредне заслуге. У његову част наш угледни институт за телекомуникације у Београду назива се Институт „Михаило Пупин“.

После повлачења са универзитета Пупиново здравље је нагло почело да се нарушава. Ускоро је морао да оде у болницу. Умро је 1936.

године у Њујорку. Његовој сахрани присуствовао је и Никола Тесла.

Пупин се никада није отуђивао од обичаја свог краја: поштовао је традиције и моралне вредности народа из кога је поникао. Истичући ово у својој аутобиографији *Са пашњака до научника* он каже: „Томе су ме научили моја мајка и они неписмени сељаци на поседима у Идвору. Никаква друга наука није на мене оставила дубљи утисак”.

Пупин спада у људе који су као истраживачи дали све од себе. Својим животом и радом Пупин је потврдио сопствене речи да „ништа човека не чини толико срећним као његово поштено уверење да је учинио све што је могао, улажући у свој рад своје најбоље способности”.

[МФ-II/3]

АМПЕР

Душан Коледин, Медицински факултет, Београд

Ако изван фактографског и досадног, педагошког и убеђивачког, постоји историја стваралаштва, и ако је правило да се великим, револуционарним научним доприносима испрва пружа отпор, да они не налазе одговор у друштву свога времена, онда је Андре Мари Ампер изузетак, више од погодне илустрације стваралачко-друштвеног континуитета. Вероватно нема много позванијих и једноставнијих коментара научне атмосфере прве половине прошлог века, до Максвеловог: „С једне стране, научници су се већим еланом посветили изградњи науке о електрицитету, а с друге, људи праксе су научили да цене научна знања...”

Изузетни Ампер је рођен на селу, недалеко од Лиона, јануара 1775. године. У то време је, иначе, већ било толико теорија о природи електрицитета колико и уважених експериментатора у овој области: Хоксби, Греј, Дезагилије, Дифеј, Симер, Ноле, Ватсон, Франклин... Када је Амперу било пет година, филозоф и уредник Дидро и математичар и писац предговора Даламбер припремили су за штампу тридесет пету књигу *Енциклопедије или образложеног речника наука, уметности и заната*. Отуда је Ампер био у ситуацији да „Енциклопедијом” спонтано, изван школе, усмери своје образовање на прави начин. С друге стране, док је он проучавао „дубок, свеобухватни филозофски интерес... пун живихности, општи и конкретан поглед на свемир” француских материјалиста, угледни физичар Шарл Кулон је увелико експериментисао са торзионом вагом за чије су крајеве биле причвршћене оне чувене наелектрисане куглице од зовине сржи; Луиђи Галвани, професор медицине из Болоње, након брижно аранжираних



ANDRÉ MARIE AMPÈRE

експеримената са жабљим екстремитетима, објавио је „Трактат о електричним силама при кретању мишића”; Алесандро Волта, земљак Галванијев, саопштио је у препуној дворани Француског националног института у Паризу о механизму претварања хемијске енергије у електричну, о првом контролисаном извору електричне струје; Волтине експерименте је успешно и брзо репродуковао млади професор Жан Био, Наполеон је наградио Италијана, а Национални институт из Париза је установио две велике новчане награде за најбоље радове у новој области физике... У то време је Андре Мари Ампер још студирао, као и његов дански колега Ханс Христијан Ерстед. Ампер је од 1807. године предавао физику и хемију, прво у Буржу, затим у Политехничкој школи и на Француском колеџу у Паризу. Ерстед је, отприлике у исто време, у Копенхагену започео предавања из електрицитета, галванизма и магнетизма.

Копенхашки професор је имао уредну бележницу с насловом *Свеска чињеница*. Поред цитата из старе Цилбертове књиге „О магнету, магнетним телима и о великом магнету Земљи”, било је занимљивих одломака из бродских дневника или чак новинских написа: „... Брод ‘Квин’ се јула 1681. године, у време буре, приближавао рту Код.

Један ударац муње је погодио брод и знатно га оштетио. У току ноћи, када су чланови посаде проверавали курс брода према положају звезда и стању бродских компаса, установљена је необична чињеница — од три компаса, два су показивала на југ, уместо на север, а трећи на запад!" Или: „... Један трговац сместио је у угао своје радње у Векфилду велики сандук напуњен ножевима, виљушкама и другим предметима од гвожђа и челика. Изненада, јула 1731. године, размахнула се снажна олуја. Муња је ударила у радњу и разбацала све ствари из сандука. Метални предмети, од којих су многи били видно отопљени, постали су јако намагнетисани..." Међутим, „Свеска чињеница” била је пресудно обogaћена опаском једног Ерстедовог студента — *када се затвори струјно коло, магнетна игла у близини проводника електричне струје бива отклоњена у страну, скреће!?* Пошто је забележио ову чињеницу, Ерстед је пола године марљиво експериментисао. Јула 1820. године објавио је књигу *Огледи који се односе на деловање електричног конфликта на магнетну иглу.*

Питања облика и природе везе електричних и магнетних појава била су готово искључиви садржај преосталих шеснаест година Амперовог живота. Систематски настављајући експерименте на Ерстедовој линији, академик Ампер је 1822. године објавио рад који је већ насловом указивао на могућности нове области физике, али и на припадност моћној њутновској традицији у најширем смислу — *Збирка електродинамичких посматрања.* Чињеница да се око наелектрисања у покрету, око проводника електричне струје ствара магнетно поље, разуме се, у основи је свих у чланку приказаних посматрања. Описани су огледи који показују да је помоћу дефлекционе магнетне игле могућно одредити смер струје кроз проводник — Амперово правило пливача. (У савременим уџбеницима физике оно је замењено „опасним” правилом десне руке, јер његова несмотрена демонстрација може довести до болних ишчашења; на срећу, на вишем уџбеничком нивоу нуди се сасвим безболна алтернатива: тзв. векторски производ.) Приказани су и експерименти из којих се види да се два паралелна покретљива проводника привлаче или одбијају, већ у зависности од тога да ли електричне струје у њима имају исти или супротан смер. Иначе, овај оглед осведочио се својом далекосежношћу, с обзиром да су га савремени метеоролози искористили за дефиницију јединице јачине електричне струје, која из евидентних разлога носи Амперово име. Уз све то, најзначајнији су његови експерименти са великим кружним струјама у свим лабораторијским реализацијама: правоугаоне струје „обешене” о тзв. Амперов статив, једноструки

кружно савијени проводници, солениди са или без гвозденог језгра... Опаска да се кружна жичана коврца кроз коју пролази електрична струја понаша као магнетни дипол завредеће више од непосредно практичног.

Наиме, 1830. године Андре Мари Ампер објављује други и последњи чланак — *Теорија електродинамичких појава.* Већ поменуто малу металну коврцу кроз коју пролази електрична струја, као и одговарајући и од ње неодвојиви дипол, Ампер је (ко зна како!?) „видео” на молекуларном нивоу: у немагнетичној гвозденој шипци равни молекуларних кружних струја оријентисане су насумично, у разним правцима, услед чега се њихова дејства у укупном износу потиру; у сталном магнету или гвозденом језгру соленида све кружне струје оријентисане су у истом смеру, због чега се њихова дејства унутар метала међусобно потиру; међутим, дејства кружних струја које немају симетричних „суседа”, око молекула при површини магнетичне гвоздене шипке, не потиру се и резултирају у великом магнетном диполу. Доследни Амперов следбеник и земљак Ланжвен се знатно касније, тумачећи парамагнетизам надовезао на то објашњење и обогатио га примесамa статистичког садржаја.

Ампер је умро јуна 1836. године. Међутим, ако је седамнаести век доба научних инструмената и експерименталних уређаја, и ако су касни осамнаести век и прва половина деветнаестог века доба парне машине, онда је друга половина прошлог столећа раздобље првих, револуционарних примена електромагнетизма. Јер, од 1844. године усавршени Морзеов телеграф већ се рутински користио за брзи пренос вести, поготово у железничком саобраћају; Мајкл Фарадеј је још 1831. године остварио прву магнетомоторну машину; марта 1876. године Грехем Бел је патентном уреду Вашингтона пријавио нови проналазак — „телеграф који говори”; у Менло парку, некалеко од Њујорка, Нова 1880. година дочекана је уз светлост седам стотина Едисонових сијалица... [МФ-19]

Да ли знате ...

- да се у свакој ћелији нашег тела налази 135.000.000 атома цинка, 15.300.000 атома магнезијума, исто толико атома бакра, 1.800.000 атома јода, 900.000 атома молибдена и свега 450.000 атома кобалта.

ФИЗИКА И ...



МОЖЕ ЛИ ЧОВЕК БИТИ НЕВИДЉИВ ?

Божидар С. Милић, Физички факултет, Београд

Без сумње је свако од вас, драги читаоци „Младог физичара”, већ имао прилику да види филм или прочита књигу научнофантастичног жанра (или бајку) у којима нека од личности постаје невидљива. Невидљивост се у тим филмовима и књигама постиже тако што се попије неки чаробни напиток, стави магична капа на главу или магични прстен на прст. Невидљиви јунак, затим, извршава задивљујуће подвиге или прави разне шале и ђаволије. После гледања таквог филма или читања такве књиге свако од нас је, сасвим сигурно, пуштао мало и својој машти на вољу, замишљајући где би све отишао и шта би све урадио кад би му се пружила прилика да постане невидљив макар на пола сата. У тим маштањима живот невидљиве особе је увек леп, интересантан и пун узбуђења. Невидљиви може да направи пустош у оближњој посластичарници или да час посла среди банду силеџија која злоставља недужну и беспомоћну жртву. У маштаријама се, међутим, заборавља на реалност, на остварљивост онога о чему маштамо. Стога ћемо у овом чланку покушати да мало подробније сагледамо могућност постојања невидљивог човека са становишта физике.

Почнимо запажањем да предмет постаје невидљив уколико је прозрачан и уколико на светлост која кроз њега пролази утиче на исти начин као и околна средина. То значи да невидљиви предмет не изазива никакво друкчије преламање, апсорпцију или расејање светлости по којима би се разликовао од околине. Управо због тога, на пример, често не примећујемо велику стаклену плочу (рецимо, врата у аеродромском холу или предворју хотела), па се понекад деси да неко и „прође” кроз њу. Да би се избегле овакве незгоде, на стаклене зидове и преграде се морају лепити упозоравајуће непрозирне траке. У овом примеру је реч о план-паралелној плочи, кроз коју, по законима оптике, светлост пролази без мењања правца кретања. Човечје око није, стога, у стању да оцени да ли се између њега и посматраних

предмета (позадине) налази оваква плоча или не. Из свакодневног искуства се зна да ће стаклена плоча бити утолико мање приметна, утолико „невидљивија”, уколико је већа и тања. Тиме се смањује утицај расејања светлости на ивицама плоче и апсорпције светлости при проласку кроз плочу на карактеристике lika позадине који се формира у оку. Сразмерно малу стаклену плочицу уочавамо тако што њене ивице видимо као нешто тамнију контуру (расејање светлости на ивицама), а ако је она још и сразмерно дабела, део позадине посматран кроз њу ће изгледати и тамнији од остале позадине (апсорпција светлости у плочи).

На основу горњег разматрања би се могло закључити да је први корак у остваривању невидљивог човека постизање прозачности његовог тела. Ово није потпуно апсурдна замисао. Наиме, у природи постоје потпуно прозачни вишећелијски организми (на пример рачићи планктона), а и човечји организам се састоји од више него 95% потпуно прозачних супстанци, од чега 55% до 65% воде. Биолози и медицинари добро знају да су, са изузетком хемоглобина и пигмента косе, човечја ткива потпуно прозачна и да се под микроскопом могу посматрати тек ако се претходно специјалним поступком обоје. Чиме се, онда, може објаснити чињеница да је сваки човек сасвим добро видљив? Видљивост човека има исти узрок као и видљивост листа хартије или истуцаног стакла (оно изгледа као бео прашак). У сва три примера светлост пролази кроз средину састављену од ситних делића који су, појединачно узев потпуно прозачни (ћелија, влакно целулозе, зрнце стакла), али су распоређени хаотично. При проласку кроз такву средину светлост трпи многострука преламања и одбијања на граничним површинама делића и због тога скреће у свим правцима. Међутим, када се хартија намасти парафинским уљем или стаклени прашак стави у воду, они постају прозачни. Наиме, простор између појединих делића средине је сад испуњен не ваздухом, већ супстанцом чији је индекс преламања врло сличан индексу преламања делића (прозачност се постиже ако разлика у индексима преламања није већа од 0,05). Тиме опадају пређашња вишеструка хаотична одбијања преламања у унутрашњости средине, а остаје само одбијање и преламање на спољној граничној површини. То што се постиже намашћивањем хартије или стављањем стакленог прашка у воду може се постићи и са деловима човечјег тела ако се простори међу ћелијама испуне метил-етром салицилне киселине. У многим природњачким музејима широм света се могу видети ови тзв. Шпалтехолцови препарати, посуде напуњене метил-етром салицилне кисе-

лине у којима лебде поједини органи човечјег тела који изгледају као да су изливени од неке потпуно прозирне пластике. Иако, наравно, Шпалтехолцов поступак није могуће применити на *живим* људима, да би се они учинили невидљивим, у принципу није искључено да се у будућности нађе неки поступак за ово. Стога питање физичких особина прозирног човека, „стакленка”, заслужује нашу даљу пажњу.

