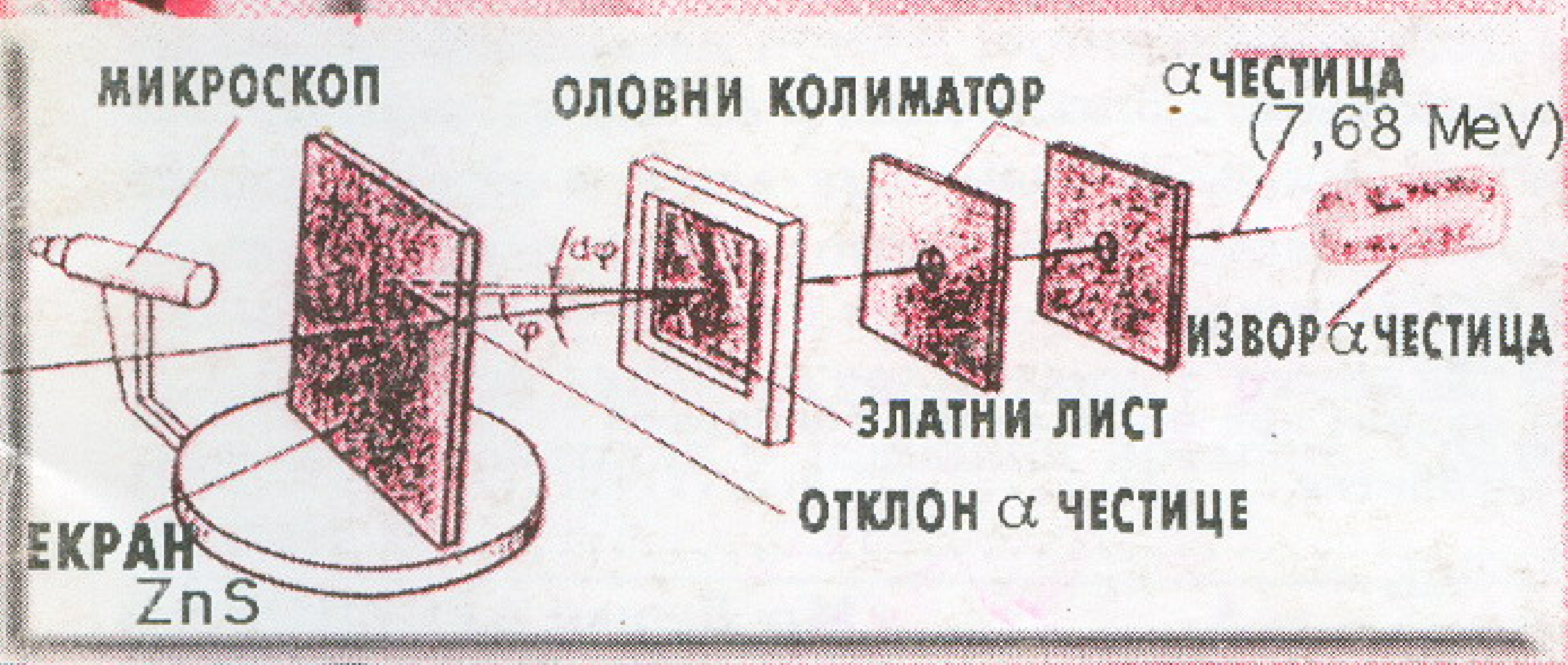
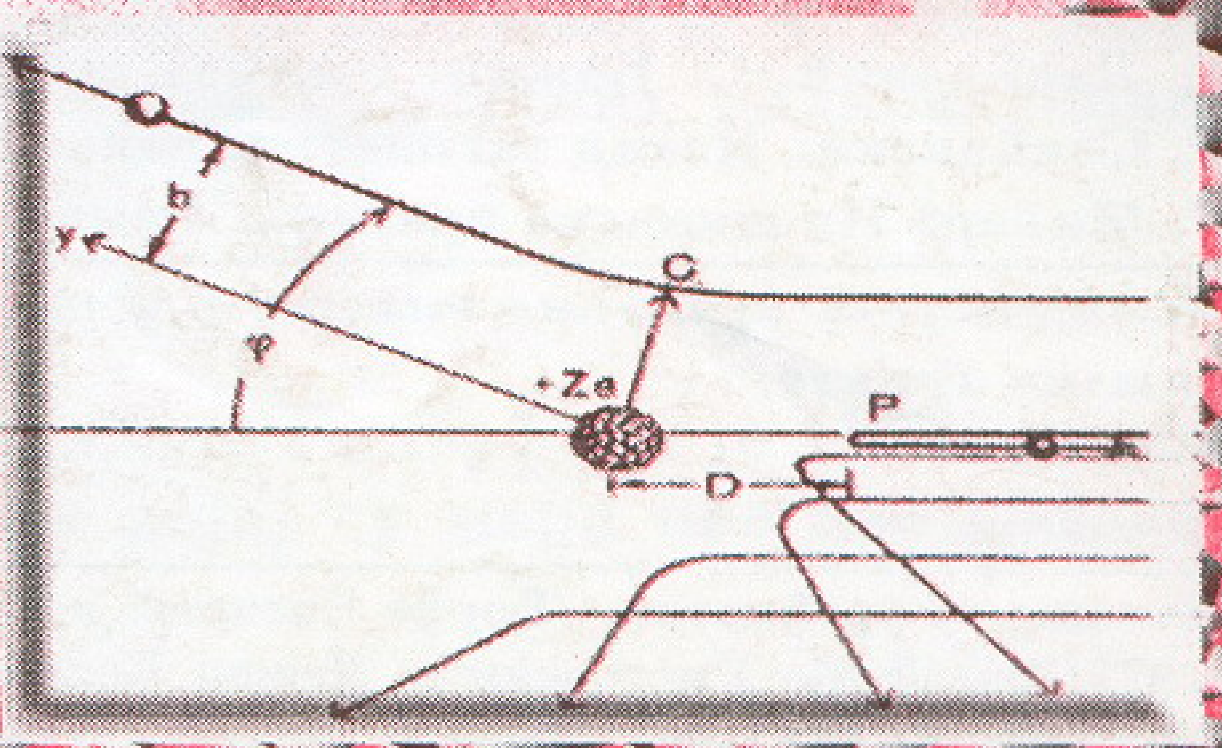
МЛАДИ ФИЗИЧАР

ЧАСОПИС ИЗ ФИЗИКЕ ЗА УЧЕНИКЕ

62
96/97

YU ISSN 0351-5575





ЕРНЕСТ РАДЕРФОРД

ИЗДАВАЧ: ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

Година XX **број 62** **1996/97**

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

САДРЖАЈ:

Компјутерска припрема текста и цртежа: **Мр Душан АРСЕНОВИЋ**
Језички лектор: **Др Асим ПЕЦО**
Корице: **Т. ПЕТРОВИЋ и Д. ПОЛИЋ**
Штампа: **„Кућа штампе"**, Земун

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

ЕРНЕСТ РАДЕРФОРД

Мирјана Поповић-Божић, Институт за физику, Београд

Крај деветнаестог и прва половина двадесетог века је период огромног прогреса у природним наукама који се карактерише великим продором у поимању структуре материје. Најпре је настала и развила се атомска физика, потом нуклеарна физика, а из ње физика високих енергија, односно физика елементарних честица. Својом изванредном маштом и експерименталним умећем Ернест Радерфорд (**Ernest Rutherford**) је настанку и развоју сваке од ове три области допринео на скоро непревазиђен начин. 1902. је изложио тада револуционарну мисао да је радиоактивност (емисија зрачења) феномен који је праћен трансформацијом атома радиоактивне супстанце у другу врсту атома. Из чињенице да се атоми могу трансформисати један у други, закључио је да атоми нису недељиви већ да имају структуру. Потом је 1911, на основу експеримената расејања честица, предложио модел атома, тзв. *нуклеарни* или *планетарни* модел атома. Године 1919. је открио да и језгро има структуру, што представља почетак нуклеарне физике, а тридесетих година његови ученици и сарадници отворили су еру физике високих енергија из које се развила физика елементарних честица.

Младост и школовање

Ернест Радерфорд је рођен у Брајтвотеру (**Brightwater**), близу Нелсона на Новом Зеланду, 30. августа 1871. Био је син фармера чија је специјалност била производња лана. Државну школу је похађао до своје петнаесте године, када је добио стипендију и уписао се у Нелсон колеџ. Бистар и веома надарен младић, истицао се у колеџу по томе што је освајао све значајне награде и признања. Стекао је диплому природних наука (**B.Sc** степен) 1894. на Кентербери колеџу, после чега је примљен на Тринити колеџ у Кембриџу (Енглеска) да ради под руководством Томсона (**J.J. Thomson**). Живео је и радио у Кембриџу у време великих открића у физици. 1895. године Рендген (**Roendgen**) је објавио откриће X-зрака, убрзо потом, 1896, уследило је Бекерелово (**Becquerel**) откриће радиоактивности, а 1897. Томсон је открио електрон.

Радерфордови први радови у Кембриџу односили су се на детекцију електромагнетних таласа. Али, после открића Рендгена и Бекерела, Радерфордову пажњу је привукла много актуелнија област - провођење струје у гасовима. У овој области је одмах стекао признања за своје изузетне способности.

Природна радиоактивност

1898. године Радерфорд је добио место професора истраживача у области физике на Мекгил (**McGill**) универзитету у Монтреалу, где је провео девет година. Ту је са Содијем (**F. Soddy**) извео ингениозне експерименте из којих су следили њихови описи и објашњења појаве радиоактивности.

Нашли су да се радиоактивно зрачење састоји из најмање две врсте, које су назвали *алфа* и *бета* зрачење. Касније је Радерфорд утврдио да се *алфа* зрачење састоји од двоструко јонизованих атома хелијума. Посебно су били значајни њихови експерименти у којима су проучили радиоактивност торијума. Радерфорд и Соди су формулисали закон радиоактивног распада, према коме је *активност* A, број радиоактивних распада у јединици времена, сразмерна броју присутних радиоактивних језгара N

$$A = -\frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t} = \lambda N.$$

Константа λ се назива *константа распада.* За ове радове Радерфорд је 1908. године добио Нобелову награду за хемију, што показује у којој су мери ове две области науке биле блиске у то време.

На основу ових експеримената Радерфорд је предложио, за то време револуционарну идеју, да је радиоактивност (емисија зрачења) феномен који прати спонтану трансформацију атома једне радиоактивне супстанце у атоме друге супстанце. У прилог својој теорији изложио је импресивне експерименталне чињенице, али прошло је неколико година док су његови савременици прихватили ову интерпретацију. Разлог за то се налази у чињеници што је Радерфордова интерпретација радикално одступала од тада уобичајеног схватања о недељивости атома.