Морамо истаћи да би „стакленко” био видљив чак и ако бисмо знали како и чиме да испунимо међућелијске просторе његових ткива да би он постао као изливен од неке провидне пластичне масе. Наиме, прозирност је потребна али не и довољна за невидљивост. Контуре „стакленка” би се лако уочавале у просторији, јер би, због расејања светлости на ивицама његовог тела, ове контуре биле нешто тамније. Осим тога, предмети иза „стакленка” би били нешто тамнији од остале позадине, јер стаклена плоча дебљине око 0,4 м, колико отприлике има грудни кош, приметно апсорбује светлост. Ликови тих предмета би били и нешто деформисани услед преламања светлости кроз „стакленково” тело које има знатно друкчији облик него план-паралелна плоча. Штавише, место затамњења и деформације лика би се померало по позадини при кретању „стакленка”, чиме би његово присуство било врло лако откривено, тј. он не би био невидљив. Све би то било врло слично ономе што запажамо посматрајући подизање топлог ваздуха („јара”) изнад загрејане површине, само још изразитије, јер разлика у индексима преламања код воде и ваздуха је знатно већа него код хладног и топлог ваздуха.

Ово нас наводи на закључак да прозирно тело постаје заиста потпуно невидљиво тек ако је стављено у средину скоро истог индекса преламања (разлика не већа од 0,05). „Стакленко” би, као и сваки други предмет од стакла или воде (стакло и вода имају врло блиске индексе преламања), *био невидљив у води*. Пошто се невидљиви човек у бајкама и научнофантастичним филмовима креће *кроз ваздух*, јер треба да дође у додир са другим људима и са предметима из уобичајене човекове животне средине, он би морао имати индекс преламања истоветан са индексом преламања ваздуха. *Дакле*, невидљиви човек не би могао бити „стакленко”, морао би бити „ваздушко”. Поступак за постизање овако схваћене невидљивости, нажалост, сасвим је непознат. Међутим, таква невидљивост не би „ваздушку” донела никакве предности, већ само огромне тешкоће. *Наиме*, „ваздушко” би *био потпуно слеп!* Човек види захваљујући томе што се светлост која пада на његово око најпре прелама кроз очно сочиво и фокусира се на мрежњачи ока, а затим се у њој апсорбује изазивајући одређене

фотохемијске реакције у видним штапићима и чепићима, које доводе до формирања електричних нервних импулса у видном живцу. Оба ова процеса, преламања и апсорпције светлости, су искључени код невидљивог човека који има оптичка својства ваздуха. „Ваздушко” не би био никакав супермен, већ тежак инвалид веома зависан од туђе помоћи. Његов би положај, штавише, био знатно тежи од положаја „обичног” слепог човека, јер га они који му желе помоћи не би могли ни видети.

Могли бисмо, на крају, наш „модел” невидљивог човека побољшати тако што ћемо замислити да му сви органи, *изузев очију*, имају оптичке особине као ваздух. Такав невидљиви човек би био потпуно аналоган рачићу из планктона, чије је тело потпуно провидно и на њему се јасно виде само две мале црне тачке — његове очи. Али, тај побољшани „модел” не одговара више нашој првобитној замисли о невидљивости. Сваки власник посластичарнице би, чим угледа два ока како се сама шетају кроз ваздух и улазе му у радњу, знао да треба што пре да зграби мотку. [MF-34/35]

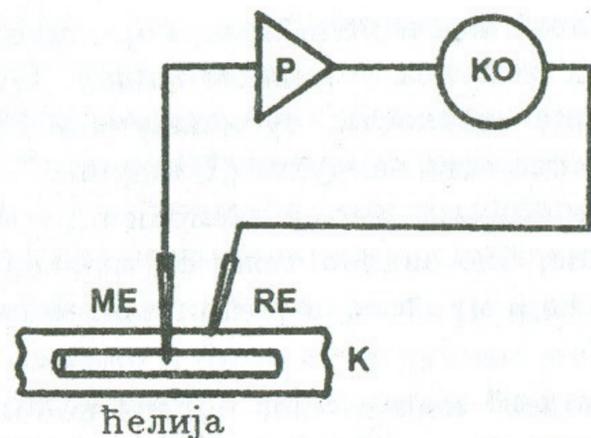
ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНОСТ БИЉАКА

Драгана Поповић, Ветеринарски факултет, Београд

Животињски организми и човек показују извесну електричну активност чији запис (електрокардиограм, електроенцефалограм) може да нам пружи одређене податке о стању и функционисању појединих органа, као и организма у целини. Слична врста активности примећена је и код биљака.

Једну биљну ћелију, на пример, неку зелену алгу налик на кончић, ставићемо у комору са раствором чији састав одговара њеној природној средини. Помоћу апаратуре приказане на слици 1 моћи ћемо да региструјемо, између унутрашњости ћелије¹ и спољашњег раствора, одређену разлику потенцијала тзв. *потенцијал мировања* или потенцијал у стању мировања. Ова потенцијална разлика је негативног предзнака (унутрашњост ћелије је негативна у односу на спољашњи раствор) и износи стотинак милivolти. Потенцијал мировања је једна од електричних карактеристика биљне ћелије — он је аналог потенцијалној разлици која би се успоставила између два раствора електролита различитих концентрација, које раздваја једна полупропу-

¹Унутрашњост биљне ћелије може да се, апроксимативно, представи као смеша електролита — хлоридних соли натријума и калијума.



Сл. 1 – Блок схема апаратуре за мерење потенцијала мировања; K – комора у којој се налази биљна ћелија; P – појачавач; ME – микроелектрода у ћелији (састоји се из стаклене микрокапиларе, напуњене раствором калијумхлорида, у контакту са среброхлоридном електродом); RE – референтна електрода која се налази у спољашњем раствору; KO – катодни осцилоскоп.

стљива мембрана, односно мембрана неједнако пропустљива за поједине јоне у раствору.

Показало се да се са довољном тачношћу потенцијал мировања може приказати следећим изразом (тзв. Голдман–Хочкин–Хакслијева једначина биоелектричних потенцијала):

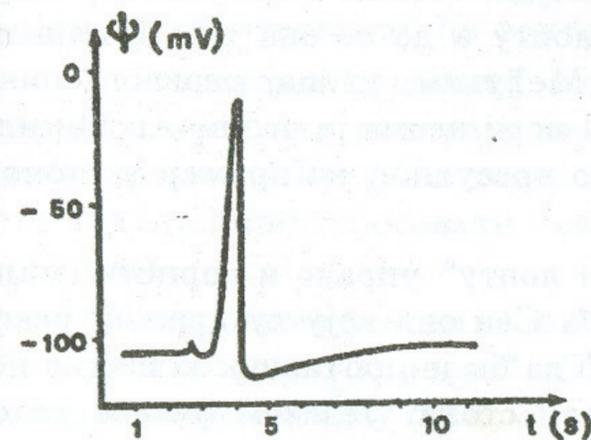
$$\psi = -\frac{RT}{F} \ln \left\{ \frac{P_K(c_K)^i + P_{Na}(c_{Na})^i + P_{Cl}(c_{Cl})^o}{P_K(c_K)^o + P_{Na}(c_{Na})^o + P_{Cl}(c_{Cl})^i} \right\}.$$

У горњем изразу величине имају следећа значења: ψ – потенцијал мировања (у mV), c_K , c_{Na} и c_{Cl} – концентрације јона калијума, натријума и хлора (у молима), при чему индекси i и o означавају концентрације ових јона у унутрашњости биљне ћелије (i) и спољашњем раствору (o); F – један фарадеј = $9 \cdot 65 \times 10^4 C/mol$; T – апсолутна температура у степенима K ; R – универзална гасна константа = $8 \cdot 314 J/(molK)$; \ln је ознака за природни логаритам, док величина P представља тзв. коефицијент пермеабилности (меру пропустљивости мембране биљне ћелије у односу на поменуте јоне) и изражава се у cm/s .

Међутим, ако биљну ћелију на било који начин „побудимо”, доћи ће до нагле и пролазне деполаризације њене мембране, односно нагле и краткотрајне промене потенцијала ка позитивнијим вредностима и поновног „пада” на вредност потенцијала мировања. Стручним језиком електрофизиологије² рећи ћемо да је дошло до генерисања

²Електрофизиологија — област физиологије која се бави испитивањем функционисања надражљивих ткива и одређених електричних карактеристика ћелије, органа и организма у целини (биоелектричних потенцијала, електричне отпорности, капацитивности итд.) уз коришћење одговарајуће електродне и електронске технике.

тзв. акционог потенцијала. Типичан облик акционог потенцијала приказан је на слици 2: јасно се види да је акциони потенцијал састављен из две компоненте — краткотрајне деполаризације (промене потенцијала ка позитивнијим вредностима) и постепене реполаризације (повратка на ниво потенцијала мировања). (Као да је унутрашњост ћелије нагло постала позитивнија, да би одмах затим поново постала негативна у односу на спољашњи раствор.) Цео овај процес, односно дужина трајања акционог потенцијала траје око двадесетак секунди, при чему је процес деполаризације веома кратак, 2—3 секунде, док остало време одлази на поновно успостављање потенцијала мировања. Данас се сматра да до појаве акционог потенцијала на биљним ћелијама долази стога што мембрана ћелије, која раздваја унутрашњост ћелије од спољашње средине, постаје нагло веома пропустљива за јоне хлора (негативни јони), који излазе из ћелије и тако њена унутрашњост остаје позитивнија, односно мање негативно наелектрисана. Међутим, ово веома кратко траје — тежећи да поврати своје „нормално” стање, односно електронегативност своје унутрашње средине, ћелија, помоћу нама још увек недовољно познатих механизма, смањује пропустљивост за хлорне јоне и повећава пропустљивост за јоне калијума (позитивни јони). Они настављају да излазе из ћелије све док се поново не успостави пређашњи ниво потенцијала.



Сл. 2 Типичан изглед акционог потенцијала код биљака

Побуђивање биљне ћелије може да се изврши на најразличитије начине: струјним импулсом одређене јачине и трајања, механичким стимулусом, наглим променама температуре и састава спољашњег раствора, светлосним стимулусом, озрачивањем (ултравиолетним, алфа и гама зрацима) итд. Амплитуда акционог потенцијала износи 90 — 100 mV , зависно од више фактора. Акциони потенцијал се дуж биљне ћелије „простире” брзином од 4 — 40 cm/s , а у неким случајевима може и да „пређе” са једне на другу, суседну ћелију.

Као одговор биљне ћелије на спољашњи надражај, акциони потенцијал је веома значајан за испитивање стања ћелије и њених реакција на промену спољашњих услова. Од посебног је интереса спонтана по-

јава акционих потенцијала (у одсуству спољашњег стимулуса), као и појава читавих низова акционих потенцијала, који веома подсећају на акционе потенцијале нервних ћелија. Да ли, осим регулаторне улоге, акциони потенцијал можда врши и пренос информација дуж ћелије или представља неки облик комуникације између две ћелије, остаје још једно од нерешених питања науке. [МФ-19]

СПИН И СПОРТ

Петар Грујић, Институт за физику, Земун

Спин је енглеска реч: to spin значи вртети (или завртети). Односи се првенствено на обртање вретена у ткачкој индустрији, чија је колевка била баш Енглеска. Модерна физика искористила је овај израз за означавање одређене особине субатомских честица (тј. честица од којих је састављен атом). Може се, наиме, замислити да поменуте особине ових честица потичу од њиховог врћења око сопствене осе. Да ли се оне заиста врте не може се доказати, али то за нас овде није ни битно.

Нису само ткачка вретена погодна за обртање; чигра, точак, лопта и многи други предмети који су осно симетрични користе се као обртни елементи у техници, науци и разним спортским играма. Обртање лопте у овим играма представљаће предмет нашег интересовања.