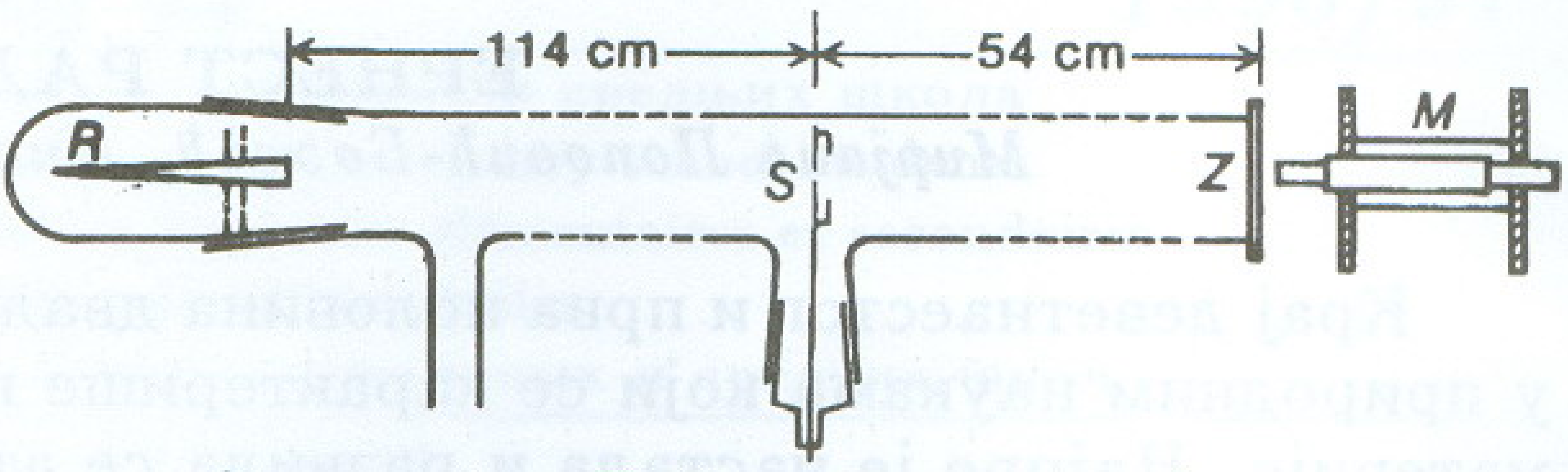
Структура атома

Расејање α честица на златној фолији

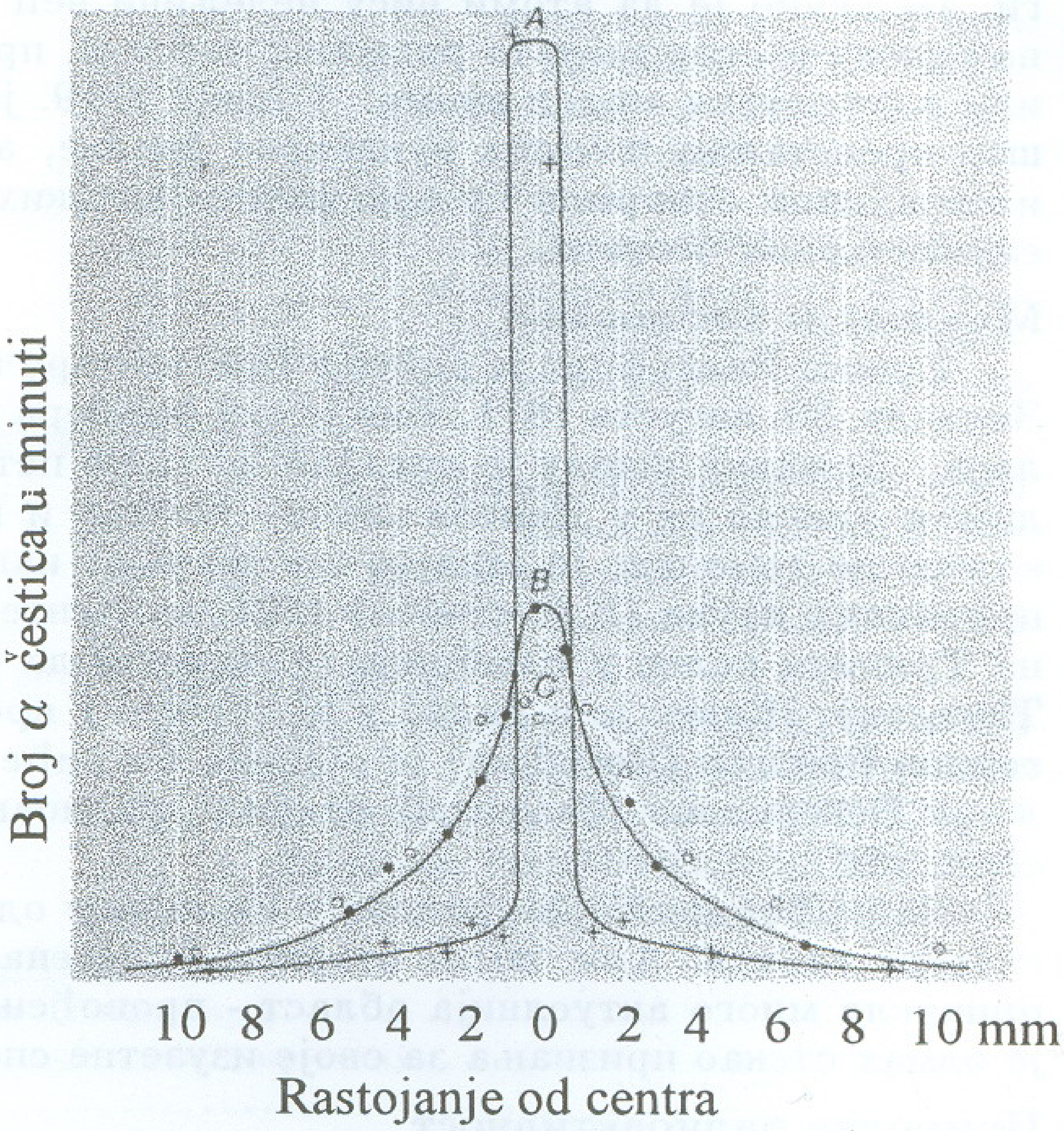
1907. године Радерфорд је прихватио катедру на Универзитету у Менчестеру, где је наставио своја истраживања започета у Монтреалу, о расејању α честица. Радерфорду су ове честице, масивни двоструко јонизовани атоми хелијума, изгледале као идеалне тест-честице за студију структуре атома. Радерфордов студент Гајгер (**Hans Geiger**) је 1908. године започео семиквантитативно проучавање **расејања алфа-честица** на златној фолији, посматрајући кроз микроскоп флуоресценцију насталу при удару алфа-честица у екран од цинк-сулфида. (Слике 1 и 2 показују Гајгерову првобитну апаратуру и резултат алфа расејања).

Потом су Гајгер и Радерфорд поставили истраживачки задатак младом студенту Марсдену (**E. Marsden**) да испита да ли има честица расејаних уназад. Претпостављали су да их нема, али су хтели да то, ипак, провере. На њихово велико изненађење, Марсден је нашао да се мањи број алфа-честица враћа уназад, што је значило да су расејане под великим углом, скоро **180°**.

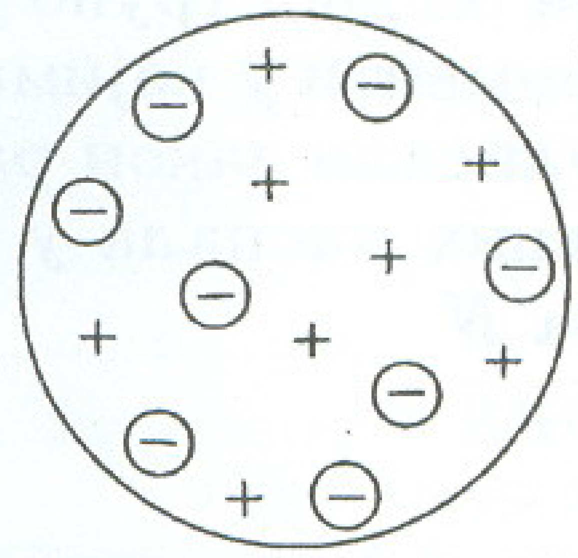
Потом је Радерфорд почео системат-



Слика 1. Гајгерова првобитна апаратура, за посматрање расејања алфа-честица из извора R на фолији S. Алфа-честице које падају на заклон Z су посматране оком кроз микроскоп M.



Слика 2. Резултати Гајгеровог мерења расејања алфа-честица. Крива A показује колимисаност снопа. Криве B и C представљају расејање на једној и две фолије, респективно.



Слика 3. Модел атома који је претходио Радерфордовом.

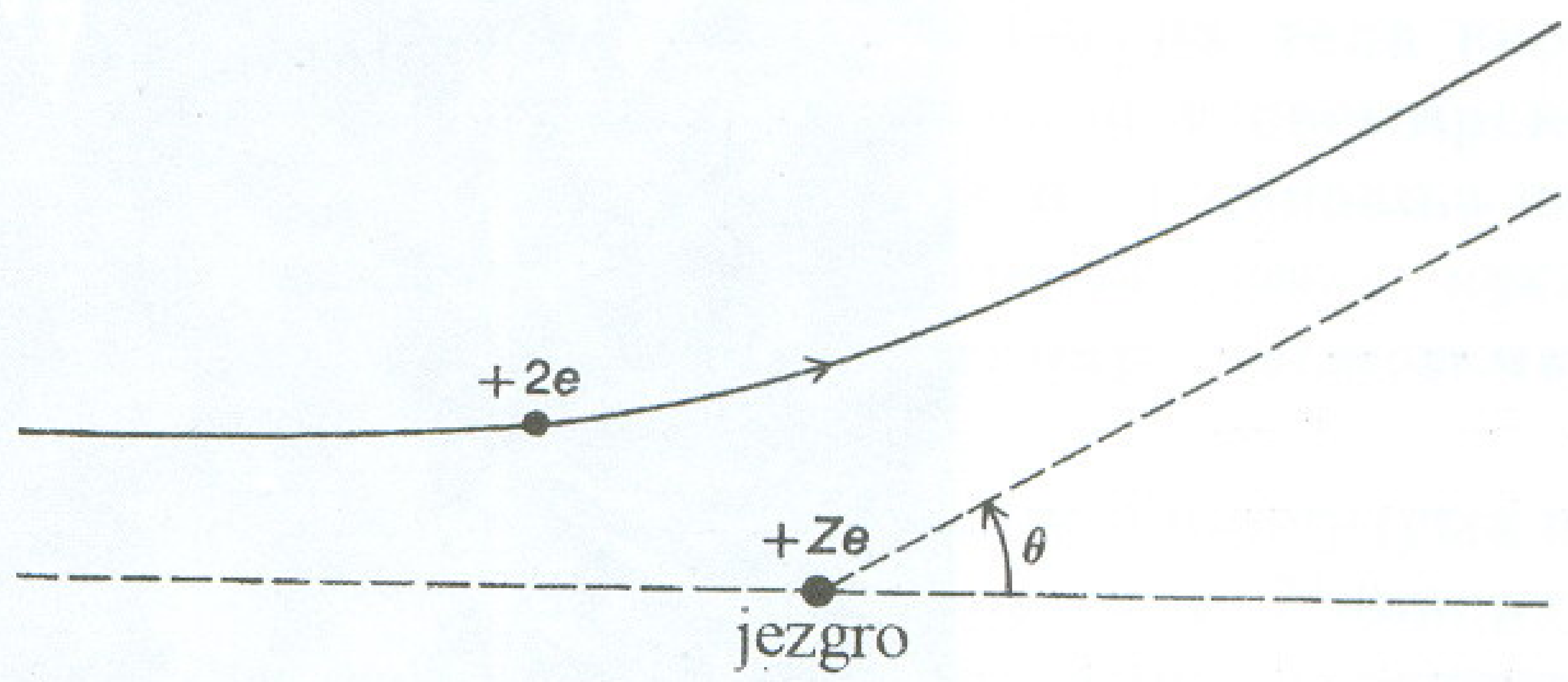
ски да проучава тип расејања на основу кога би се могло објаснити расејање α честица под великим угловима на атомима злата. У то време било је већ јасно да је атом неутралан, а да су примарне силе унутар атома електричне природе. Поред тога био је актуелан модел атома, према коме се атом састоји од електрона уграђених у позитивно наелектрисану сферу (као на слици 3). Дакле, закључио је Радерфорд, само Кулонова (**Coulomb**) сила, која одговара позитивном наелектрисању атома, може изазвати расејање тешке α честице. Електрони су исувише лаки и били би само одгурани; могли би незнатно допринети таквом расејању. Интензитет силе између два наелектрисања је дат Кулоновим законом:

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{R^2}.$$

Та сила делује дуж линије која спаја два наелектрисања.