Строго говорећи, у кошарци, одбојци, стоном тенису, ватерполу, фудбалу итд. немогуће је хитнути лопту а да се она том приликом бар мало не заврти око своје осе. Међутим, утицај оваквог спина лопте на технику баратања лоптом у игри веома је различит. Он иде од занемарљивог, као у рукомету, до пресудног, на пример у стоном тенису (пинг-понгу).

У пинг-понгу се израз „завртети лопту” управо и користи, мада ми често кажемо и „зарезати лопту”. Сви они коју су држали рекет знају како лоптицу треба „зарезати” да би је противник захватио неспретно и послао у мрежицу или ван стола. Језиком физике то се може описати на следећи начин: *транслаторно* (тј. себи паралелно) померање рекета претвара се делом у транслаторно а делом у обртно кретање лоптице. Кад лоптица одскочи од стола или рекета противника, енергија њеног обртног кретања поново се претвара у енергију транслаторног кретања. Предност коришћења спина у овој игри је у томе што, за разлику од транслаторног кретања лоптице, које се може лако пратити и контролисати, „спинске лоптице” могу да укроте само искусни играчи, који одговарајућим ударцима свог ре-

кета могу да пониште и зауставе њихово окретање. Зашто је баш у стоном тенису могуће тако лако саопштити спин лопти? Целулоидна лопта у овој игри је веома лака, а коефицијент трења између гумом пресвученог рекета и лоптице је врло велики. То је разлог зашто ова игра представља типични „спински спорт”.

Кад би се стони тенис играо у безваздушном простору, наше излагање би могло да се овде заврши. Постоји, међутим, још један ефекат који је последица истовременог транслационог и спинског кретања лоптице кроз ваздух. То је тзв. *Магнусов ефекат*. Из закона механике знамо да се косо избачено тело („коси хитац”) креће у вертикалној равни. Међутим, лоптица ударена делимично са стране креће се по сложеној путањи, која никако не лежи у једној равни — како то лепо открива погодно постављена телевизијска камера.

Овај проблем је старији од модерних игара лоптом. Појава овакве врсте посебно је уочена при кретању зрна избаченог из ватреног оружја. Посматрајмо лопту која се врти око своје вертикалне осе и при томе се удаљава од нас кроз ваздушну средину. У погледу деловања ваздуха на лопту потпуно је свеједно да ли се она креће кроз атмосферу или мирује а ваздух струји око ње. Ако ова лопта ротира супротно кретању казаљке на сату, струјање ваздуха са леве стране лопте биће брже од струјања са десне стране. Зато ће се са леве стране јавити потпритисак (тј. притисак нижи од атмосферског), а са десне натпритисак, те ће лопта стално скретати на леву страну.

Код кретања пушчаних или топовских зрна ситуација је нешто друкчија јер она ротирају око својих уздужних осовина, у правцу свог кретања. Кретање топовских зрна је уопште сложено, али нас то овде неће интересовати пошто се топови тешко могу повезати са спортом.

Магнусовим ефектом се може у фудбалу објаснити постизање гола „са угла”, тј. „из корнера”. Овде је, истина, брзина ротације лопте далеко мања од оне у стоном тенису, али је њена путања дужа, тако да скретање лопте из полазне вертикалне равни може да буде и знатно.

До сада смо посматрали спинско кретање лопте, дакле, правилног геометријског тела. Међутим, ротацију може да изводи и свако друго тело, на пример, штап. Показало се да се овај комбиновани ефекат транслационог и обртног кретања може запазити и код тела неправилног облика. У ствари, код неких специјално обликованих предмета, на пример бумеранга, ова путања може да буде толико компликована да се вешто бачен бумеранг може вратити на место са ког је избачен.

Могло би се очекивати да се за такво обликовање предмета захтевају огромна научна и техничка знања. Међутим, ову вештину познају чак и аустралијски домороци.

Бацање бумеранга није спорт, бар не за сада, али би у будућности могао да то постане, као што је био случај с бацањем копља. Интересантно је напоменути да физика није дуго могла да пружи прихватљиво објашњење могућности да се бачени предмет врати „сам од себе” натраг. Тек релативно недавно извршена је експериментална провера ове вештине и снимљена путања бумеранга кроз ваздух. Показало се да је путања компликована, тако да ни физичко објашњење појаве није много једноставније. Једно је сигурно: без присуства ваздуха и без спина баченог предмета овакви ефекти не би уопште били могући. [МФ-II-4]

Да ли знате ...

- да је прво ронилачко одело направљено 1819. године: ронилац, коме је ваздух кроз црево упумпаван са површине, могао је да сатима остане на дну, али је, због тежине одела, више ходао него пливао;
- да је звучну баријеру први пробио амерички војни пилот Чарлс „Чак” Јигер, 14. октобра 1947. године, на ловцу Bell XS-1; он је на висини од 13.000 m достигао брзину од 1 маh-а;
- да је јединица за брзину звука „маh” (1 маh = брзина звука у ваздуху, односно 344 m/s на 20°C) добила назив по аустријском физичару Ернсту Маху.
- да се све до 1760. године секунде нису користиле као јединице за време, све док капетан John Harrison није конструисао специјални хронометар за прецизнију навигацију;
- да сте у 15. веку у Немачкој могли да научите да сабирате и одузимате, али сте да множите и делите могли само да научите у Италији; први европски град у коме су се одржавали јавни часови из алгебре била је Венеција, у то доба центар светске трговине.

ИЗ ИСТОРИЈЕ



„ОТКРИЋЕ” N-ЗРАКА

Јарослав Лабат, Физички факултет, Београд

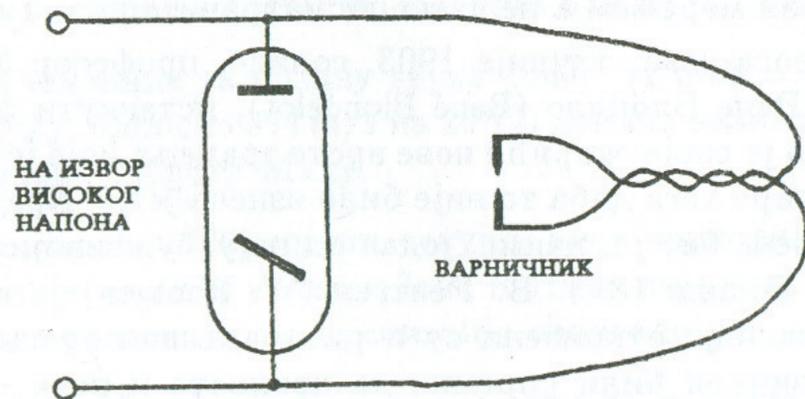
Историја науке бележи углавном само она открића која се касније покажу као исправна и која се добро уклопе у општи скуп научних сазнања. Пут до таквих открића није једноставан и често се деси да неке чињенице које се открију буду у датом тренутку прихваћене али се касније покаже да су биле погрешне. Чак и неки признати истраживачи дођу понекад до потпуно погрешних закључака. Међутим, њихов ауторитет у научној јавности и околности под којима је откриће учињено услове у првом тренутку њихово прихватање. Догађај о коме ће бити речи, врло поучан за будуће истраживаче, показује да се до правих научних вредности долази само упорним, свестраним и критичким истраживањима. Резултати се прихватају тек онда када се потврде теоријски или експериментално од стране других. У физици вреде само оне чињенице које су објективне, тј. оне до којих се долази мерењем а не само посматрањем.

Почетком овога века, тачније 1903. године, професор Универзитета у Нансију Рене Блондло (René Blondelot), истакнути француски физичар, објавио је своје откриће нове врсте зрачења које је назвао N-зраци. За физичаре тога доба то није било изненађење. Крај прошлог и почетак овог века био је, наиме, један од најузбудљивијих периода модерне науке. Године 1895. В. Рентген (W. Röntgen) је открио X-зраке. Нешто касније откривени су и радиоактивни зраци, тако да су ондашњи физичари били спремни да прихвате и нове – N-зраке. На Универзитету у Нансију проучавањем особина N-зрака ускоро је почело да се бави више истраживача. Чак је и професор медицинске физике А. Шарпантије (A. Charpentier) почео да врши истраживања. Он је Академији наука поднео извештај о томе да N-зраке емитује и људско тело.

Истраживања Блондлоа су показала да N-зраке најинтензивније

зраче Гајслерове¹ цеви, затим гасне светиљке које су се у то време употребљавале за осветљење, загрејани комади челичних и сребрних плочица. Наводно, N-зраке није зрачио Бунзенев пламеник који употребљавају хемичари. Чудна је била тврдња истраживача да су све непровидне средине (дрво, хартија, танки листићи гвожђа, калаја, сребра и злата) потпуно прозирне за N-зраке. Блондло је од алуминијума направио чак сочива и призме за фокусирање и преламање зрака. Тврдио је да само вода и камена со зраке заустављају па је те средине користио за заштиту. У својим експериментима најчешће је као извор N-зрака користио тзв. Нернстову лампу, штапић начињен од елемената који се називају „ретке земље” и који се електричном струјом доводи до усијања.

Откриће Блондлоа је проишло из његових експерименталних истраживања X-зрака. Занимало га је посебно да ли су X-зраци честице или електромагнетни таласи. Знао је да се електромагнетни таласи могу поларизовати тј. довести у такво стање да њихово електрично поље осцилује у једној равни. Вероватно, закључивао је он, због карактеристика цеви за пражњење X-зраци и јесу поларизовани и то би морало да се покаже детектором у облику варничника. Такав варничник, који су чиниле две електроде на малом растојању прикључене на извор напона, постављао је у различите положаје у односу на цев. На своје велико задовољство констатовао је да при одређеним положајима у односу на цев, варница између електрода постаје много интензивнија (слика 1).

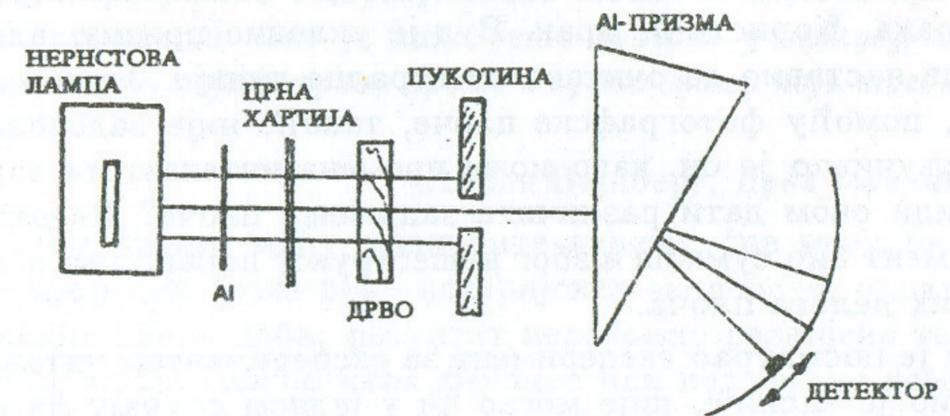


Слика 1.

Његово узбуђење је брзо спласнуло кад је утврдио да зрачење

¹Стаклене цеви напуњене разређеним гасом кроз које протиче електрична струја.

које изазива варничење може бити отклоњено са првобитног правца кварцном призмом. Познато је било да кварцна призма на X-зраке не делује. Блондло је тада закључио да, уколико појачање варнице не изазивају X-зраци, онда мора да се ради о неком новом облику електромагнетног зрачења које је брже-боље назвао N-зраци. Почео је да изводи експерименте како би се боље уверио у постојање тих зрака. Тражио је друге изворе али и препреке за N-зраке. Да би што објективније утврдио разлику у интензитету варнице у детектору у случајевима када се он обасјава или заклони од извора N-зрака, извршио је следећи експеримент. Изнад два места фотографске плоче поставио је детектор-варничник, с тим да је један од њих заклонио картоном наквашеним водом. Тврдио је да је добио различита задрњења плоче на та два места. Као врхунац, Блондло је направио и спектрограф користећи призму од алуминијума (в. слику 2). Сва остала зрачења заклонио је плочом од алуминијума, црном хартијом и дрветом. Зраке је пропуштао кроз пукотину изрезану у наквашеном картону а детектовао их је кончићем премазаним флуоресцентном бојом. Померајући детектор налазио је места на којима је кончић наводно јаче светлео, што је био доказ постојања више спектралних линија, односно потврда да N-зраци нису исте фреквенције.



Слика 2.

Број радова које су Блондло и други објавили о резултатима истраживања N-зрака се нагло повећавао и ускоро се попео на 54. Многи угледни француски научници су га у истраживањима подржавали, тако да је француска Академија наука 1904. године одлучила да Блондлоу додели награду Леконт у износу од 50.000 франака. У образложењу се, додуше, откриће N-зрака помиње тек на крају. Награда

је додељена за његов укупан допринос науци. Неки тврде да је разлог томе била извесна сумња неких научника у постојање N-зрака, сумња која је ускоро, нарочито међу научницима других земаља, прерасла у јавно негирање свих резултата Блондлоа.

Почело је тиме да многи угледни физичари нису успели да добију N-зраке понављајући његове експерименте. Међу њима су били Лорд Келвин и В. Крукс (W. Crookes) у Енглеској, О. Лумер и Х. Рубенс у Немачкој и коначно Р. Вуд (R. Wood) у САД. На састанку комисије за унапређење науке у Кембриџу 1904. године одлучено је да овај последњи посети лабораторију Блондлоа и лично се увери у његове тврдње.

Блондло је Вуда срдечно примио и показао му је низ експериментата са циљем да демонстрира различите особине N-зрака. Помоћу сочива од алуминијума прво је фокусирао N-зраке из Нернстове лампе на варничник и тврдио да се интензитет варнице смањи када се на пут N-зрака стави нека препрека, нпр. рука. Вуд, међутим, није примећивао никакву разлику, што је Блондло објаснио слабом осетљивошћу његових очију. Слично објашњење је дао и када је светлење флуоресцентног екрана требало да покаже присуство зрака. Коначно, у замраченој просторији, Блондло је демонстрирао и рад свог спектроскопа са алуминијумском призмом. Померајући флуоресцентни кончић читавао је на инструменту положаје наводних спектралних линија N-зрака. Користећи мрак, Вуд је уклонио призму, али Блондло је и тада наставио да читава спектралне линије. Једино објективно мерење, помоћу фотографске плоче, такође није задовољило Вуда, јер, закључивао је он, како може промена интензитета варнице која се не види оком дати различита зацрњења плоче? Поготову што је експеримент био сумњив и због вишеструког понављања осветљавања појединих делова плоча.

Вуд је посматрао експеримент за експериментом читава три сата и, тврдио је касније, није могао ни у једном случају да се убеди у постојање N-зрака. После његовог извештаја, објављеног у часопису „Nature”, Блондло се енергично бранио објављујући рад за радом. Дошло је чак и до тога да су писталице N-зрака тврдиле да „само припадници латинског порекла (мислећи првенствено на Французе) поседују довољну осетљивост (интелектуалну и чулну) неопходну за детектовање N-зрака”. Наводно, Англосаксонци ту способност немају „пошто им је магла отупила чула, Немцима их је отупила вероватно велика количина попијеног пива”.

Француским научницима несумњиво припада и главна заслуга у разоткривању истине о N-зрацима. Они су са ентузијазмом поздравили Блондлоова открића али, пошто је Блондло одбио захтев француског часописа „Revue Scientifique” да своје експерименте подвргне објективној провери, случај са N-зрацима је коначно био закључен. Од следеће, 1905. године, ни један једини чланак посвећен N-зрацима није био објављен.

Тешко је објаснити како је један озбиљан научник, као што је био Блондло, могао да се превари у толикој мери. Сигурно је да је на неки начин сам био убеђен у своје налазе, пошто је доказано да је био искрен и није имао зле намере. Не треба заборавити да је Блондло имао велики научни углед и раније, тако да му није било потребно да се служи неким недозвољеним методама. [МФ-33]

ЗАБЛУДЕ ВРЕДНЕ ПОМЕНА

Драгана Поповић, Ветеринарски факултет, Београд

„... Разумљиво је да се највећи део историографије науке бави нашим успесима, изванредним открићима, сјајним математичким извођењима или чудесним филозофским преокретима једног Њутна или Ајнштајна. Али заиста сматрам да је успехе науке немогуће разумети без разумевања тешкоћа које их прате — треба схватити како је лако бити доведен у заблуду, а како тешко знати које је право време и права ствар која треба да се уради.”

Стивен Вајнберг, *Прва три минута*

Заблуде у науци имају различите корене: оне могу бити резултат одређених друштвено-историјских околности, одраз интелектуалне климе свога доба, резултат недовољно развијене технологије да би се до краја сазнао неки феномен или недовољне комуникације између самих научника, и најзад, могу бити у питању обични, људски превиди, грешке у прорачунима, несигурност у сопствене резултате.

Међутим, за разлику од других делатности људског ума, заблуде у науци су ретко сасвим бесмислене и често веома подстицајне — оне обично имплицитно указују на пут којим треба кренути при осветљавању неке појаве. Најзад, неке од великих научних „заблуда” су се временом показале као тачне, као што ће се можда и неке од данашњих показати у будућности.

Месец — вештачки сателит или живо биће?

О природи и величини нашег најближег суседа небеског постојале су бројне заблуде и то не само у далекој прошлости. Питање да ли је Месец творевина природе или неке ванземаљске цивилизације и данас је по некима без одговора.

Месец кроз историју није био само обично небеско тело — многи древни народи били су његови поклоници и придавали му значајну улогу у догађајима на Земљи. С друге стране, извесни Б. Балстроуд тврдио је средином прошлог века да Месец уопште не постоји — то што видимо на небу је само имагинарни лик који ствара Сунчева светлост одбијена са земљине површине.

Већина се слагала да Месец ипак постоји, али се постављало питање његове величине. Године 1964. В. Р. Дрејк је претпоставио да пречник Месеца износи свега тридесетак километара: он нам изгледа већи него што јесте, јер се атмосфера понаша као огромно сочиво и увеличава његов лик двадесетак пута. Чарлс Форт је ово и математички „доказао”: пошто вулкани на Земљи могу имати пречник и до пет километара, а Месечеви кратери су у ствари вулкани, рачун показује (ако „занемаримо” утицај гравитације) да су и Месечеви кратери истих димензије, и тако даље... На крају, излази да је пречник Месеца највише око 160 километара, а удаљеност од Земље свега 18.000 *km*. Форт је „заборавио” и на плимину и осеку. Јер, ако је пречник Месеца овако мали, значи да му је и запремина мања за око осам хиљада пута — да би могао да произведе опажене плимске ефекте, Месец ових димензија морао би да буде око 20 пута гушћи од Земље, односно око 10 пута гушћи од олова!

Да ли је Месец насељен? Многи су током векова, а и данас, веровали да јесте. Један од присталица ове хипотезе био је и славни Кеплер који је веровао да су кратери огромне грађевине које су изградиле интелигентна бића. Већ поменути В. Р. Дрејк тврдио је, међутим, да су кратери неми сведоци нуклеарног рата који је некада давно опустошио овај идилични свет.

Идеја да је Месец вештачки сателит који су изградиле и оставили нам тајанствени посетиоци из свемира имала је многе следбенике; шездесетих година овог века она као да је добила и коначну потврду. Наиме, Јосиф Шкловски је у то време покушавао да објасни неке специфичности путање једног од Марсових месеца — Фобоса, при чему је дошао до јединог „разумног” закључка да је Фобос шупаљ, а пошто природа (колико знамо) не прави шупље месеце...

Ледено Сунце

Чарлс Палмер је 1978. године изнео непобитне доказе да је Сунце у ствари од леда: он је помоћу леденог сочива успео да запали лист дувана и закључио да је Сунце исто такво сочиво; оно нам изгледа ужарено само због тога што „фокусира сјај неба”. (Исто тако би могло да буде и од стакла, зар не?)



Занимљиво је да је у нашем веку постојало неколико теорија о Сунцу „умерене температуре”, од којих је свакако најзанимљивија она П. Х. Френсиса, магистра математичких наука, који је тврдио да је Сунце не само хладно већ и једина звезда у Васиони, док су све остале само рефлексија његове светлости. Френсис је имао и „доказе” за своје тврђење — пре свега, ако топлота не може да прође кроз танак слој вакуума у термос боци, зар није наивно веровати да би Сунчева топлота могла да прође кроз слој безваздушног простора од 150 милиона километара и загреје нашу планету!?

Интелигентна Васиона

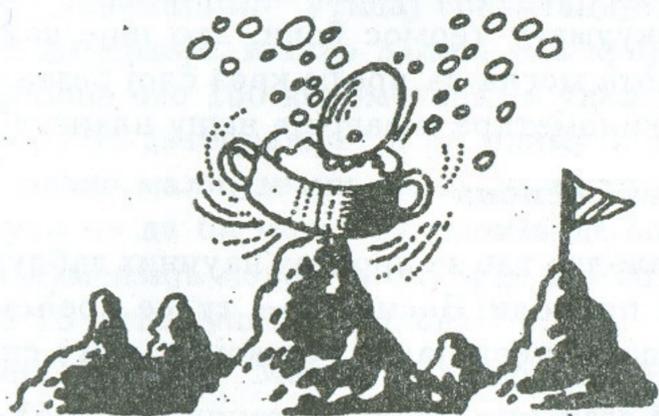
Посебно плодно тло за процват научних заблуда представља наука о постанку и природи Васионе — ту се срећемо са најразличитијим космолошким „теоријама”, од којих многе спадају у домен праве научне фантастике.

Поменимо пре свега теорију Осборна Рејнолдса с почетка нашег века: по њој, делићи материје су у ствари мехурићи „ничега” који се крећу у „простору” испуњеном густо пакованим, невидљивим куглицама; гравитациона сила је по својој природи одбојна, а не привлачна; што је поменути мехурић већи, он више деформише „простор” па је и гравитационо „одбијање” јаче. Иначе, претпоставка да је гравитациона сила одбојна била је веома „у моди” тридесетих година овог века; с тим у складу, неки су веровали да Месец стално покушава да падне на Земљу, али га њено гравитационо поље „одгуркује”.

Једна друга космолошка „теорија”, коју је детаљно разрадио Имануел Великовски (*Светови у судару*, 1950), имала је још више след-

беника: Сунчев систем је налик на атом, само у макроскопским размерама, при чему Сунце одговара језгру атома, а планете електронима који око њега круже. Додуше, овај „модел” има и неке недостатке: док планете имају свака своју сопствену путању, на орбитама око језгра кружи по више електрона; затим, електрони су сви носиоци исте врсте и исте количине наелектрисања, па им је и електромагнетно дејство исто, док су планете различите величине, па им је гравитационо привлачење различито, и тако даље.

Вероватно у жељи да буде у духу времена у коме живимо, Дејвид Фостер у свом делу *Интелигентна Васиона*, 1975. године, доказује сличност Васионе са огромним електронским рачунаром: 1. рачунар чува податке у облику битова, који се могу сматрати аналогонима субатомских честица; 2. рачунар у току свога рада оперише са битовима и обрађује их, а нешто слично се дешава са субатомским честицама у хемијским трансформацијама; 3. рачунар се програмира, као што је и храстов жир „програмиран” да да храст; 4. рачунар комбинује битове у речи, као што се атоми комбинују и дају атомска једињења; и најзад 5. пренос података врши се и у рачунару и у Васиони електромагнетним путем. Логично, зар не?