Радерфорд је одредио и вероватноћу да сноп честица буде расејан под углом ϑ (као што је приказано на слици 4). Теоријски је показао да је та вероватноћа сразмерна са

$$\frac{1}{\sin^4 \frac{\vartheta}{2}}.$$

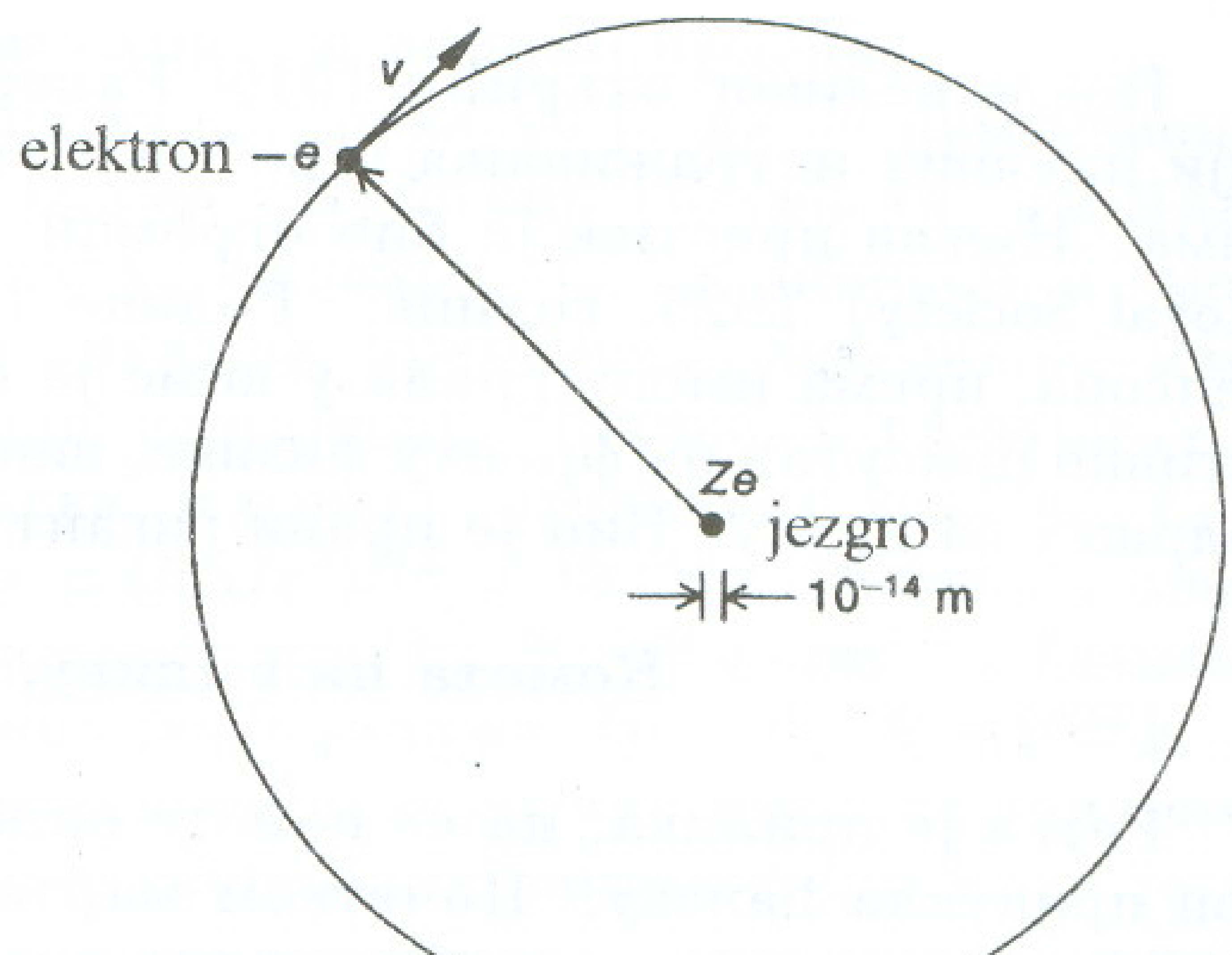


Слика 4. Расејање α честице на позитивно наелектрисаном језгру.

Серијом експеримената, чије резултате су 1913. године објавили Гајгер и Марсден, овај Радерфордов теоријски израз је био до детаља потврђен.

Радерфордов модел атома

Године 1911. Радерфорд је предложио нови модел атома, који је Нилс Бор, (**Niels Bohr**) у своме славном раду из 1913. године приказао овако: „Према Радерфордовој теорији структуре атома, атом се састоји из позитивно наелектрисаног језгра окруженог системом електрона које држе на окупу привлачне силе које потичу од језгра; укупно негативно наелектрисање електрона је једнако позитивном наелектрисању језгра. Поред тога, у језгру је сконцентрисан највећи део масе атома, а његове димензије су мале у односу на линеарне димензије целог атома. Закључено је да је број електрона у атому приближно једнак половини атомског масеног броја. Овоме моделу треба посветити велику пажњу, пошто, као што је Радерфорд показао, претпоставка о постојању језгра је веома неопходна да би се објаснили разултати експеримента са расејањем α честица под великим углом."



Слика 5. Радерфордов модел атома.

Боров модел атома

Млади дански физичар Нилс Бор је био велики присталица Планкове (**M. Planck**) хипотезе на основу које је Планк објаснио зрачење црног тела, а Ајнштајн (**Einstein**) фотоелектрични ефекат. У току пролећа 1912. године Бор је провео четири месеца код Радерфорда у Манчестеру, када се Радерфорд нашао пред проблемом што његов модел није стабилан, јер би, према класичној теорији, такав атом колапсирао у току 10^{-8} s. Поред тога његов модел није објашњавао емисионе спектре атома. Ови проблеми су били велико искушење за младог Бора. Вративши се у Копенхаген, јула 1912, Бор је већ био формулисао своје идеје које ће довести до његове теорије атома водоника.

1919. године, бомбардујући језгро α честицама, Радерфорд је произвео вештачки распад (дезинтеграцију) језгра. Тако је почело доба нуклеарне физике. Исте године Радерфорд је наследио Томсона као професор експерименталне физике на Универзитету у Кембрицу.

Слика 6. Валтон (лево) и Кокрофт (десно) са Радерфордом 1932, после њиховог успешног цепања језгра помоћу енергетских протона из њиховог акцелератора.

* * *

После великог открића 1919. Радерфорд је све своје време посветио организацији научних истраживања и вођењу студената у њиховим истраживачким проблемима. Његов престиж је био огроман. Постао је председник Краљевског друштва (**Royal Society**) 1925. године. Године 1931. добио је титулу Барон Радерфорд од Нелсона, према имену града у коме је похађао колеџ. До своје смрти, 1937, био је активно присутан на фронту физике, пишући, саветујући колеге и студенте, тражећи подршку за науку. Био је прави гигант у науци свога времена.

Комета на видику, не пропустите прилику

Ретка је прилика, да се комете виде голим оком. Овог пролећа је комета Хејл-Боп привукла пажњу. Почетком марта она се види ујутру, пре изласка Сунца на источном делу неба, а крајем марта и у априлу ће се видети увече по заласку Сунца на западном делу неба. Види се као звездолики објекат окружен магличастом комом од кога се наставља реп, уперен супротно од Сунца.

Назив је комета добила по америчким астрономима, аматерима, Алану Хејлу (**A. Hale**) и Томасу Бопу (**T. Bopp**) који су је открили претпрошле године.

За оне који знају сазвежђа, рећи ћемо да се комета почетком марта видела источно од Денеба. Најбоље време за њено посматрање из наших крајева је 5^{h}, јер је тада она изнад измаглице, а небо још није превише светло. Сјајнија је од Денеба. Период кретања комете износи 3200 година. Више можете наћи у часопису за астрономију „Васиона".

Јелена Милоградов-Турин

ВРЕМЕ У АСТРОФИЗИЦИ

Стеван Јокић, Институт за нуклеарне науке, Винча

1. Увод

Питања попут следећих: Како и из чега је настао Универзум? Колика је старост Универзума? Колика је старост Сунчевог система? Колика је старост Земље?, била су у центру религијских, филозофских, уметничких и научних истраживања од раних почетака наше цивилизације до данашњих дана. У овом чланку, који је пети у серији „од атома до елементарних честица и васионе" објављених у претходним бројевима[1] *Младог физичара*, биће описан начин којим су одређени време настанка и временска еволуција Универзума коришћењем астрофизичких закона.

Астрофизика, унија астрономије и физике, примењује физичке законе, изучене у лабораторијама на Земљи, у настојању да објасни састав небеских тела као и интеракцију између материје и енергије у њиховој унутрашњости и у свемирском простору између њих. Она представља интердисциплинарно поље истраживања које се остварује применом: *космологије, свих врста астрономије, астронаутике; нуклеарне, атомске, молекуларне и физике елементарних честица, геохемије, космохемије, нуклеарне хемије, итд.*

Већина космолога (космологија изучава структуру и еволуцију Универзума полазећи од одговарајућих хипотеза и екстраполација) данас мисли да је Универзум настао у великој експлозији која се јавила на екстремномалом простору, екстремновеликој густини, енергији и температури (Одељак 2.). Модел који је заснован на овим претпоставкама познат је у литератури као модел *великог праска* (*биг-банг*), коме иде у прилог низ експерименталних опсервација (Одељак 3.) Помоћу њега је могуће извршити датирање карактеристичних догађаја у еволуцији Универзума (Одељак 4.). Закључак је дат у Одељку 5.

2. Које су то почетне величине карактеристичне за велики прасак?

Планк (Planck 1858-1947), аутор теорије кванта, показао је да се димензионом анализом фундаменталних константи; гравитационе - G, брзине светлости - c и Планкове константе - h односно $\hbar \equiv h/2\pi$, датих у одговарајућој комбинацији, могу конструисати величине које имају димензије дужине, временског интервала, масе, енергије, густине и температуре. Ове величине се називају Планкове. Сматра се да представљају почетне величине великог праска, и износе: Планкова дужина: $L_P = (\hbar G/c^3)^{1/1} \cong 10^{-33}\,\mathrm{cm}$; Планково време: $t_P = (\hbar G/c^5)^{1/2} \cong 10^{-44}\,\mathrm{s}$; Планкова маса: $m_P = (\hbar c/G)^{1/2} \cong 2\cdot 10^{-5}\,\mathrm{g}$; Планкова густина: $\varrho_P = m_P/L_P^3 \cong 10^{94}\,\mathrm{g\cdot cm^{-3}}$; Планкова енергија: $E_P = (\hbar c^5/G)^{1/2} \cong 10^{19}\,\mathrm{GeV}$; Планкова температура: $t_P = E_P/k \cong 10^{32}\,\mathrm{K}$.

Према овим величинама Универзум је у почетном тренутку имао велику енергију, односно температуру, а заузимао је екстремно малу запремину и имао је занемарљиво малу масу. Постојала је само једна врста интеракције, тј., све четири основне интеракције (*гравитациона, слаба, електромагнетска и јака*), које данас познајемо у физици, биле се уједињене у једну. Било је то стање суперунификације. Како је време протицало, његова запремина и маса су се повећавале; енергија, температура и густина смањивале, а основне интеракције су се издвајале једна по једна. Потврда ових констатација налази се у одговарајућим експерименталним опсервацијама.

3. Опажања која иду у прилог модела великог праска

У сагласности са моделом великог праска, опажено је следеће:

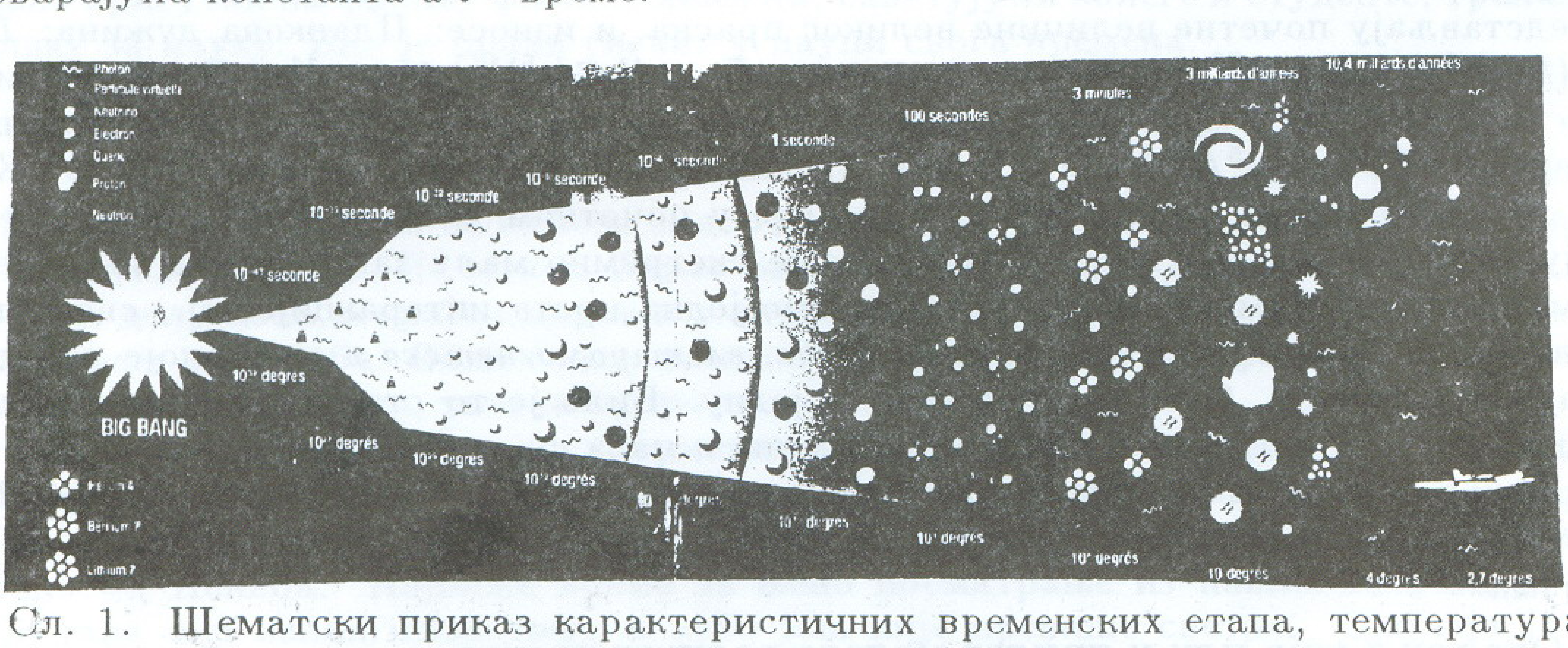
а) Ширење Универзума које је открио Хабл (Hubble 1889-1953) 1929. године. Све галаксије удаљавају се једне од других брзином v, која је пропорционална њиховом растојању, R, према једначини, $v = H \cdot R$. Хаблова константа, H, представља меру тог ширења. Њена вредност износи $H = 50 - 100\,\mathrm{km/s/Mpc}$, при чему је мегапарсек, $1\,\mathrm{Mpc} = 3{,}26 \cdot 10^6$ светлосних година. Инверзна вредност Хаблове константе представља меру старости Универзума и износи $t_H = (10 - 20) \cdot 10^9$ година. Експериментална евиденција која ово потврђује је откриће црвеног помака, али њу, овде нећемо разматрати;

б) Постојање *микроталсног основног космичког зрачења Универзума*, које су открили Пензиас (**R. Penzias**) и Вилсон (**R. Wilson**) 1965. године. Сматрало се да је после великог праска долазило до постепеног хлађења Универзума и да би он, ако је овај модел добар, требало да има неку температуру, која је иста свуда. Пензијас и Вилсон су посматрали микроталсно зрачење које одговара температури апсолутноцрног тела од приближно $3\,\mathrm{K}$. Интересантно је поменути да је њихово откриће потврђено врло прецизним мерењима оствареним помоћу спектрометра **FIRAS (Far Infrared Absolute Spectrometer)** који је био постављен на сателит **COBE (Cosmic Background Explorer)** лансиран у новембру 1989. године. Измерена вредност температуре микроталасног основног космичког зрачења Универзума је износила $T = (2{,}73 \pm 0{,}06)\,\mathrm{K}$;

в) Пошто је после великог праска, у одређеном раном тренутку еволуције Универзума (Одељак 4.), дошло до стварања лаких атомских језгара: $^{1}\mathrm{H}$ (водоник), $^{2}\mathrm{H}$ (деутеријум), $^{3}\mathrm{He}$, $^{4}\mathrm{He}$ (хелијум), $^{7}\mathrm{Li}$ (литијум), очекује се да је њихова обилност иста за цео сунчев систем, што је и експериментално измерено. Утврђено је да водоник и хелијум чине око 98% масе звезда и да се не разликује од звезде до звезде. Настанак тежих хемијских елемената објашњава се процесом нуклеосинтезе, односно фузијом лакших хемијских елемената у теже, у звездама. Количина тешких метала процењена је на око 2% укупне масе звезда и може да варира од звезде до звезде за фактор 1000. Коришћењем физичких закона астрофизичари су успели да реконструишу следеће временске етапе у еволуцији Универзума.

4. Датирање карактеристичних догађаја у еволуцији Универзума

Карактеристичне временске, температурске и материјалне етапе еволуције Универзума, према моделу великог праска, приказане су шематски на Сл.1. Посебно ће бити разматрана, што је и тема овог чланка, временска еволуција Универзума, која се добија из Вајнберговог (**Weinberg** 1933, добио Нобелову награду за физику 1979) модела према једначини $R(t) = At^{1/2}$ у којој је R - растојање између галаксија, A - одговарајућа константа а t - време.



Сл. 1. Шематски приказ карактеристичних временских етапа, температура и саставних делова Универзума.

Од великог праска до данас у Универзуму је била увек присутна нека врста радиоактивности. Радиоактивни објекти, у форми елементарних честица, у почетку, или атомских језгара у каснијим етапама његове еволуције, имали су улогу *трасера и хронометара*. Улога трасера је оствaривана емисијом честица или зрачења који се детектују и локализују. Пошто се честице и језгра распадају у одређеним временским интервалима, који се процењују према статистичким законима радиоактивног распада, остварује се улога хронометара. Према природи и времену распада неке честице или језгра добијају се информације о старости Универзума, старости Земље, геолошким процесима, па и о историји људске врсте. Погледајмо временску еволуцију од великог праска до данашњих дана:

- *реда* 10^{-43} *секунде*: Универзум је имао пречник од 10^{-33} cm, дакле, знатно мањи него атом водоника (10^{-8} cm), а температура је била 10^{32} K. Постојао је једино квантни вакуум. То није вакуум како га ми представљамо у класичној физици. Њега чини енергија у форми фотона и фантомских честица које се још називају и виртуелне честице (за њих не важи Хајзенбергова релација неодређености);

- *реда* 10^{-35} *секунди*: Универзум наставља да се хлади, 10^{27} K, и шири тако да му се димензије могу упоредити са димензијама, на пример, јабуке. У временском интервалу до 10^{-32} s Универзум се повећао за фактор 10^{50}, при чему се ослобађа знатна енергија квантног вакуума;

- *реда* 10^{-32} *секунди*: Ослобођена енергија квантног вакуума доводи до стварања материјалне компоненте Универзума. На који начин? Пошто је температура била 10^{26} K, било је могуће стварање честица материјализацијом радијације. Да би се створиле честица (a) и античестица ($\bar{a}$), одговарајуће врсте, из гама фотона (γ) потребно је да важи следећа релација: $\gamma \leftrightarrow a + \bar{a}$. Температура ($T$), почев од које се то може остварити, назива се *температурски праг креације*, а одређена је релацијом за енергију (E) која одговара маси мировања те честице: $E = mc^2 = kT$, где је k - Болцманова константа. Тако је енергетски праг за стварање електрона (e), $E = 0{,}6$ MeV, а температурски праг, $T = 6 \cdot 10^9$ K, док је за протоне (p) $E = 0{,}937$ GeV а $T = 10^{13}$ K, итд. Дакле, у овој фази еволуције Универзума, на први поглед, било би могуће стварање електрона, неутрина (ν), кваркова, протона, неутрона (n), као и њихових античестица. Међутим, створени су само електрони, неутрини, кваркови и њихове античестице. Протони и неутрони нису могли бити створени, јер је енергија кваркова врло велика (овде су енергије реда 10^{15} GeV), тако да их јаке интеракције нису могле присилити да остану везани у њима. У овој епохи Универзума *слабе, електромагнетске и јаке интеракције се нису разликовале*, тј., биле су унификоване у једну. У физици је то познато као област *велике унификације*;

- *реда* 10^{-6} *секунди*: Универзум се охладио до температуре од 10^{13} K, заузимао је запремину приближно једнаку нашем Сунчевом систему. На овој температури кваркови и антикваркови су се кретали толико споро да их је нуклеарна сила могла обједините, три по три, у протоне, неутроне и њихове античестице. Нуклеарна интеракција се одвојила од електромагнетске и слабе, које су и даље остале унификоване. *Ова област се данас истражује у лабораторијама, јер акцелератори могу убрзати честице до ових енергија.* Дакле, у Универзуму су се тада појавили по први пут неутрони, протони и њихове античестице које се налазе у термичкој равнотежи са фотонима и електронима. Између њихових густина, односно броја честица, важила је једначина: $N_{e^-} = N_{e^+} = N_p = N_{\bar{p}} = N_\gamma$;

- *реда* 10^{-4} *секунди*: Универзум се охладио до температуре од 10^{12} K. Одмах се уочава да је то температура нижа од температурског прага за стварање неутрона, протона и њихових античестица из гама фотона одговарајуће енергије, односно стварања гама фотона анихилацијом, на пример, протона и антипротона. *Зато је однос броја фотона и протона остао непромењен од тада до данас, тј. до температуре Универзума од* $T = 3$ K. *Он износи,* $N_\gamma / N_p = 10^9$. Из овог односа се закључује да је $10^9 + 1$ протон анихилиран са 10^9 антипротона, тако да је добијено 10^9 гама фотона и *један протон.* Антиматерија је нестала, а преостали трагови материје, иако безначајни на нивоу Универзума, за нас су значајни и очигледни. У Универзуму се тада поред протона налазио статистички једнак број неутрона као и електрони, позитрони, неутрини и антинеутрини;

- *реда* 1 *секунд*: Температура је била 10^{10} K. До ове температуре су могуће следеће повратне реакције: $p+e^- \leftrightarrow n+\nu_e$; $n+e^+ \leftrightarrow p+\bar{\nu}_e$. Оне се остварују, подједнако, у оба смера само до температуре од 10^{10} K. *На овој температури се неутрини одвајају од материје.* Испод ове температуре горње реакције нису више реверзибилне и могуће су само са лева на десно. Међутим, принос друге реакције ће бити већи, јер је неутрон нестабилан. Број неутрона опада у односу на број протона. Њихов однос на некој температури је дат статистичким законом $N_n/N_p = \exp(-\Delta mc^2/kT)$ ($\Delta mc^2 = 1{,}2$ MeV је разлика маса неутрона и протона). Како се температура Универзума мења са временом, то је и претходна једначина функција времена. Однос броја неутрона и протона постаје константан на температури која одговара енергетском прагу електрона, $T = 6 \cdot 10^9$ K. На овој температури долази до масивне анихилације електрона и позитрона, а самим тим нису више могуће претходне две реакције између њих и протона и неутрона. Електрони, преостали у материјалној компоненти, врло су ретки, а и њихова брзина је врло мала да би изазвали реакције са протоном или неутроном. *Зато однос броја неутрона и протона остаје константан и износи*: $N_n/N_p = \exp(-1{,}2\,\mathrm{MeV}/0{,}6\,\mathrm{MeV}) = 0{,}135$, тј. има 12% неутрона и 88% протона. Дакле, у овој фази еволуције Универзума опстали су протони, неутрони и фотони;

- *реда* 100 *секунди*: Универзум се хлади до температуре од око 10^9 K. Протони и неутрони у процесу фузије стварају деутеријум, $p+n \leftrightarrow D$. Енергија везе, којом су неутрон и протон везани у деутеријуму, релативно је ниска и износи око 2,2 MeV. Енергија фотона је још увек довољно велика, већа од енергије везе деутеријума, па се изазива његова дезинтеграција (овај процес се назива још и фотодезинтеграција). Настали деутеријум се, дакле, одмах распада. Када температура Универзума достигне вредност од око $9 \cdot 10^9$ K, овај ефекат нестаје, а деутеријум формиран у процесу фузије остаје и почиње да, у фузионим реакцијама са протоном или неутроном, ствара трицијум, ^{3}H, односно хелијум, ^{3}He. У фузионој реакцији деутеријума са деутеријумом настаје ^{4}He који има већу енергију везе од претходних изотопа па је тиме и стабилнији од њих. То значи да ће скоро сви неутрони, присутни у том тренутку,ући у састав хелијума-4. Пошто је однос протона и неутрона 88 према 12, једноставним прорачуном се налази да се 12 неутрона везало за 12 протона дајући шест језгара хелијума-4. Укупну масу Универзума је чинило око 24% хелијума-4 и око 76% водоника-1. Ови груби подаци су у сагласности са експериментално опсервираном распрострањеношћу хемијских елемената и изотопа у Соларном систему данас;

- *реда* 3 *минута*: Температура је реда 10^8 K. У Универзуму се налазе, као што је показано, углавном водоник-1 и хелијум-4, а у врло незнатним количинама хелијум-3, деутеријум, литијум-7 и берилијум-7. Универзум се толико проширио да поменута језгра имају врло малу вероватноћу да се сретну и остваре нуклеарну реакцију попут фузионе. Сматра се да у овој фази еволуције Универзума скоро и да нема нуклеарних реакција;

- *реда* 3 *милијарде година*: У овој етапи еволуције Универзума формиране су прве галаксије. Настале су из облака водоника и хелијума чија је маса била око сто милијарди пута већа од масе нашег Сунца. Ови облаци, којих има и данас (виђени помоћу сателита COBE), под дејством гравитационе силе су се распршили у стотине милијарди малих облака са масом од једне десетине до сто маса Сунца. Њихова густина и температура се, услед дејства гравитационе силе, повећавала, а облик им је постајао сферни. Температура је, у њиховом центру, достизала вредност реда 10^7 K. Атоми водоника и хелијума су се сударали при чему су се ослобађали електрони и добијала језгра водоника и хелијума. Универзум у овој фази, за разлику од фазе на 3 минута, нема слободних неутрона. У фузионим реакцијама се ослобађала велика количина енергије у форми зрачења па су облаци у којима се то дешавало интензивније почели да светле. *Рођене су прве звезде!* У њима су били створени услови да се из лаких елемената процесом фузије добијају све тежи и тежи хемијски елементи. Процес настанка хемијских елемената, који чине наш Сунчев систем, објашњен је, али о њему овде неће бити речи. Интересује нас колико је времена прошло до формирања Сунчевог система;

- *око* **4,5** *милијарди година*: Једна од метода којом је одређивана старост Сунчевог система је заснована на анализи објеката, попут *метеорита.* Метеорити су, врло кратко време после свог настанка, пошто имају малу масу, могли да елиминишу своју унутрашњу топлоту. Њихова унутрашња температура због тога никад није била висока. Они су зато могли да *„запамте"* шта се дешавало током њихове еволуције, а тиме и еволуције Сунчевог система чији су и они саставни део. За разлику од њих, планете Сунчевог ситема, а тиме Земља и Месец, имале су дуго времена високу температуру па нам не могу дати одоговор на питања о структури материјала од кога су настали, о њиховом глобалном хемијском саставу, као и о њиховој старости. Дакле, они су све то „заборавили"! Експерименталним мерењима је показано да је обилност изотопа код метеорита иста као код Сунца. Анализе извршене на, до сада, најстаријем *метеориту, Аљенде*, који је пао 1969. године у Мексику, показују да је старост Сунчевог система **4,566** милијарди година. Анализа, коју овде нећемо описивати, заснована је на мерењу односа одговарајућих изотопа алуминијума и магнезијума.