У складу са оваквом логиком, наведимо и „теорију” Цона Гранта, из чије књиге *Лексикон научних заблуда* је великим делом коришћен материјал за овај чланак. Грант духовито каже: „Лично сматрам да Фостер греша, као и остали неортодоксни космолози — јасно је да је Васиона кувано јаје које се гладу и ништа више. Ево и доказа: кувано јаје има коначну запремину, Васиона такође; кувано јаје се гладу, Васиона такође; кувано јаје је чвршће скувано него у првобитном стању, Васиона такође, јер данас око нас има много више камења и стења него непосредно после „велике експлозије”, и најзад — основне боје јајета су бела и жута, што важи и за звезде, у шта сте се већ безброј пута уверили гледајући их током ведрих летњих ноћи.” [МФ-26,27]

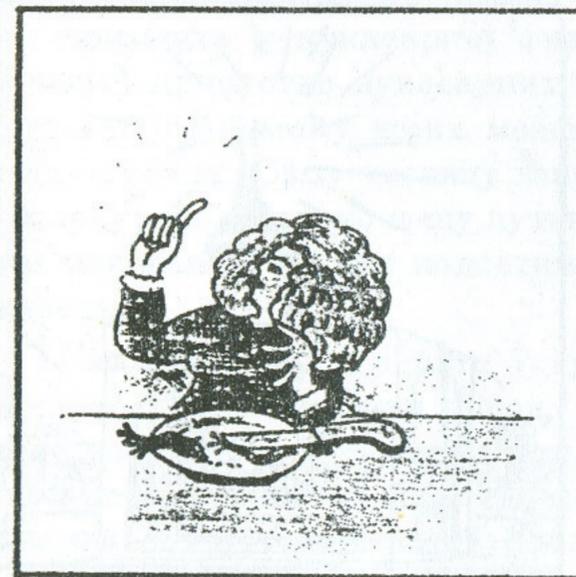
ОД ЖАБЉЕГ „БАЛЕТА” ДО ЕЛЕКТРИЧНОГ СВЕТЛА

Текст: Т. Сенћански

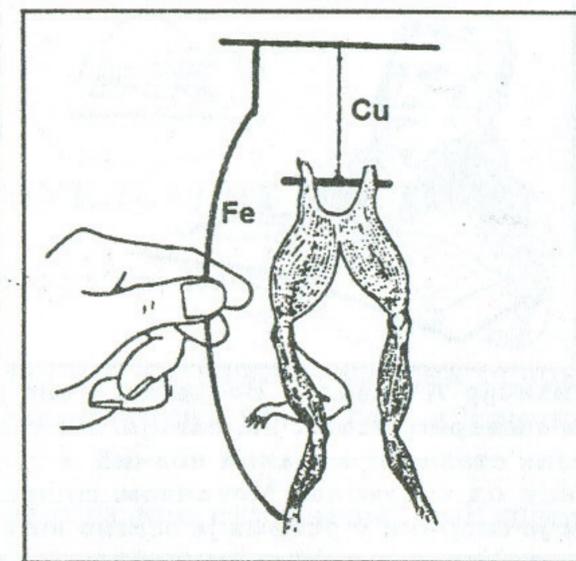
Цртеж: М. Зец



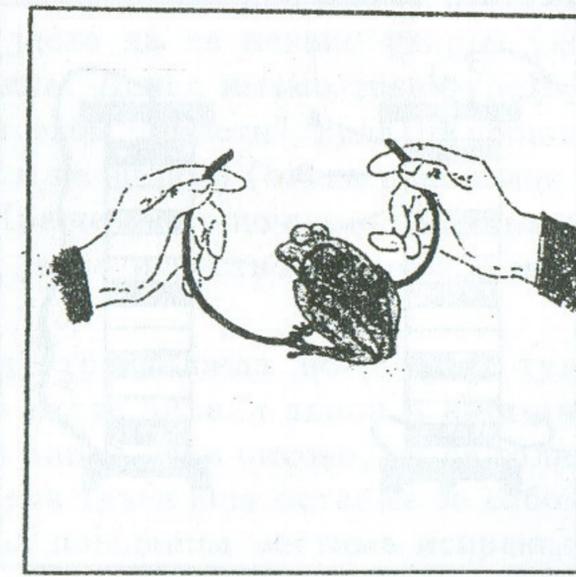
Све је започео професор анатомије из Болоње, Луиђи Галвани. Можда је за све што је уследило „крива”, заправо, професорова жена. Тек, крајем осамнаестог века жаба је „ускочила” у историју физике.



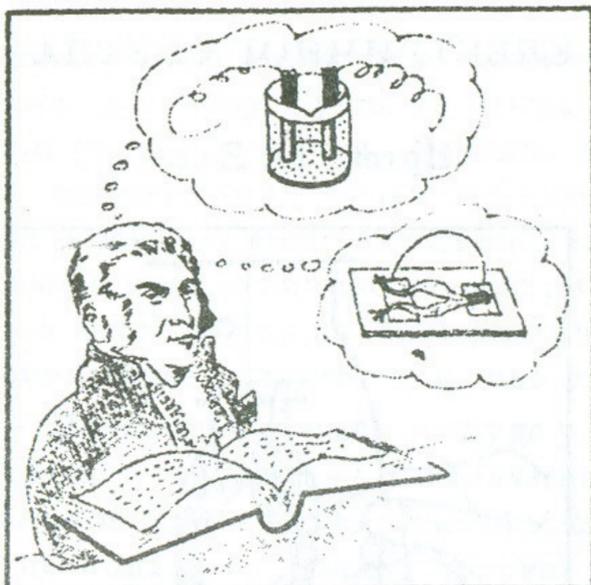
Према другим казивањима, ову појаву је открила Галванијева жена скидајући челичним ножем кожу са жабљих кракова. После обављеног посла спустила је нож на поцинковани тањир. Нож је једним крајем додирнуо нерв жабе, а другим крајем мишић. У том тренутку дошло је до мицања крака.



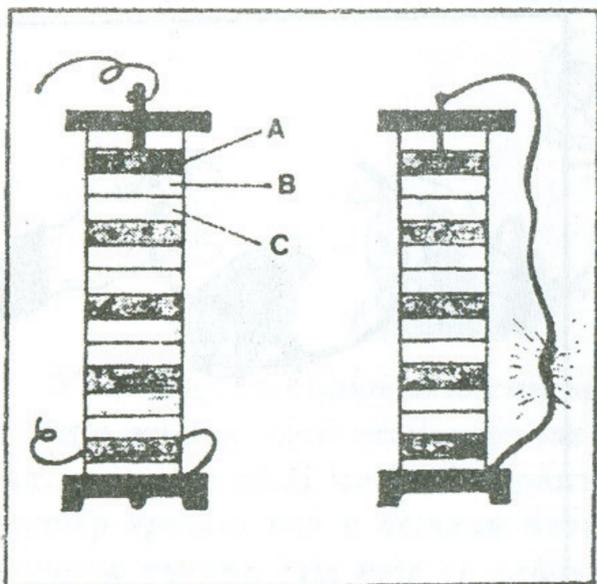
Наиме, да би припремио супу својој оболелој жени, Галвани је помоћу бакрене жице обесио о гвоздену ограду балкона неколико жабљих батака. Жабљи краци су се померали када би додирнули ограду: започео је жабљи „балет”!



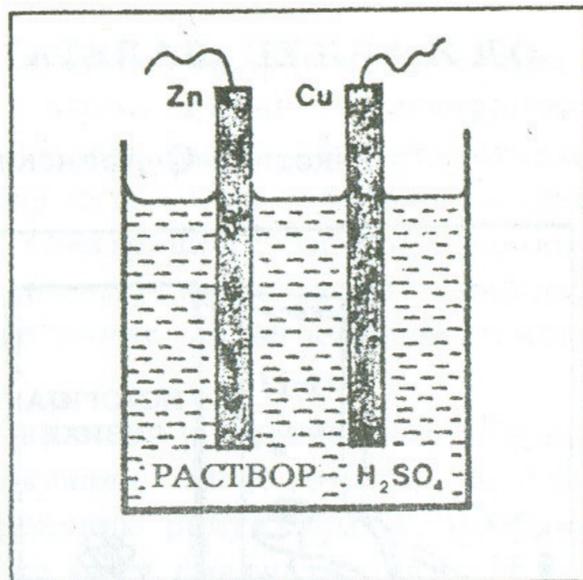
Галвани је поновио овај оглед. Поставио је препарирану жабу на сто за сецирање. Затим је једним металним проводником додирнуо њен бедрени нерв а другим мишић на краку. Када су се слободни крајеви металних проводника дотакли, краци мртве жабе су се згрчили.



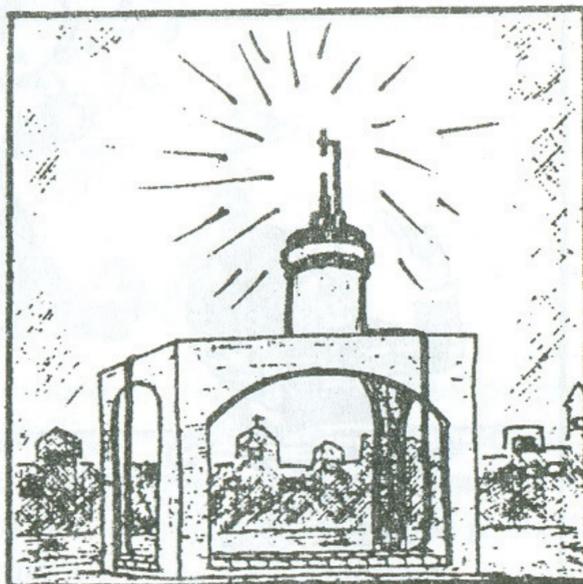
Физичар Алесандро Волта наставио је са експериментима Галванија. На свој језик ставио је метални новчић и трачицу од станиола. Металном шипком их је спојио и у устима је осетио кисео укус. Установио је да се жабли краци мичу (грче) због дејства електричне струје, која настаје додиром два различита метала са жаблим краком, односно соком који се у њему налази.



Волта је закључио да је електрична струја јача ако се повеже већи број парова плочица. Израдио је прву батерију. Била је састављена од плоча бакра (А) и цинка (С), наизменично постављених и одвојених картоном натопљеним киселином. Када је везао крајеве проводника који су излазили из батерије, проводници су се загрејали, па чак и усијали. Овако добијена батерија названа је касније ВОЛТИН СТУБ.



Потом је узео једну сребрну и једну бакарну плочу и између њих ставио тканину која је претходно била потопљена у разблаженој киселини. Када је приближио крајеве проводника којима су биле везане плоче, искочила је електрична варница, слична оној из Лајденске боце. Касније је сребрна плоча замењена плочом од цинка, а тканина воденим раствором киселине. Тако је настао први извор електричне струје који је назван ВОЛТИН ЕЛЕМЕНТ.



Искре које су настале при томе коришћене су за паљење експлозива и за прво електрично осветљење. Прве светиљке са електричним луком који се стварао из више десетина батерија употребљене су у Паризу, Петрограду, Лондону... Батерије, тада једини извор електричне струје, биле су скупе и малог капацитета. Касније ће се створити нови и јефтинији извори електричне струје.

[МФ-23]



ЕКСПЕРИМЕНТ

КАКО СЕ МОГУ „ВИДЕТИ” НУКЛЕАРНЕ ЧЕСТИЦЕ?

Рак Лајош, Физички факултет, Београд

У уџбеницима физике често наилазимо на фразе као: „на основу експеримента је утврђено...” или „експеримент показује” и сличне. Шта се крије иза тих речи?

Када говоримо о језгру, замишљамо га као скуп веома сићушних куглица. При објашњавању неке појаве у мислима често одузимамо и додајемо честице, стављамо их под различите услове. Или, како теоријски физичари кажу, вршимо мисаоне експерименте. При њиховом „извођењу” немамо никаквих ограничења. Међутим, када неко жели и у пракси да изведе експеримент који је замислио, често наилази на велике па и нерешиве проблеме. Основни услов за вршење било каквог експеримента у нуклеарној физици јесте да се некако утврди (детектује) присуство нуклеарних честица. Данас имамо такве уређаје (детекторе) помоћу којих можемо и оком „видети” куда је прошла нека честица. Саму честицу заправо и не видимо (отуда наводници у наслову), али видимо њену путању. Пре него што почнемо са детаљнијим излагањем да вас подсетимо на једно искуство из свакодневног живота.

Када на небу угледате уску белу траку, онда знате да је туда недавно прошао млазни авион, мада нисте видели авион а нисте ни чули звук његовог мотора. Или, ако авион лети високо, па се голим оком не може видети, ипак га одаје бела трака коју оставља за собом. Временом тај траг постаје дебљи, на појединим местима испрекида се док на крају не ишчезне. Колико дуго ће се траг авиона видети зависи од метеоролошких услова (ветра, облачности). Од вештине и искуства посматрача зависи шта ће сазнати о авиону. За већину нас ти трагови значе само да је прошао авион, али стручњаци, као што су извиђачи противваздушне одбране, из тих трагова читају као из књиге. Они могу рећи колико је авиона, пре колико времена, којом брзином у ком правцу прелетело.

У нуклеарној физици ситуација је донекле слична. Физичари су развили неколико поступака којима могу да учине видљивим путање (трагове) нуклеарних честица (микрочестица). Научили су и то како се из тих трагова могу сазнати важни подаци о структури материје. Да не бисте сувише буквално схватили сличност између авиона и микрочестице, указаћемо на неке битне разлике. Димензије нуклеарних честица су реда величине 10^{-13} cm (пречник језгра), а дебљина трага који оваква честица оставља је реда 10^{-4} cm (величина зрна у фотонуклеарној емулзији). Према томе, траг је милијарду пута (10^9) дебљи од пречника честице. Овоме би одговарао авион чији би траг био дебљи од растојања између две најудаљеније тачке Југославије.

Како се могу путање честица учинити видљивим? Постоји неколико начина, а изложићемо: фотонуклеарну емулзију, маглене, мехурове и варничне коморе.

Први детектор у нуклеарној физици била је фотографска плоча. Данас се за детекцију употребљавају специјалне фотоплоче, такозване фотонуклеарне емулзије. Оне се од оних које користе фотографи донекле разликују. Осетљиви слој и обичних и нуклеарних фотографских плоча је састављен од ситних кристала сребро-бромида распоређених у желатину. Међутим, осетљиви слој нуклеарне емулзије је знатно дебљи (и до 100 пута) од обичне. Осим тога, кристали сребро-бромида нуклеарне емулзије су ситнији, а њихова процентуална количина је већа.