5. Закључак

Историју Универзума је, према претходном излагању, могуће поделити на више периода у којима су доминантна одговарајућа физичка својства. Пре масивне анихилације *честица и античестица*, температура већа од 10^{13} K, све честице су биле у равнотежи са зрачењем и понашале су се као фотони. Универзум су сачињавале честице са релативистичком енергијом и фотони. То је била *хадронска ера*, јер су тада, углавном, били присутни *хадрони* (заједнички назив за неутроне, протоне и њихове античестице). Даљим хлађењем, после температурског прага анихилације хадрона, $T = 10^{13}$ K, а пре достизања анихилационог прага за електроне, $T = 10^{9}$ K, сви *лептони* (заједнички назив за електроне, неутрине и њихове античестице) су у равнотежи са фотонима. То је била *лептонска ера.* После лептонске ере густина радијације доминира у односу на густину материје. Преостали електрони и протони поседују енергију испод одговарајућих прагова анихилације, зато не могу бити у равнотежи са зрачењем. То је *ера радијације.* Она се завршава после 10^5 година. После ње наступа *ера материје*, јер је густина материје већа од густине радијације. На пример, у садашњем тренутку густина материје, процењена на основу пребројавања галаксија, износи $10^{-30}\,\mathrm{g/cm^3}$, а густина радијације $10^{-33}\,\mathrm{g/cm^3}$.

Овај чланак је имао за циљ да илуструје како се помоћу физичких закона, који важе у нуклеарној и физици честица, дакле у микросвету, могу извести квалитативни и квантитативни закључци везани за Универзум. Проблем *космолошког времена*[2]*, као и ограничености модела великог праска и Вајнберговог модела, овде нису разматрани.*

Литература:

1. Б. Маринковић, Д. Филиповић, *Време живота у свету атома*, Млади физичар **56** (1996) 4; Р. Ђорђевић, *„Стреле" времена*, Млади физичар **54** (1994/95) 6; С. Јокић, *Време у свету елементарних честица и атомских језгара*, Млади физичар **60** (1996) 8, Ј.Ј. Курепа, Д.Д. Маркушев, М. Терзић, *Мултифотонска апсорпција код полиатомских молекула*, Млади физичар **58** (1995/96) 5.

2. П. Грујић, *Термодинамичко и космолошко време*, Theoria **3-4** (1991) 59.

ЗАДАЦИ ИЗ ФИЗИКЕ

без ораха $v_1 = 5\frac{m}{s}$
са $3\frac{m}{s}$
$t = 20s$
$s = ?$

РЕШЕЊА ОДАБРАНИХ ЗАДАТАКА

Основна школа

6. разред

1. Путеви које је веверица прешла у одласку и повратку једнаки су па се може написати $v_1(t - t_2) = v_2 t_2$ (где је: t укупно време за које је веверица донела орах са стабла, v_1 - брзина у одласку, v_2 - брзина у повратку, t_2 - време у повратку).

Заменом датим бројчаним вредностима добијамо $5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}(20\,\mathrm{s} - t_2) = 3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} t_2$, одакле је $t_2 = 12{,}5\,\mathrm{s}$ па је тражени пут:

$$s_2 = v_2 t_2 = 3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 12{,}5\,\mathrm{s} = 37{,}5\,\mathrm{m}.$$

2. Пут аутомобила у одласку је $s_1 = v_1 t_1$, а у повратку $s_2 = v_2 t_2$. Како је $t_2 = t_1 + 0{,}2\,\mathrm{h}$, онда је

$$s_2 = v_2(t_1 + 0{,}2\,\mathrm{h}). \qquad (1)$$

Пут у повратку може се написати и као $s_2 = s_1 + 12\,\mathrm{km}$, односно

$$s_2 = v_1 t_1 + 12\,\mathrm{km}. \qquad (2)$$

Из релација (1) и (2) следи једначина: $v_2(t_1 + 0{,}2\,\mathrm{h}) = v_1 t_1 + 12\,\mathrm{km}$.

Решавањем једначине по t_1 добија се да је $t_1 = 1\,\mathrm{h}$, па је $s_1 = 48\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot 1\,\mathrm{h} = 48\,\mathrm{km}$, а $s_2 = 48\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} + 12\,\mathrm{km} = 60\,\mathrm{km}$.

3. Сваки турист половину пута је прешао пешице, а половину пута бициклом. Цео пут туристи пређу за време $t = \frac{\frac{s}{2}}{v_1} + \frac{\frac{s}{2}}{v_2} = 5\,\mathrm{h}\ \ 20\,\mathrm{min}$. Према томе, њихова средња брзина је $v = \frac{s}{t} = 7{,}5\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Бицикл није коришћен половину времена у току њиховог кретања, тј. у времену $2\,\mathrm{h}$ и $40\,\mathrm{min}$.

7. разред

1. Први део пута који тело пређе је

$$s = v_1 t_1 + \frac{a t_1^2}{2}, \qquad (1)$$

а други део пута је

$$s = v_2 t_2 + \frac{a t_2^2}{2}. \qquad (2)$$

Како је брзина тела на крају пута: $v_2 = v_1 + a t_1$, то сменом за v_2 у релацији (2), следи да је

$$s = (v_1 + a t_1) t_2 + \frac{a t_2^2}{2} \qquad (3)$$

Из релације (1) $v_1 = \frac{2s - a t_1^2}{2 t_1}$. Сменом за v_1 у релацији (3) следи $s = \left(\frac{2s - a t_1^2}{2 t_1} + a t_1\right) t_2 + \frac{a t_2^2}{2}$ одакле је $a = \frac{2s(t_1 - t_2)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)} = 5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, а брзина на крају првог дела пута је: $v_1 = \frac{2s - a t_1^2}{2 t_1} = 2{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Напомена: Решење се може добити и помоћу обрасца: $v_1 = \frac{s(2 t_1 t_2 + t_2^2 - t_1^2)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}$ који је добијен сменом израза за убрзање (одговарајућим обрасцем) у релацији (1).

2. Време проласка 16 вагона (целог воза) се добија из релације: $s = \frac{a t_{16}^2}{2}$, односно $16 l = \frac{a t_{16}^2}{2}$, одакле је

$$t_{16} = \sqrt{\frac{16 \cdot 2l}{a}}. \qquad (1)$$

Време проласка једног вагона добија се из обрасца $l = \frac{a}{2} t^2$ одакле је $t = \sqrt{\frac{2l}{a}}$.

Сменом t у релацији (1) добијамо да је $t_{16} = 4t = 16\,\mathrm{s}$.

Време проласка 15 вагона је $t_{15} = \sqrt{\frac{15 \cdot 2l}{a}} = t\sqrt{15} = 15{,}48\,\mathrm{s}$.

Време проласка шеснаестог вагона је: $t = t_{16} - t_{15} = 16\,\mathrm{s} - 15{,}48\,\mathrm{s} = 0{,}52\,\mathrm{s}$.

3. Однос пређених путева воза и вагона може се написати у облику $\frac{s_0}{s} = \frac{v_0 t}{\frac{a}{2} t^2}$. Како је $a = \frac{v_0}{t}$, то после смене и даљег израчунавања добијамо да је $\frac{s_0}{s} = 2$, односно $s_0 = 2s$.

8. разред

1. На основу обрасца: $I = \frac{n\bar{e}}{t}$ број електрона је $n = \frac{It}{\bar{e}} = \frac{0{,}016\mathrm{A} \cdot 60\mathrm{s}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\mathrm{C}} = 6 \cdot 10^{18}$ електрона.

2. Максимална јачина струје коју може показати употребљен мерни инструмент је: $I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R} = \frac{3\mathrm{V}}{300\Omega} = 0{,}01\,\mathrm{A}$.

Јачина струје која ће изазвати скретање од једног подељка је: $\frac{I_{\max}}{n} = \frac{0{,}01\,\mathrm{A}}{100} = 0{,}0001\,\mathrm{A} = 0{,}1\,\mathrm{mA}$.

3. Пад потенцијала U_x на делу дужине x неког проводника једнак је производу јачине струје и отпора тог дела R_x: $U_x = IR_x$. Ако цео проводник дужине $2000\,\mathrm{m}$ има отпор $R = 20\,\Omega$, хомогеног је састава и свуда истог пресека, онда део од $200\,\mathrm{m}$ има отпор 10 пута мањи, тј. $R_x = 2\,\Omega$. Према томе, пад потенцијала је $U_x = 0{,}1\,\mathrm{A} \cdot 2\,\Omega = 0{,}2\,\mathrm{V}$.

Задаци и решења
Томислав Сенћански

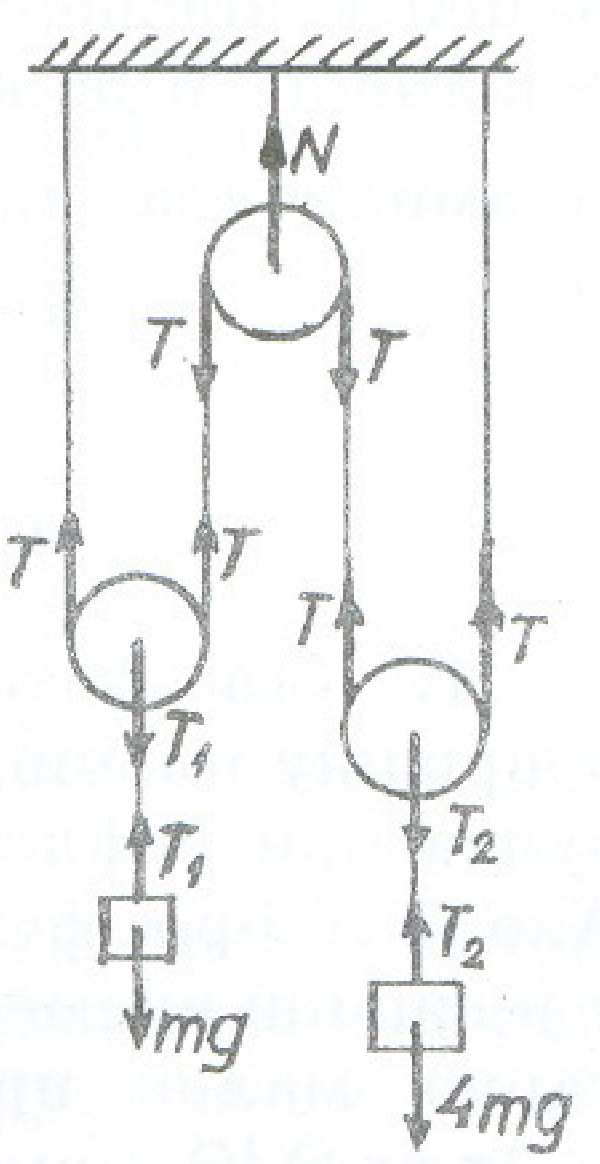
Средња школа

1. разред

1. Растојање између прва два тела је: $l = vt_1$. Ако је брзина трећег тела u, онда прва два тела у односу на треће имају брзину $v_1 = u + v$, па је: $t_2 = \frac{l}{v_1} = \frac{vt_1}{v+u}$. Одатле се добија: $u = v\left(\frac{t_1}{t_2} - 1\right) = 4{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

2. Од тренутка t_1 до тренутка t_2 колица пређу пут $x_2 - x_1$, а од тренутка t_1 до тренутка t_3 пут је $x_3 - x_1$. Следи: $x_2 - x_1 = v_0(t_2 - t_1) + \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2$ и $x_3 - x_1 = v_0(t_3 - t_1) + \frac{1}{2}a(t_3 - t_1)^2$. Из прве једначине је: $v_0 = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} - \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)$, а из друге: $v_0 = \frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1} - \frac{1}{2}a(t_3 - t_1)$. Следи: $\frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} - \frac{1}{2}a(t_2 - t_1) = \frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1} - \frac{1}{2}a(t_3 - t_1)$, односно $\frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1} - \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{1}{2}a(t_3 - t_1 - t_2 + t_1)$. Одатле се добија: $a = \frac{2}{t_3 - t_2}\left(\frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1} - \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}\right) = 5\,\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}^2}$.

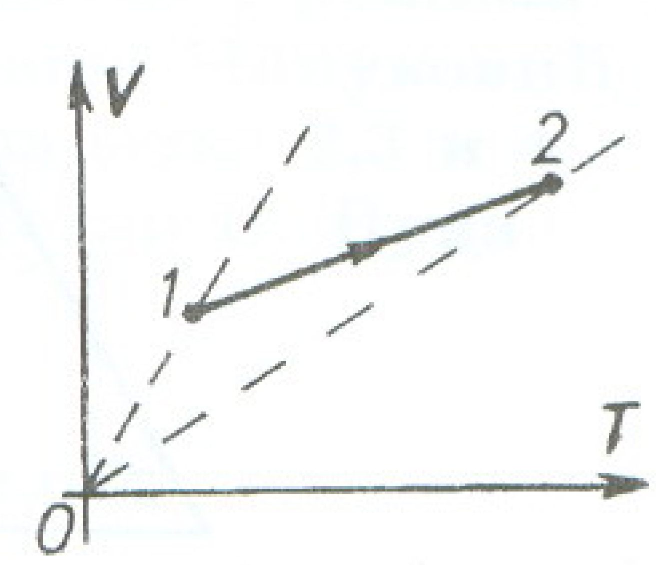
3. На цртежу су приказане силе које делују на тегове и котурове. Како су масе котурова занемарљиве, то је $T_1 = 2T$, $T_2 = 2T$ и $N = 2T$. Због неистегљивости нити, убрзања осовина покретних котурова (односно убрзања тегова) су једнака, па за кретање тегова важи: $ma = 2T - mg$ и $4ma = 4mg - 2T$. Дељењем ових једначина добија се: $\frac{1}{4} = \frac{2T - mg}{4mg - 2T}$, па је $4mg - 2T = 8T - 4mg$. Одатле се налази $T = 0{,}8mg$, па је сила која делује на осовину средњег котура: $N = 2T = 1{,}6mg$.



4. Куглици B центрипетално убрзање обезбеђује сила затезања нити: $mr\omega^2 = T$. Ако се куглица A не креће по вертикали, важи: $mg = T$. Следи: $mr\omega^2 = mg$, односно $\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$. Уколико би се куглица A из неког случајног разлога мало померила, нпр. наниже, смањило би се растојање r и тада је $mg > mr\omega^2$, тј. куглица A наставља да пада. Према томе, равнотежа није стабилна.

2. разред

1. Из једначине $pV = \frac{m}{M}RT$ следи: $V = \frac{Rm}{Mp}T$. Дакле, график зависности V од T је права линија чији продужетак пролази кроз координатни почетак, а нагиб праве зависи од масе m $\left(\frac{R}{Mp} = const\right)$. Како права, повучена кроз тачке 0 и 1, има већи нагиб од праве, повучене кроз тачке 0 и 2, то је $m_1 > m_2$, тј. у датом процесу се маса ваздуха у суду смањује.

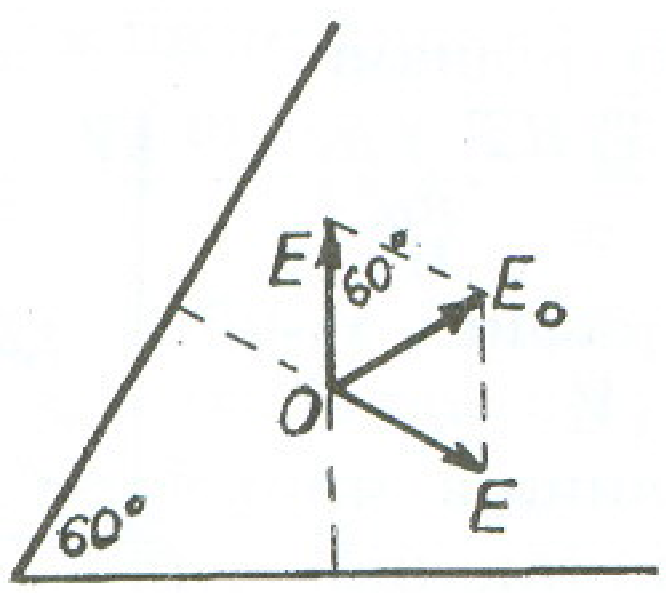


2. Нека је висина отвора изнад површине стола y. Тада је брзина истицања воде кроз тај отвор $v_0 = \sqrt{2g(H - y)}$. Ако је v брзина којом вода пада на површину стола, онда, по закону одржања енергије, важи: $\frac{mv_0^2}{2} + mgy = \frac{mv^2}{2}$. Одатле се добија: $v = \sqrt{v_0^2 + 2gy} = \sqrt{2gH}$. Дакле, брзина којом млаз воде пада на сто не зависи од висине на којој се налази отвор. Оба млаза, о којима је у задатку реч, ударају у сто једнаким брзинама. Покушајте да докажете и да оба млаза падају на исто место на столу.

3. У тачки 1 (која се налази непосредно испод површине течности у капилари) притисак је: $p_1 = p_a - \frac{2\gamma}{r}$, где је p_a атмосферски притисак. У

тачки 2 (која је на нивоу површине течности око цеви) притисак је једнак атмосферском. Како је $p_2 - p_1 = \varrho gh$, следи: $\frac{2\gamma}{r} = \varrho gh$. Одатле се добија: $h = \frac{2\gamma}{\varrho rg}$. Дакле, висина издизања течности у капилари не зависи од нагиба цеви.

4. Јачина електричног поља (E) једног штапа, због симетрије, у свакој тачки на симетрали штапа мора имати правац нормалан на штап. Јачина поља $\vec{E}_0$ је векторски збир јачинā пољā дата два штапа. Како је угао између штапова 60°, то је $E_0 = E$ (види слику). Дакле, и ако се један штап уклони, јачина поља у тачки O имаће интензитет E_0, али ће се променити правац поља.

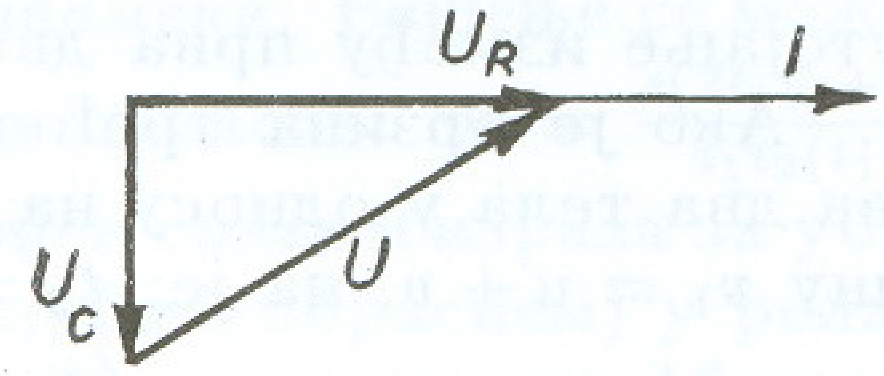


3. разред

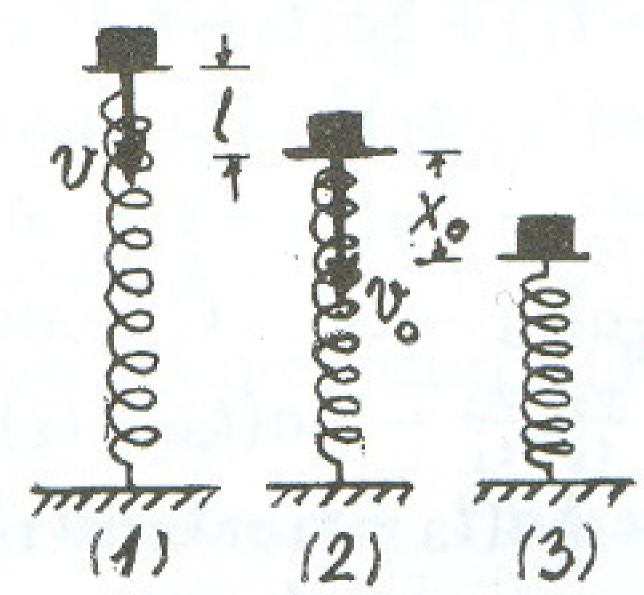
1. Датом променом облика проводне контуре не мења се дужина проводника, па се не мења ни његов електрични отпор. Како је и магнетно поље остало исто, то ће на промену јачине струје утицати само промена површине контуре (јер од ње зависи магнетни флукс, односно индукована ЕМС). Ако је R полупречник кружног навојка, а r полупречник једног круга осмице, онда је: $2\pi R = 2 \cdot 2\pi r$, тј. $r = \frac{R}{2}$. Површина кружног навојка је $S_1 = \pi R^2$, а површина осмице је $S_2 = 2\pi r^2 = \frac{1}{2}\pi R^2$. Дакле, површина контуре смањила се 2 пута, па се толико пута смањила и амплитуда јачине струје.

2. Док је коло затворено кроз отпорник R, струја не тече. Калем нема термогени отпор, па сва струја из извора пролази кроз ту грану, а јачина струје је: $I = \frac{\mathcal{E}}{r}$. Након отварања прекидача, јачина струје у колу пада на нулу, али у неком кратком временском интервалу делује ЕМС самоиндукције у калему и за то време тече струја кроз део кола са калемом и отпорником R. Количина топлоте која се тада ослободи на отпорнику, једнака је промени енергије магнетног поља у калему: $Q = \Delta W_m = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2} = 0{,}8\,\mathrm{J}$.

3. Задатак се може решити, нпр., помоћу методе фазора. Тренутна вредност разлике потенцијала тачака m и n је $U = \varphi_m - \varphi_n = (\varphi_m - \varphi_a) + (\varphi_a - \varphi_n) = -U_C + U_R$, односно, једнака је разлици тренутних вредности напона на резистору и на кондензатору. Ако су на векторском дијаграму напони U_R и U_C представљени векторима $\vec{U}_R$ и $\vec{U}_C$, онда напону између тачака m и n одговара вектор $\vec{U} = \vec{U}_R - \vec{U}_C$. Амплитуда напона између m и n једнака је интензитету тог вектора, тј. $U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = 25\,\mathrm{V}$.



4. На цртежу су приказани почетни (1), равнотежни (2) и доњи амплитудни положај (3) осцилатора. Почетна брзина осцилатора је $v = \sqrt{2gh}$. У равнотежном

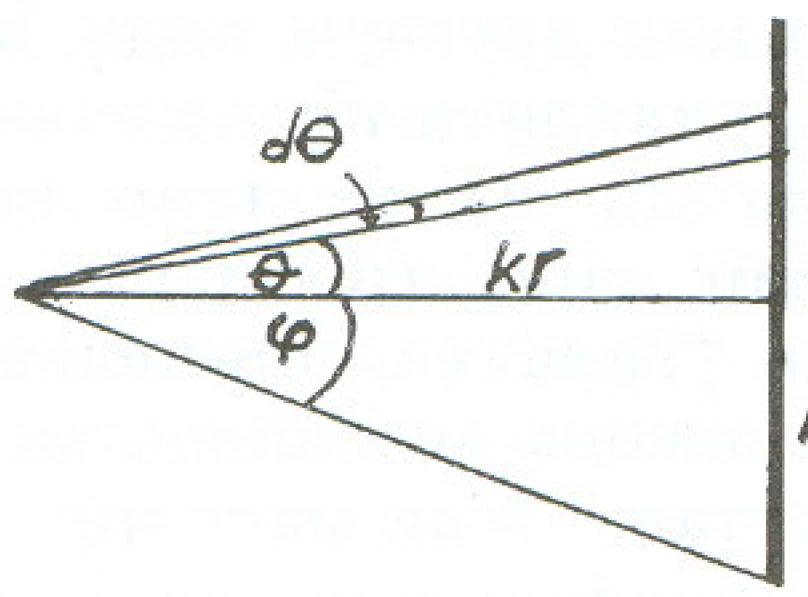


положају опруга је сабијена за $l = \frac{mg}{k}$. По закону одржања енергије за положаје (1) и (3) важи: $\frac{mv^2}{2} + mg(l + x_0) = \frac{k(l+x_0)^2}{2}$. Заменом вредности за v и l у последњој једначини, и даљим сређивањем, добија се амплитуда: $x_0 = \frac{mg}{k}\sqrt{1 + \frac{2kh}{mg}}$.