После развијања, емулзија се посматра помоћу микроскопа. Дуж путање честице види се линија која је састављена од низа тачака.

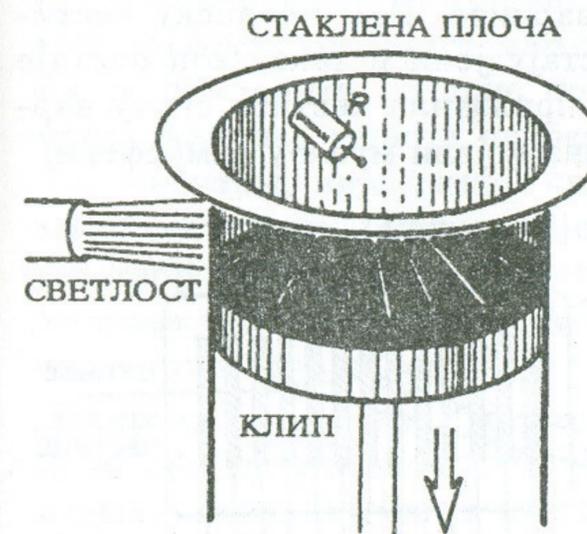
Маглену комору конструисао је енглески физичар Wilson 1911. године. Он је за свој проналазак добио Нобелову награду.

Маглу сви знамо. У ове јесенске и зимске дане она људима задаје велике проблеме. Маглу чине ситне копљице воде. Настаје када се у ваздуху налази велика количина водене паре и ако се ваздух нагло охлади. Тада пара постаје засићена и вишак воде се издваја (кондензује) у облику финих капљица. За настајање магле потребно је да у ваздуху буду и ситне честице прашине или дима на којима се вода кондензује. Њих због тога називамо *центрима кондензације*. Ако их нема, неће се кондензовати ни вода без обзира што је пара пресићена.

Wilson је приметио да и јони (наелектрисани атоми) могу да буду центри кондензације. Радиоактивни зраци у ваздуху стварају јоне (јонизују ваздух). На пример α -честица на сваком сантиметру своје путање створи 30 000 јонских парова. Дакле, дуж 1 cm путање настаје

60 000 капљица магле.

Да би се Wilson-ово откриће могло искористити за детекцију, треба добити засићену пару. То се најлакше постиже помоћу уређаја који је приказан на слици 1.



Слика 1

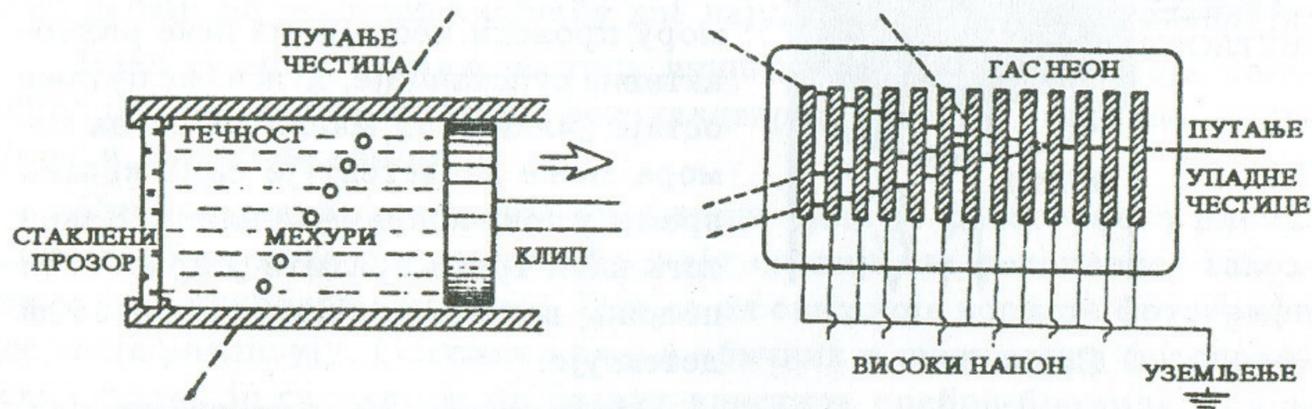
Маглена комора се састоји из цилиндричног суда у коме се креће клип. Ако се клип повуче надоле, ваздух у цилиндру се нагло шири и због тога се хлади. У охлађеном ваздуху водена пара постаје пресићена и ако кроз комору пролети честица из неке радиоактивне супстанције, дуж њене путање остаје „влакно од магле”. Оваква комора може да детектује само кратко време: у току повлачења клипа. Након тога клип треба вратити у првобитни положај да би комора могла поново да детектује.

Маглене коморе са покретним клипом називају се *експанзионим*. Направљена је и таква маглена комора која може да ради непрекидно. Доњи део те коморе се хлади сувим ледом (чврстим угљен-диоксидом) температуре око -55°C , а горњи део је на собној температури (око 20°C). У комори се смешта пара воде и алкохола. Температура од горњег дела коморе ка доњем је све нижа и нижа (физичари кажу да постоји градијент температуре), тако да увек постоји слој гасне смеше у коме је пара пресићена. Према томе, без обзира на то у ком тренутку пролази честица, дуж њене путање ће се формирати траг.

Амерички физичар Glaser је 1950. године приметио да при проласку микрочестице кроз течност која само што није почела да кључа, дуж њене путање настају мехурићи. Мехурова комора је представљена на слици 2. Повлачењем клипа притисак у комори ће опасти а тиме ће се снизити и температура кључања течности. Клип треба тако повући да течност само што не почне да кључа. И проналазач мехурове коморе је добио Нобелову награду.

Док се проналажење мехурове и маглене коморе може везати за име појединца, *варнична комора* је резултат дугогодишњег рада великог броја физичара. Прве варничне коморе су прорадиле тек 1959. године.

Варнична комора је направљена од низа танких металних плочица смештених на међусобним растојањима од 1 mm (слика 3). Комора се пуни хемијски инертним гасом, неоном. Плоче су неизменично наелектрисане позитивним и негативним наелектрисањима. То се остварује помоћу извора високог напона. Величина напона се подешава тако да између плоча само што не прескачу варнице. При проласку честице кроз комору, дуж њене путање настају јони и тако неон постаје проводан. Због тога на местима где је пролазила честица скачу варнице између плоча. Ова појава је слична појави муње у атмосфери.



Слика 2

Слика 3

Како се врше истраживања помоћу ових комора? Оно што се одиграва у комори снима се помоћу фотографског апарата. Тиме се трагови, чији је живот кратак, могу очувати бесконачно дуго на фотографији. (Најдуже остаје траг у магленој комори, око десетине секунди, док у мехуровој остаје свега милионити део секунде!) Направи се велики број снимака (до неколико милиона) које, затим, физичари пажљиво разгледају да би открили оно што их у датом експерименту интересује. Посао око анализа слика је прилично мукотрпан и дугачак.

На жалост, у описаним коморама не може се „видети” свака честица која кроз њих пролети. Траг остављају само наелектрисане честице, пошто само оне стварају јоне. О присуству неутралних честица тек посредно можемо нешто закључити. Да би се одредило које су честице позитивно а које су негативно наелектрисане, комору треба ставити у магнетно поље. У магнетном пољу разноимена наелектрисања скрећу на супротне стране. [МФ-16]

ШТА ЈЕ НАЈЦРЊЕ?

С. Божин, Физички факултет, Београд

Када светлост пада на неки предмет, само један њен део се одбија (рефлектује), док се остатак апсорбује и делимично пролази кроз предмет ако је овај прозиран. Тамно обојене и хрпаве површине предмета рефлектују много мање од светло обојених и глатких. Могло би се помислити да црна површина, на пример мрља од туша или црна тканина, уопште не рефлектују светлост која на њих долази. То, међутим, није тачно: свака таква површина ипак одбија нешто мало светлости. Једини „објект” који уопште не рефлектује светлост је отвор на шупљем предмету чија је унутрашња површина црна и хрпава. Такав отвор је „најцрњи” објект који познајемо и назива се апсолутно црно тело.

Можете се сами уверити да је „апсолутно црно тело” црње од црно обојене површине. На једној страни кутије која има поклопац исеците отвор пречника око 1 cm . Ту страну, као и унутрашњу површину кутије и поклопаца, обојите тушем или црном мат бојом. Обојена страна изгледаће потпуно црна, али ће још црњи изгледати отвор (кутију поклопите). Зашто је то тако? Светлост која кроз отвор уђе у кутију одбијаће се од њених зацрњених унутрашњих површина већи број пута. При сваком одбијању највећи део светлости се апсорбује, тако да је већ након неколико одбијања практично сва светлост апсорбована, те из отвора светлост уопште не излази. Због тога је такав отвор „апсолутно црн”. Зеница ока је отвор кроз који улази светлост у унутрашњост ока, која је једна сфера затворена на свим осталим местима. Сада знате и зашто је зеница црна. [МФ-36]

Да ли знате ...

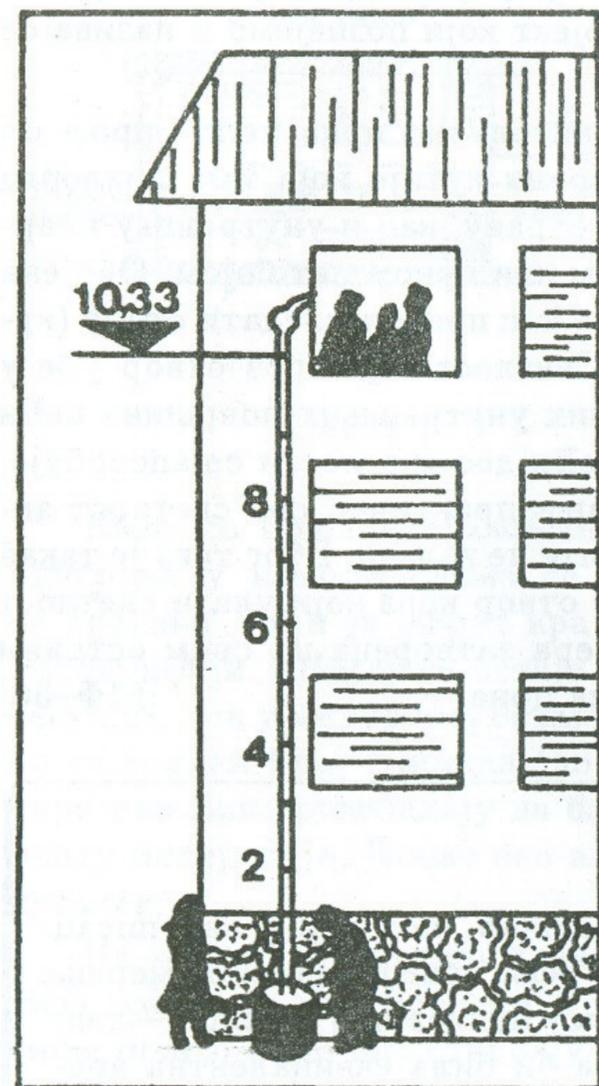
- да је Исак Асимов, амерички физичар, познатији као писац научне фантастике, предложио увођење нове јединице за мерење веома малих временских интервала у нуклеарној физици — тзв. свестлосне миље. Светлосна миља би била еквивалентна времену потребном да светлост пређе растојање од 1 миље у вакууму и износила би $1/186.282$ део s . Обзиром да је $186.282\text{ миље} = 300.000\text{ km}$, 1 светлосни km износио би приближно $1/300.000$ део s .

ПОКУШАЈТЕ

ПАСКАЛОВ ОГЛЕД У ШКОЛСКОМ ДВОРИШТУ

Томислав Сенђански, ОШ „Краљ Петар”, Београд

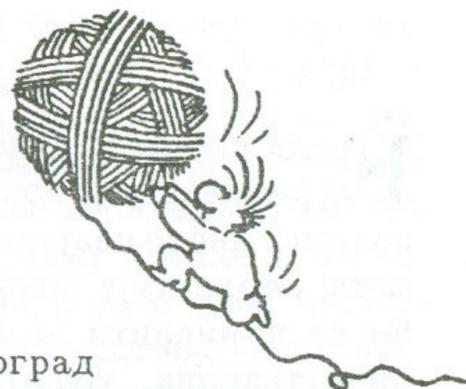
И школско двориште је лабораторија. Препоручујемо вам Паскалов експеримент, пошто се претходно подсетите Торичелијевог.