Задаци и решења
Наташа Чалуковић

4. разред

1. Када фотон пада под углом Θ на површину плочице, промена његовог импулса при рефлексији је: $\Delta p = 2p\cos\Theta$. Ако је N број фотона који емитује извор у јединици времена, онда унутар елементарно малог просторног угла $\mathrm{d}\Omega = 2\pi \sin\Theta \mathrm{d}\Theta$ (види слику) на плочицу у јединици времена пада $dN = \frac{N}{4\pi}d\Omega$ фотона. Дакле: $dN = \frac{N\sin\Theta d\Theta}{2}$. Сила којом они делују на плочицу је: $dF = dN \cdot 2p\cos\Theta = Np\sin\Theta\cos\Theta d\Theta$, односно $dF = \frac{Np}{4}\sin 2\Theta d(2\Theta)$. Укупна сила којом делују сви фотони који падну на плочицу, добија се интеграљењем: $F = \int_0^{2\varphi} dF = \frac{Np}{4}\int_0^{2\varphi}\sin 2\Theta d(2\Theta) = \frac{Np}{4}(1-\cos 2\varphi) = \frac{Np}{2}\sin^2\varphi = \frac{Nh\nu}{2c}\cdot\frac{r^2}{r^2+k^2r^2}$. Дакле: $F = \frac{p}{2c}\cdot\frac{1}{1+k^2}$.



2. Из $\frac{mv^2}{r} = evB$ добија се импулс електрона: $k = reB = 3{,}2\cdot10^{-22}\,\mathrm{kg}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Како је $m_0c = 2{,}73\cdot10^{-22}\,\mathrm{kg}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, то следи да је $k > m_0c$, односно дати електрон је релативистички. Његова кинетичка енергија је: $E_k = m_0c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-1\right)$, а како је $k = \frac{m_0v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, сређивањем се добија: $E_k = m_0c^2\left(\sqrt{1+\frac{k^2}{m_0^2c^2}}-1\right) = 4{,}48\cdot10^{-14}\,\mathrm{J}$.

3. Сагласно другом Боровом постулату је: $h\nu = h\frac{c}{\lambda} = E_n - E_1 = \frac{Z^2Rhc}{n^2} + \frac{Z^2Rhc}{1^2} = Z^2Rhc\left(1-\frac{1}{n^2}\right)$. Следи: $n = \sqrt{\frac{Z^2R\lambda}{Z^2R\lambda-1}} = 4$. Сагласно постулату о моменту импулса биће: $\frac{L_1}{L_n} = \frac{1\cdot\hbar}{n\cdot\hbar} = \frac{1}{n} = \frac{1}{4}$.

4. $q = e\Delta N = eN_0(1-e^{-\lambda t}) = \frac{emN_A}{M}(1-e^{-\lambda t}) = 200\,\mathrm{C}$.

Задатак 1 решила
Наташа Чалуковић
а задатке 2,3 и 4
Петар В. Вуца

РЕШЕЊА СПЕЦИФИЧНИХ ЗАДАТАКА ЗА ОСНОВНУ И СРЕДЊУ ШКОЛУ

1. *а*) B је разлика температура на граничним површинама слоја.

б) B је разлика концентрација на граничним површинама слоја.

в) B је разлика притисака на крајевима цијеви.

2.
$$E = 12\,\mathrm{V},\quad t_1 = 0,\quad t_2 = 10\,\mathrm{s},\quad \frac{\Delta C}{\Delta t} = 2\,\frac{\mu\mathrm{F}}{\mathrm{s}}$$

а) $I = 0$, истосмјерна струја не протиче кроз кондензатор.

б) $q = CE$, наелектрисање кондензатора. $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\Delta C}{\Delta t}E$, струја која допуњава кондензатор. $I = 24\,\mu\mathrm{A}$.

в) $I = 0$.

г) $\Delta q = I(t_2 - t_1) = 240\,\mu\mathrm{C}$.

3.
$$m = 2\,\mathrm{g},\quad g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2},\quad h_1 = 2\,\mathrm{m},\quad h_2 = 1\,\mathrm{m},\quad v = 4{,}3\,\mathrm{m/s}$$
$$Q = ?$$

У новчићу се индукују вртложне или Фукоове струје. Дио механичке енергије претвара се у електричну, а ова у топлоту.

$mgh_1 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv^2 + Q$, $Q = mg(h_1 - h_2) - \frac{1}{2}mv^2$, $Q = 1{,}13\,\mathrm{mJ}$.

4.
$$t = 0^\circ\,\mathrm{C},\quad \lambda = 334\,\mathrm{kJ/kg},\quad g = 9{,}81\,\mathrm{m/s}$$
$$h = ?$$

Механичка енергија куглице троши се на загријавање ваздуха, загријавање земље и на топљење саме куглице.

$mgh > m\lambda$, $h > \frac{\lambda}{g}$, $h > 34\,\mathrm{km}$.

5. Ако је m маса куглице, а ω_n угаона брзина након n-тог окрета, закон одржања момента импулса даје:

$m(2\pi dN)^2\omega_0 = m(2\pi dN - \pi dn)^2\omega_n$, $\omega_n = \frac{4\omega_0}{\left(2-\frac{n}{N}\right)^2} = \frac{\omega_0}{1-\frac{n}{N}}$, $\omega_{n-1} = \frac{\omega_0}{1-\frac{n-1}{N}}$, $\omega_n - \omega_{n-1} = \frac{\omega_0}{N+1-2n}$.

6.
$$I_0 = \frac{2}{5}mR_0^2,\quad I = \frac{1}{2}mR^2,\quad R = 2R_0$$
$$T = ?$$

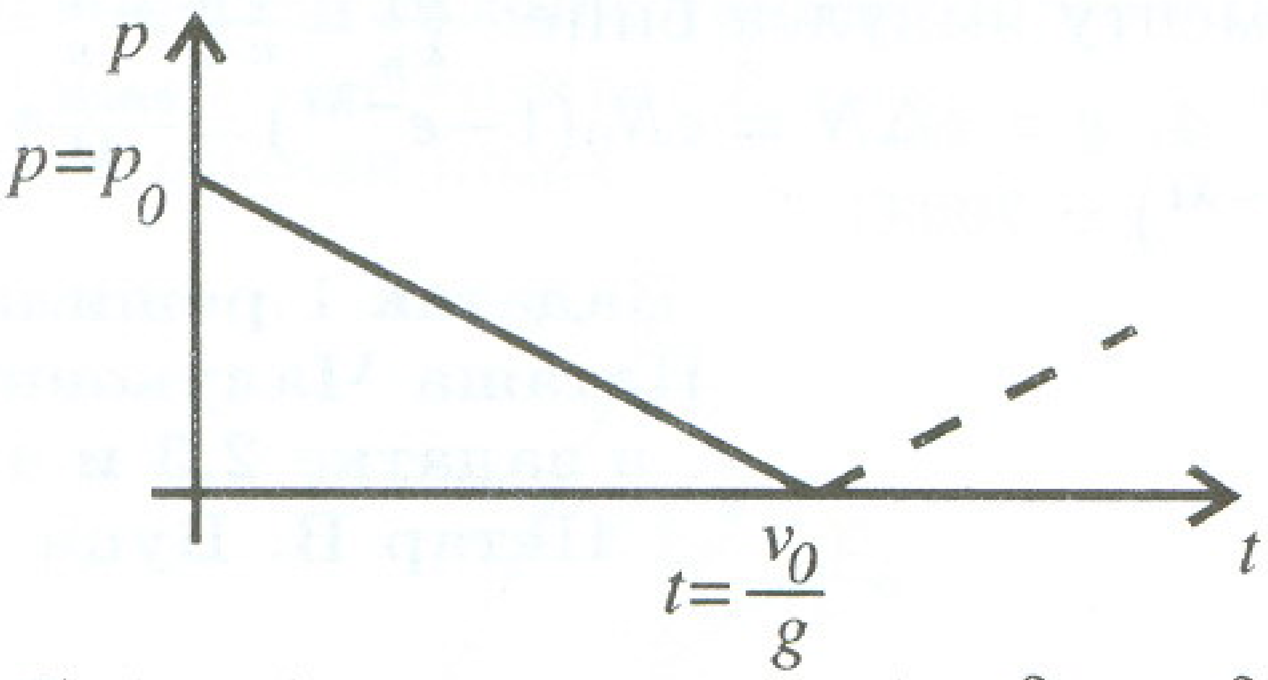
$I_0\omega_0 = I\omega$, закон одржања момента импулса, $\omega = \frac{\omega_0}{5}$, $T = 5T_0$.

Задаци 1-6 и решења
Зоран Рајилић

7. *а)* По дефиницији $\vec{p} = m\vec{v}$. У случају бацања камена вертикално увис (вертикалан хитац), може се писати $p = mv$. Промена брзине код таквог кретања у времену одређује зависност $p(t)$, коју треба графички представити. Из закона брзине $v = v_0 - gt$ добија се

$$p = m(v_0 - gt) = mv_0 - mgt = p_0 - mgt. \quad (1)$$

Израз $p = p_0 - mgt$, у математичком смислу, представља праву која се лако црта на $p - t$ графику. (За $t = 0$, $p = p_0$. Импулс $p = 0$ при $t = \frac{p_0}{mg} = \frac{v_0}{g}$.)



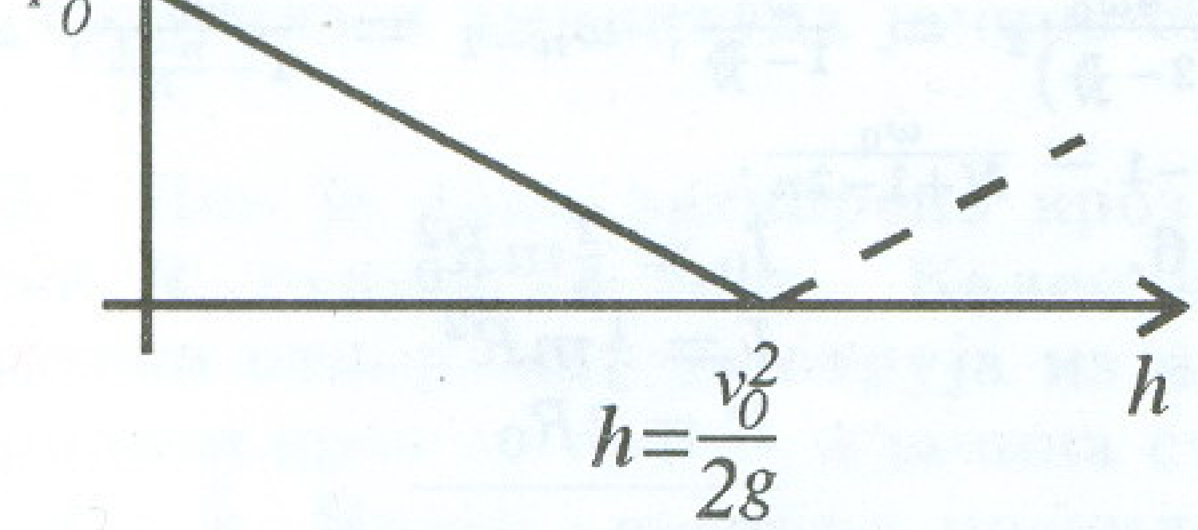
б) Ако је $p = mv$, онда је $p^2 = m^2v^2$. Зависност $p^2(h)$ може да се представи када се нађе зависност $v(h)$, односно $v^2(h)$.

Из кинематике је познато да у случају вертикалног хица ова зависност има облик $v^2 = v_0^2 - 2gh$ (Израз се добија када се из закона брзине $v = v_0 - gt$ и закона пута $h = v_0t - \frac{gt^2}{2}$ елиминише t, тј. из закона брзине нађе израз за t, па замени у израз за закон пута).

Према томе

$$p^2 = m^2(v_0^2 - 2gh) = p_0^2 - 2m^2gh. \quad (2)$$

Као и израз (1), израз (2) је једначина праве у координатном систему $p^2 - h$, који се, као и под *а*), лако црта.