цеви, а затим га ваља ставити у кофу са водом до подељка „нула”. Извући запушач из потопљеног краја цеви: када се водени стуб у цреву стабилизује, очитати његову висину.

Ако је све добро урађено, водени стуб ће се протезати до висине од око 10,33 *m*.

[МФ-28]



ЗАДАЦИ



ЗАДАЦИ СА САВЕЗНОГ ТАКМИЧЕЊА

Суботица 5. и 6. јуни 1993.

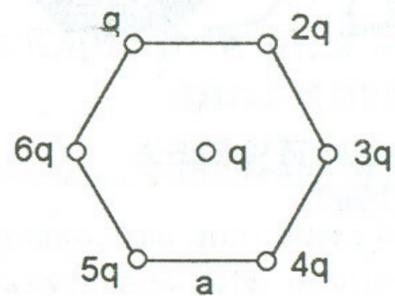
VII разред

1. Тело масе $m = 50 \text{ g}$ клизи, без почетне брзине, низ стрму раван нагибног угла 30° и прелази још $l = 50 \text{ cm}$ пута по хоризонталном делу до заустављања. Наћи рад силе трења на целом путу ако је коефицијент трења свуда исти и износи $\mu = 0,15$ ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).
2. Некада је туристичка атракција Суботице био трамвај до Палића, који је лети имао отворене вагоне. Један такав трамвај полази са станице једнако убрзано и током осме и девете секунде кретања прелази укупно 32 *m*. Једнако убрзано кретање траје укупно 12 *s*, а затим, због неопрезног бициклисте испред себе, трамвај почиње да кочи и креће се једнако успорено. Када кочећи пређе 18 *m*, брзина му износи половину брзине коју је имао на почетку кочења и бициклиста успева да се склони. Одредити убрзање и успорење овог трамваја.
3. У топлотно изолованом и затвореном суду са водом, температуре 0° C , плива комад леда (масе 0,1 *kg*) у којем се налази замрзнута куглица масе 5 *g*. Одредити количину топлоте коју треба довести систему да би куглица почела да тоне. Густина леда је 900 *kg/m*, густина куглице 11200 *kg/m*, а топлота топљења леда је 330 *kJ/kg*.
4. Описати како би се одредила густина комада метала, који се налази у једној од две кугле пластелина, ако је познато да су масе пластелина у куглама једнаке. Комад метала се не може извлачити из пластелина. Од прибора и материјала могу се користити: теразије са теговима, чаша са водом, статив и канап. Пластелин се може канапом окачити о држач тасова, а чаша је довољно велика да у њу стају кугле.

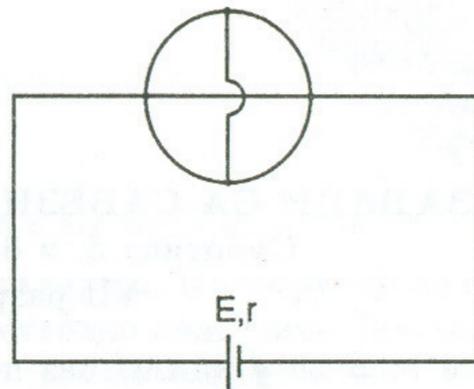
VIII разред

1. У теменима правилног шестоугаоника (сл.1), са страном $a = 10 \text{ cm}$, постављена су тачкаста наелектрисања и то редом: $q, 2q, 3q, 4q, 5q$ и $6q$ ($q = 1 \mu\text{C}$). Наћи силу F која је резултанта свих сила којима ова наелектрисања делују на наелектрисање q које се налази у центру

шестоугаоника. (Подсећамо вас на Кулонов закон: сила између два тачкаста наелектрисања q_1 и q_2 на растојању r износи $F = k(q_1q_2)/r^2$. Константа $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm/C}^2$.)



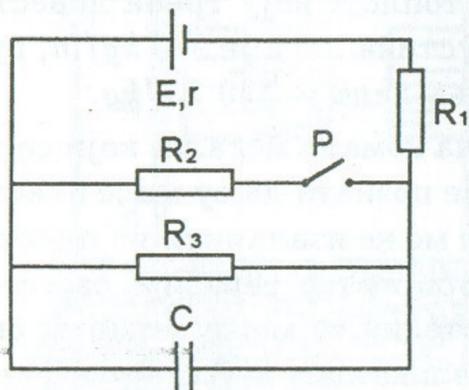
Слика 1.



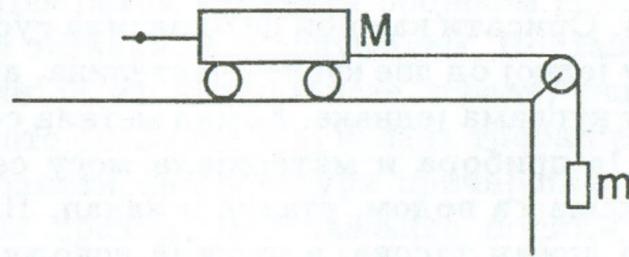
Слика 2.

2. Извор електромоторне силе од 6 V и унутрашњег отпора $r = 10 \Omega$ прикључен је проводницима занемарљивог електричног отпора на контуру (кржница пречника $2R = 0,4 \text{ m}$ са два међусобно нормална пречника, као на слици 2), која је направљена од жице са отпором по јединици дужине $a = 200 \Omega/\text{m}$. Одредити јачину струје која пролази кроз извор.

3. У струјном колу приказаном на слици 3. везан је кондензатор капацитета $C = 10 \mu\text{F}$. За колико се промени количина наелектрисања на кондензатору ако се прекидач P затвори? Електромоторна сила извора $E = 10 \text{ V}$, унутрашњи отпор $r = 1 \Omega$, а вредност осталих отпора $R_1 = R_2 = R_3 = 5 \Omega$.



Слика 3.



Слика 4.

4. Танко сабирно сочиво има жижну даљину 20 cm . Тачкасти извор светлости равномерно ротира око оптичке осе по кругу полупречника $r = 5 \text{ cm}$, брзином од 3 m/s . Удаљеност центра овог круга од центра

сочива је 50 cm . Одредити брзину којом се креће лик овог извора.

5. Брод који се креће низводно при проласку испод моста спушта сплав. Брод плови низводно још један сат, а онда се окреће и враћа узводно. Сплав и брод срећу се на месту које је 8 km низводно од моста. Одредити брзину реке ако се зна да брод и узводно и низводно развија исту брзину у односу на воду. Занемарити време окретања.

6. Колица масе 500 g везана су помоћу нити са тегом масе 200 g (сл.4). У почетном тренутку колица имају брзину од 7 m/s и крећу се налево по хоризонталној површини. Трење је занемарљиво. Одредити величину и смер брзине колица, њихов положај и укупан пређени пут после 5 секунди ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

7. Издубљено сферно огледало има полупречник кривине $R = 40 \text{ cm}$. На оптичкој оси огледала, на растојању 30 cm од огледала, налази се тачкасти извор светлости S . На колико растојање од темена огледала треба поставити равно огледало, нормално на оптичку осу, тако да се светлосни зраци који полазе из S , после одбијања на сферном и равном огледалу, опет врате у S ?

8. Математичко клатно дужине $l = 1 \text{ m}$ осцилује у вертикалној равни. Испод клатна се у водоравној равни поставља равно огледало. При кретању, клатно и његов лик у огледалу мењају своју удаљеност. а) Колико времена протекне између два момента у којима је удаљеност клатна и његовог лика најмања? б) Решити исти проблем ако огледало стоји водоравно, али изнад клатна. ц) Решити исти проблем ако огледало стоји у вертикалној равни, нормално на правац кретања клатна. (Огледало је довољно удаљено да клатно не може да удари у њега.)

Задаци 5 — 8 за VIII разред су важили и за ученике VII разреда.

Припремила комисија: Д. Капор (председник), Д. Обрадовић, Ј. Дојчиловић и С. Ракић (наставак у следећем броју)

ДВА СЛИЧНА ЗАДАТКА

Д. Капор, Институт за физику ПМФ-а, Нови Сад

Овде желимо да вам дамо као пример два задатка који су слични, али ћемо за њихово решавање употребити веома различите методе. Штавише, сигурни смо да сте овај задатак срели, зато смо га и одабрали да бисте се више концентрисали на начин решавања, а не на сам задатак.

Први задатак: У једној чаши налази се четири кашике воде, а у другој чаши четири кашике вина. Узмемо из прве чаше кашику воде,

преспемо је у вино, добро промешамо и потом кашику ове „беванде” вратимо у чашу са водом. Питање гласи: колико сада има вина у чаши са водом, а колико воде у чаши са вином?

Типичан поступак решавања је следећи: после првог пресипања, у чаши са вином има четири кашике вина и једна кашика воде, а у чаши са водом три кашике воде. Ако смо смешу добро измешали, онда ће у чаши коју захватамо бити четири петине кашике вина и једна петина кашике воде. У чаши вина остало је $4 - \frac{4}{5} = 3\frac{1}{5}$ кашика вина и $\frac{4}{5}$ кашике воде. У чаши са водом ће се наћи $3 + \frac{1}{5}$ кашике воде и $\frac{4}{5}$ кашике вина.

Резултат једноставан, на први поглед ово и није проблем из физике, већ из математике. (На крају чланка бацићемо и други поглед и видети да ипак није тако.)

Други задатак (тежи): У једној чаши имамо вино, у другој воду (количине, тачније, запремине не морају чак ни бити једнаке). Пребацимо кашику воде у чашу са вином, а потом кашику ове смеше вратимо у чашу са водом. Сада питање гласи: Да ли има више воде у чаши са вином или више вина у чаши са водом?

Пре свега уочавамо да су запремине вина и воде (изражене у броју кашика, као јединици која не припада Интернационалном систему!) остале исте током целог процеса. Даље, у обе чаше је укупна запремина течности иста на почетку и на крају пресипања. Значи, ако посматрамо на крају „процеса”, колико год да смо вина одузели из чаше са вином, то место је тачно попунила вода, с обзиром да је укупна запремина течности у чаши остала иста. С друге стране, то вино се сигурно налази у чаши са водом. Закључак: у чаши са водом има исто толико вина колико и воде у чаши са вином.

Да ли сте уочили начин размишљања? Искористили смо, у ствари, само податак да је укупна количина (запремина) обе врсте течности стална као и да је укупна запремина течности у свакој чаши иста у почетку и на крају. Другим речима, искористили смо (у наивној форми) оно што се у физици зове закон одржања (конзервације). Када током неког процеса одређена величина остаје константна, та чињеница нам омогућује да сазнамо веома много о карактеристикама крајњег стања, иако можда не знамо ни све детаље о процесу. Познати су примери закона одржања енергије, количине кретања, момента количине кретања, масе, наелектрисања итд. Сви ови закони су обично последица неких дубљих симетрија (о томе сте сигурно већ читали у „Младом физичару”). Ми смо овде користили „закон одржања броја кашика

течности” који је најближи једначини континуитета коју срећемо у механици флуида.

Сваки закон има услове под којима важи. Тако је код једначине континуитета битно да у посматраној области нема извора или понора течности. Другим речима, наш експеримент би вероватно имао другачији резултат ако би га изводио љубитељ добре капљице (он би представљао понор!).

У овом приступу, међутим, нисмо могли одредити количину воде, односно вина, као у првом задатку. То је такође последица природе закона одржања и саме формулације задатка. Покушајте да га преформулишете тако да и то можемо одредити (уведите потребне додатне претпоставке).

И на крају, да објаснимо зашто ни први задатак није чисто математичког карактера. Из врло једноставног разлога: за математичара „добро промешати” не значи ама баш ништа, а за физичара је то битна информација, јер тиме сазнаје да је смеша хомогена, иначе, опет не бисмо задатак могли решити. Остављамо вас да после овог поразмислите о разлици између физичког и математичког начина размишљања. [MF-23]

АНАЛИЗА ГРЕШАКА КОД РЕШАВАЊА ЈЕДНОГ ЗАДАТКА СА ТАКМИЧЕЊА

Божидар С.Милић, Физички факултет, Београд

Недавно је одржано јубиларно, двадесето Републичко такмичење из физике за ученике средњих школа са уже територије СР Србије (Београд, 10. мај 1981. године). Такмичарима, ученицима II разреда био је, између осталих, постављен и следећи задатак:

Колика би требало да буде брзина електрона да би његова де Бројева таласна дужина била једнака де Бројевој таласној дужини протона чија брзина износи 1% брзине светлости?

Задатак је тачно решило само око 10% свих учесника ове такмичарске групе, иако су практично сви покушали да га реше. Многе од начињених грешака нису само нумеричке природе већ имају извесан принципијелни карактер. Стога верујемо да би анализа тих грешака могла бити поучна за сваког ко се интересује за физику и жели да заиста разуме њене законитости.

Погледајмо најпре како изгледа тачно решење задатка. За де Бројеу таласну дужину се у уџбенику за II разред ЗО СУО (стр. 109,

„Де Бројева формула”) наводе изрази:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}. \quad (1)$$

Како је брзина кретања протона само стоти део брзине светлости, код рачунања његове де Бројеве таласне дужине се за импулс честице може писати

$$p_p = m_p v_p = \frac{m_p c}{100},$$

где је m_p маса мировања протона. Дакле

$$\lambda_p = \frac{h}{p_p} = \frac{100h}{m_p c}. \quad (2)$$

Нумеричка вредност ове таласне дужине није била тражена у задатку нити је битна за његово даље решавање (иако су је многи учесници израчунали). Због много мање масе мировања, електрон чија би таласна дужина била једнака вредности израженој формулом (2) биће највероватније релативистички, тако да се његов импулс мора изразити формулом са стр. 63 уџбеника за I разред ЗО СУО. Означивши његову за сад непознату брзину v_e , према формули (1) пишемо:

$$\lambda_e = \frac{h \sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}}{m_{e0} v_e}, \quad (3)$$

где је m_e маса мировања електрона (упореди са задатком 3.19. Приручника из физике за II разред ЗО СУО). Постављени задатак захтева да буде $\lambda_p = \lambda_e$. Изједначавајући међусобно десне стране израза (2) и (3) и узимајући у обзир да је $m_{p0}/m_{e0} = 1840$, добијамо

$$\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}} = \frac{2}{18,4} \frac{v_e}{c}. \quad (4)$$

Квадрирањем, експлицитним решавањем по $(v_e/c)^2$ и вађењем квадратног корена излази

$$\frac{v_e}{c} = \frac{18,4}{\sqrt{18,4^2 + 1}} \approx 0,998. \quad (5)$$

Стављајући $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, добило би се $v_e = 2,99 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Реч је, дакле, о електрону чија се брзина врло мало разликује од брзине светлости (тзв. ултарелативистички електрон).

Наведимо сад најинтересантније грешке које су начинили учесници такмичења.

1) Известан број учесника (доминантна већина оних који су задатак покушали да реше али нису успели) примењује формулу (1) тако да за обе честице ставља масе мировања. Уместо једначине (4) они тако добијају

$$m_{e0} v_e = m_{p0} v_p, \quad \text{тј.} \quad \frac{v_e}{c} = \frac{1}{100} \frac{m_{p0}}{m_{e0}}. \quad (6)$$

Одавде, са истим нумеричким вредностима за c и m_{p0}/m_{e0} као горе, ови учесници такмичења пишу:

$$\frac{v_e}{c} = 18,4 \quad v_e = 55,2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (7)$$

што је не само за $\sqrt{18,4^2 + 1}$ пута веће од тачног резултата (5), већ је знатно веће од брзине светлости, тако да је и физички апсурдно. Отприлике половина од укупног броја учесника са овом грешком није приметила физичку апсурдност таквог резултата. Ти учесници су просто навели једначине (7) без икаквог коментара, сматрајући да је задатак решен. Било је, ипак, и доста учесника који су приметили да је резултат (7) физички немогућ и то су написали, али су из тога извукли погрешан закључак. Њихов коментар гласи отприлике овако: „Пошто је за брзину кретања електрона добијена вредност већа од брзине светлости, а то је немогуће по теорији релативитета, значи да се електрон не може ни под којим условима кретати тако да његова де Бројева таласна дужина буде једнака одговарајућој величини за протон брзине $0,01c$. По свему судећи, овде се срећемо са учесницима који још нису довољно свесни ограниченог опсега применљивости већине физичких формула и потребе да се формула коригује ако рачунање по њој доводи до апсурдног резултата.

2) Било је учесника који су решавање задатка започели према једначинама (6) и (7), тј. без релативистичке корекције за импулс електрона, уочили да се добија физички нелогичан резултат и да је, стога, потребно применити релативистичке формуле, али су такве формуле применили за обе честице, не осврћући се на чињеницу да протон има врло малу брзину у поређењу са c и да је за ту честицу релативистичка корекција непотребна. Изражавајући де Бројеву таласну

дужину протона по аналогји са једначином (3), ови учесници уместо једначине (4) пишу:

$$\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}} = \frac{1}{18,4} \frac{v_e}{c} \sqrt{1 - \frac{v_p^2}{c^2}} = \frac{1}{18,4} \sqrt{1 - 10^{-4}} \frac{v_e}{c}. \quad (8)$$

Одавде, после трансформација аналогних онима које од једначине (4) воде ка једначини (5), они уместо (5) добијају:

$$\frac{v_e}{c} = \frac{18,4}{\sqrt{18,4^2 + 1 - 10^{-4}}} \quad (9)$$

што се од резултата (5) разликује тек на седмој децимали (провери!). Код оваквог решавања није, наравно, реч о грешкама у резонувању, али је *тачност резултата бесмислено увећана*, што је такође грешка за коју нема физичког оправдања. *Физичке формуле одражавају реалност природе само приближно са оноликом тачношћу са којом су инструменти коришћени при установљавању физичког закона били у стању да измере физичке величине.* Сличну грешку превишења тачности резултата начинили су учесници који су узимали $c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ или $m_{p0}/m_{e0} = 1837,048$ а и сви они који су своје крајње резултате изражавали са пет и више децимала.

3) Врло интересантна грешка је примећена у радовима извесног мањег броја учесника (око 5—6). Код рачунања де Брољеве таласне дужине они примењују формулу

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} \quad (10)$$

добијају резултат (7), уочавају потребу релативистичке корекције за електрон и у том циљу комбинују (10) са релативистичком формулом за кинетичку енергију електрона:

$$E_k = m_{e0}e^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}} - 1 \right), \quad (11)$$

сматрајући да у (10) m означава масу мировања честице. Услов задатка $\lambda_p = \lambda_e$ они, тако, свде на једначину

$$m_{p0}v_p = \sqrt{2m_{e0}^2c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}} - 1 \right)},$$

и уместо (4) пишу:

$$\sqrt{2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}} - 1 \right)} = 18,4. \quad (12)$$

После квадрирања ове једначине, сређивања, још једног квадрирања и експлицитног решавања по v_e , на крају добијају:

$$\frac{v_e}{c} = \sqrt{1 - \left(1 + \frac{1}{2} \cdot 18,4^2 \right)}. \quad (13)$$

Овај резултат је *имагинарни број*, што наводи ове учеснике на закључак да постављени проблем нема решења, тј. да електрон ни при каквој брзини не може имати де Брољеву таласну дужину као протон брзине $0,01c$. Грешка је овде учињена већ у полазној формули (10). Упоређивањем са формулом (1) се види да је при писању те формуле за импулс честице стављено $p = \sqrt{2mE_k}$, што важи *само у нерелативистичком случају* кад је $E = 1/2 mv^2$ и није применљиво у релативистичком случају, тј. у комбинацији са формулом (11). У овом последњем случају веза између импулса и кинетичке енергије има сложенији облик:

$$p = \sqrt{2m_0E_k + \frac{E_k^2}{c^2}} \quad (14)$$

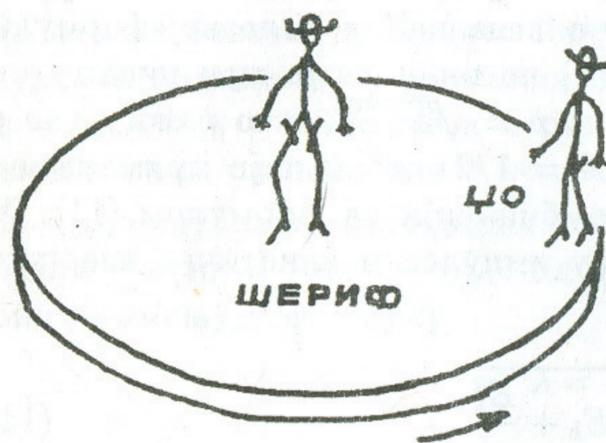
који се може добити кад се брзина честице елиминише из једначине (11) и формуле за импулс искоришћене код писања једначине (3). Дакле, код учесника који су дошли до резултата (13) је реч о *неадекватној примени једне физичке формуле ($p = \sqrt{2mE_k}$) изван њене области применљивости.* То је грешка истог типа као она која би била начињена кад би се сматрало да се из $E = 1/2mv^2$ помоћу $m = m_0/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ може добити релативистички израз за кинетичку енергију. Резултат таквог „комбиновања” формула је очигледно потпуно различит од једначине (11) и свакако није тачан.

4) Приметимо, на крају, да је у 2—3 случаја при решавању постављеног задатка била некритички примећена формула

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e eV}} \quad (15)$$

(стр. 110 уџбеника за II разред ЗО СУО). Она се односи на де Броље-ву таласну дужину електрона који је убрзан проласком кроз разлику потенцијала V , али још увек има сразмерно малу брзину у односу на c . Наиме, проласком кроз разлику потенцијала V електрон стиче кинетичку енергију $E_k = eV$ (ово важи и у нерелативистичком и релативистичком случају), али ће импулс електрона бити дат имениоцем формуле (15) само у нерелативистичком случају, као што је речено у претходном. Грубом омашком су учесници који су користили формулу (15) узели да V у њој представља брзину електрона. Физика оперише са знатно већим бројем појмова него што има слова у латинској и грчкој азбуци, па је неизбежно да се сасвим различите величине означавају истим словом, о чему ови учесници нису довољно повели рачуна. [МФ-21]

НАГРАДНИ ЗАДАТАК



Случај је удесио да шериф подели мегдан са криминалцем на хоризонталној платформи која равномерно ротира угаоном брзином ω . Према нашој скици, финални обрачун се одиграо тако да је делилац правде био у центру, а Џо, звани Напаст, на периферији платформе полупречника R . Очевици тврде да су истовремено потегли оружје и опалили из идентичних равољвера.

Одговорите: а) Куда да пуца шериф да би погодио Џоа? б) Куда да пуца Џо да би погодио шерифа? в) Ако су и један и други тачно циљали, ко је први погинуо?

Припремио: В. Бабовић, ПМФ, Крагујевац

ПРАВИЛНА РЕШЕЊА КОНКУРСНИХ ЗАДАТАКА ИЗ МФ-47, МФ-48 и МФ-49 ДОСТАВИЛИ СУ:

1. ОШ „Ратко Жунић”, Рутевац, (наставник Слободан Митић): Александар Стојановић: 1112, 1115, 1119
2. ОШ „Миша Живановић”, Средњево, (Синиша Станковић): Зоран Татић, задаци: 1112, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118, 1119, 1120, 1121, 1128, 1141, 1142, 1143, 1144, 1150
3. ОШ „Душко Радовић”, Нови Београд, (Смиља Аксентијевић): Никола Петровић: 1146, 1147, 1150

4. ОШ „Десанка Максимовић”, Горњи Крупац, (Милорад Отовић): Биљана Војиновић: 1141, 1143, 1146; Маја Димитријевић: 1141, 1143, 1146; Весна Милутиновић: 1141
5. ОШ „Стеван Чоловић”, Ариље, (Момир Вуковић): Данијела Стојановић: 1117, 1118, 1119, 1120, 1121; Драгана Луковић: 1117, 1118, 1119, 1120, 1121; Ивана Буквић: 1117, 1118, 1119, 1120, 1121;
6. Гимназија „Ј.Ј. Змај”, Нови Сад, (професор: Гена Литричин): Немања Житић: 1127, 1134; Зорица Стеванов: 1131; Марко Ракић: 1122, 1127, 1128, 1129, 1130, 1131, 1132
7. Математичка гимназија, Београд, (Драган Цветковић): Ивана Радуловић: 1127, 1128, 1129
8. Гимназија „Вук Караџић”, Трстеник, (Милутин Ђонић): Ивица Стевановић: 1109, 1110, 1111, 1127, 1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, одабрани задаци 1, 2 и 3 и сви задаци из астрономије
9. Гимназија „Д. Васиљев” Кикинда, (Петар Вуца): Наташа Мирковић: 1162, 1163, 1164, 1165, 1167

Редакција часописа Млади физичар захваљује се Министарству за науку и технологију Србије, Физичком факултету у Београду, Институту за физику у Земуну и спонзорима на помоћи при издавању овог броја часописа Млади физичар.

PP *M&R TRADE* sa p.o. Novi Sad

M&R

M&R TRADE

AGENCIJA

MiR

MARKETING ISLUSIJEI RAZVOJ INVESTICIJE