Напомена: 1. Цртицама извучене праве показују зависност импулса од времена, односно зависност квадрата импулса од висине при враћању камена (слободно падање).

2. Задатак под *б*) може да се реши и применом закона одржања механичке енергије

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + mgh \;/\cdot 2m$$

$$m^2v_0^2 = m^2v^2 + 2m^2gh$$

$$\underline{p^2 = p_0^2 - 2m^2gh}$$

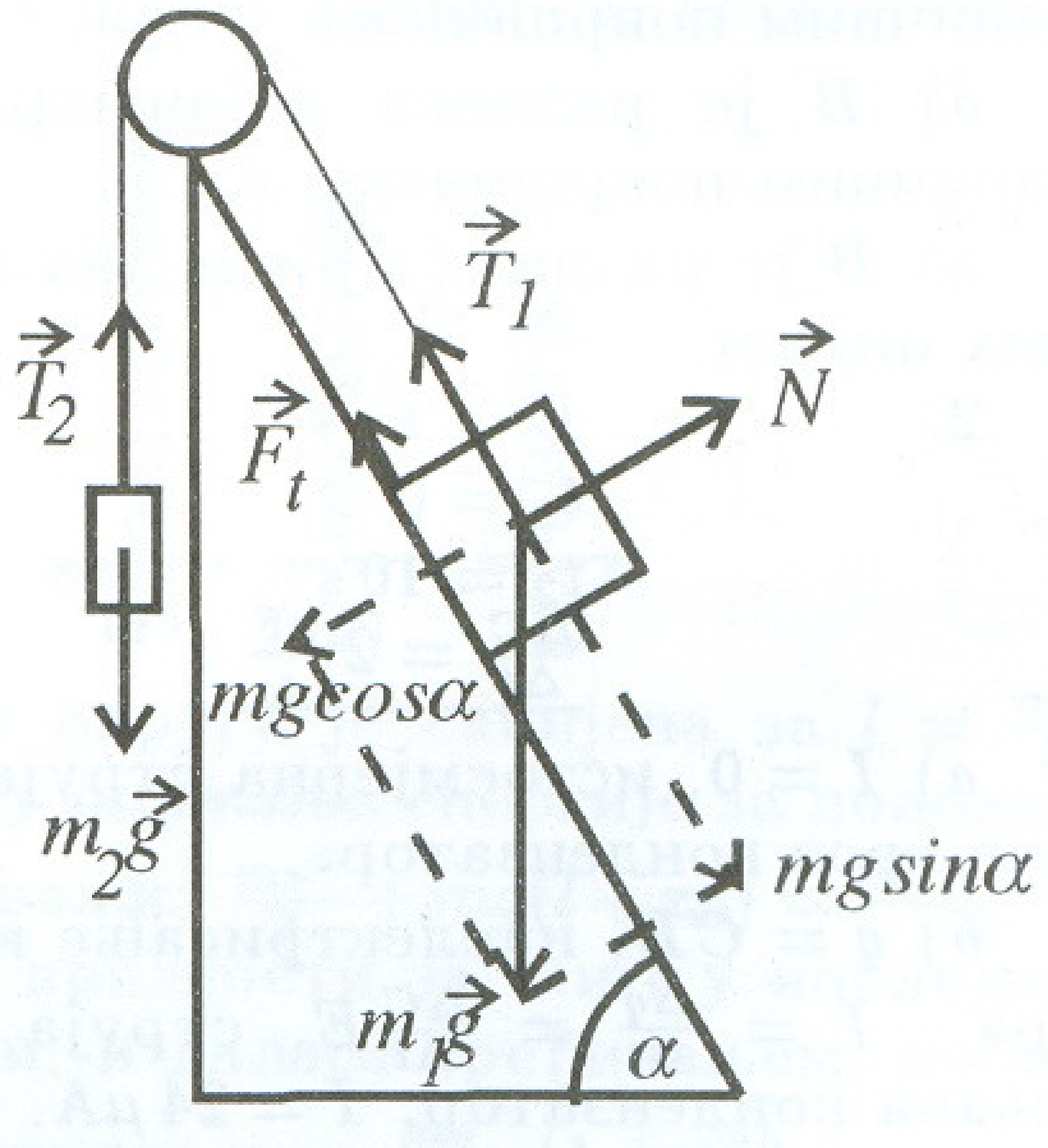
8. Унапред се не може знати да ли се тело m_1 креће уз или низ стрму раван. У решавању задатака мора се претпоставити једно или друго, а онда, на основу резултата, утврдити право стање.

Узмемо ли да се тело креће низ стрму раван, сила трења има смер као на слици. Тада се, применом другог Њутновог закона механике, може написати за кретање тела масе m_1

$$\sum_{i=1}^{4} \vec{F_i} = m_1\vec{a}, \text{ тј. } m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F_t} + \vec{T} = m\vec{a}. \quad (1)$$

За тело масе m_2, на основу истог закона, важи:

$$m_2\vec{g} + \vec{T} = m_2\vec{a} \quad (2)$$



Од векторских једначина (1) и (2) прелази се на скаларне за дати правац

$$mg\sin\alpha - T - kmg\cos\alpha = m_1a \quad (3)$$

$$T - m_2g = m_2a \quad (4)$$

$(T_1 = T_2 = T,\ F_t = kN)$.

Из (4) $T = m_2(g + a)$. Сменом у (3) одређује се убрзање

$$a = \frac{m_1\sin\alpha - km_1\cos\alpha - m_2}{m_1 + m_2}g \quad (5)$$

Заменом бројчаних вредности за случај $k = 0{,}4$ добија се резултат

$$a = -0{,}76\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

У овом задатку негативна вредност за a не може да се схвати да је на стрмој равни дошло до успоравања, јер на тело није деловао никакав импулс силе, попут онога који имамо када гурамо тело, а оно се заустави на хоризонталној подлози.

Негативан знак убрзања овде може значити да није тачна претпоставка да се тело креће низ стрму раван. Због тога ћемо сматрати да се тело масе m_1 креће уз стрму раван. Тада сила трења, у односу на кретање низ стрму раван, мења смер, па се то у решавању задатка мора узети у обзир.

Истим начином решавања из

$$T - m_1 g \sin\alpha - kN = m_1 a$$
$$m_2 g - T = m_2 a$$

добија се

$$a = \frac{m_2 - m_1 \sin\alpha - k m_1 \cos\alpha}{m_1 + m_2} g = -4{,}68\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Опет је добијен негативан резултат. У таквој ситуацији, када не важи ни једна ни друга претпоставка о смеру кретања, логично је закључити да је у питању нешто треће, а то треће је да је $a = 0$. Специфичност задатка је управо у потреби извођења овог интуитивног закључка.

Размишљања о задатку могу ићи и даље. На пример:

1. Постоји ли сила трења ако је нађено да је убрзање $a = 0$? Ако постоји, колико је?

2. Какав смисао има коефицијент трења када тело мирује?

3. Има ли убрзања ако нема силе трења?

У случају када је коефицијент трења $k = 0{,}1$, решења задатка показују да претпоставка: тело масе m_1 иде уз стрму раван није добра, јер је $a = -2{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, а кад се задатак решава уз претпоставку да тело иде низ стрму раван, за убрзање се добије права вредност

$$a = \underline{1{,}3\,\mathrm{m/s^2}}.$$

9. Подаци

$t = 4\,\mathrm{s}$
$h = 6\,\mathrm{m}$
$t' = 2\,\mathrm{s}$

$v_0 = ?$
$v_0' = ?$
$(g = 10\,\mathrm{m/s})$

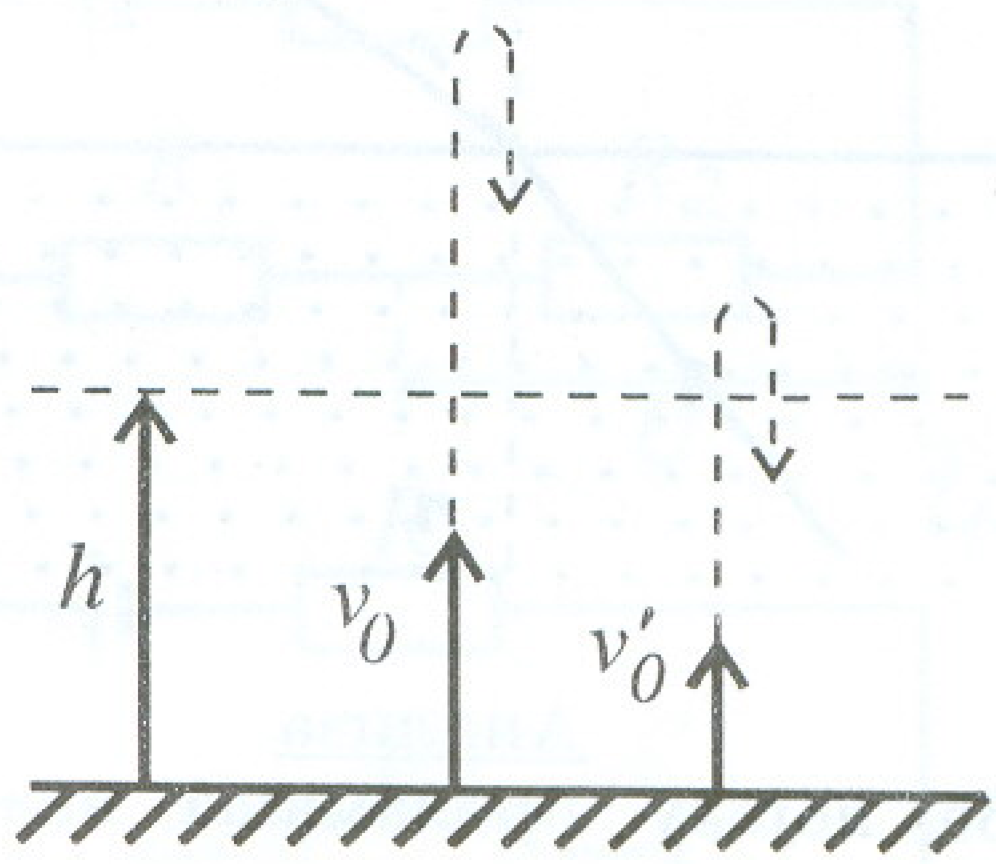
За вертикалан хитац закон пута и закон брзине у овом случају имају облик:

$$h = v_0 t - g t^2/2 \tag{1}$$
$$v = v_0 - g t \tag{2}$$

Из (1), решавањем по v_0 и заменом бројчаних вредности, добија се $v_0 = 21{,}5\,\mathrm{m/s}$ односно $v_0' = 13\,\mathrm{m/s}$.

Решења не могу да се прихвате формално, јер она, на први поглед, нису у складу са условима задатка. Специфичност овог задатка је у постојању привидне нелогичности: Како је могуће да при избацивању камена мањом почетном брзином (v_0), дата висина (h) бива достигнута за краће време?

Оваква „нелогичност" представља тзв. проблемску ситуацију код решавања рачунских задатака. Она се мора разрешити, тј. дати објашњење зашто је то тако.



Карактер кретања и сама форма закона пута казују нам да исте услове задовољавају две вредности за t (квадратна једначина). Другим речима, бачени камен вертикално увис исту висину достиже два пута: при пењању и при враћању назад истим путем. Када се у (1) смене v_0 и h својим вредностима и једначина реши по t, добијају се две вредности; $0{,}3\,\mathrm{s}$ и $4\,\mathrm{s}$, па је јасно да се дати податак $t = 4\,\mathrm{s}$ односи на кретање у повратку.

До истог закључка може се доћи и без решавања квадратне једначине. Ако се из израза (2) нађе време t_m, када камен достиже максималну висину, може се видети да ли се дати подаци односе на време у кретању навише или наниже.

Услов $v = 0$ даје за $t_m = 2{,}5\,\mathrm{s}$ при првом бацању, па се закључује да је $t = 4\,\mathrm{s}$ време налажења камена на висини h при враћању. Код другог бацања $t_m = 1{,}3\,\mathrm{s}$, па је $t = 2\,\mathrm{s}$ такође време при враћању. При кретању навише са $v_0 = 21{,}5\,\mathrm{m/s}$, $t = 0{,}3\,\mathrm{s}$, а за $v_0' = 13{,}0\,\mathrm{m/s}$, $t' = 0{,}6\,\mathrm{s}$. На основу ових података види се да у другом случају камен при кретању навише достиже исту висину након двоструко дужег времена, а при враћању нађе се на истој висини два пута раније него када је $v_0 = 21{,}5\,\mathrm{m}$. Дуже време ($t = 4\,\mathrm{s}$) је потребно зато што је камен достигао већу висину, па се дуже враћа.

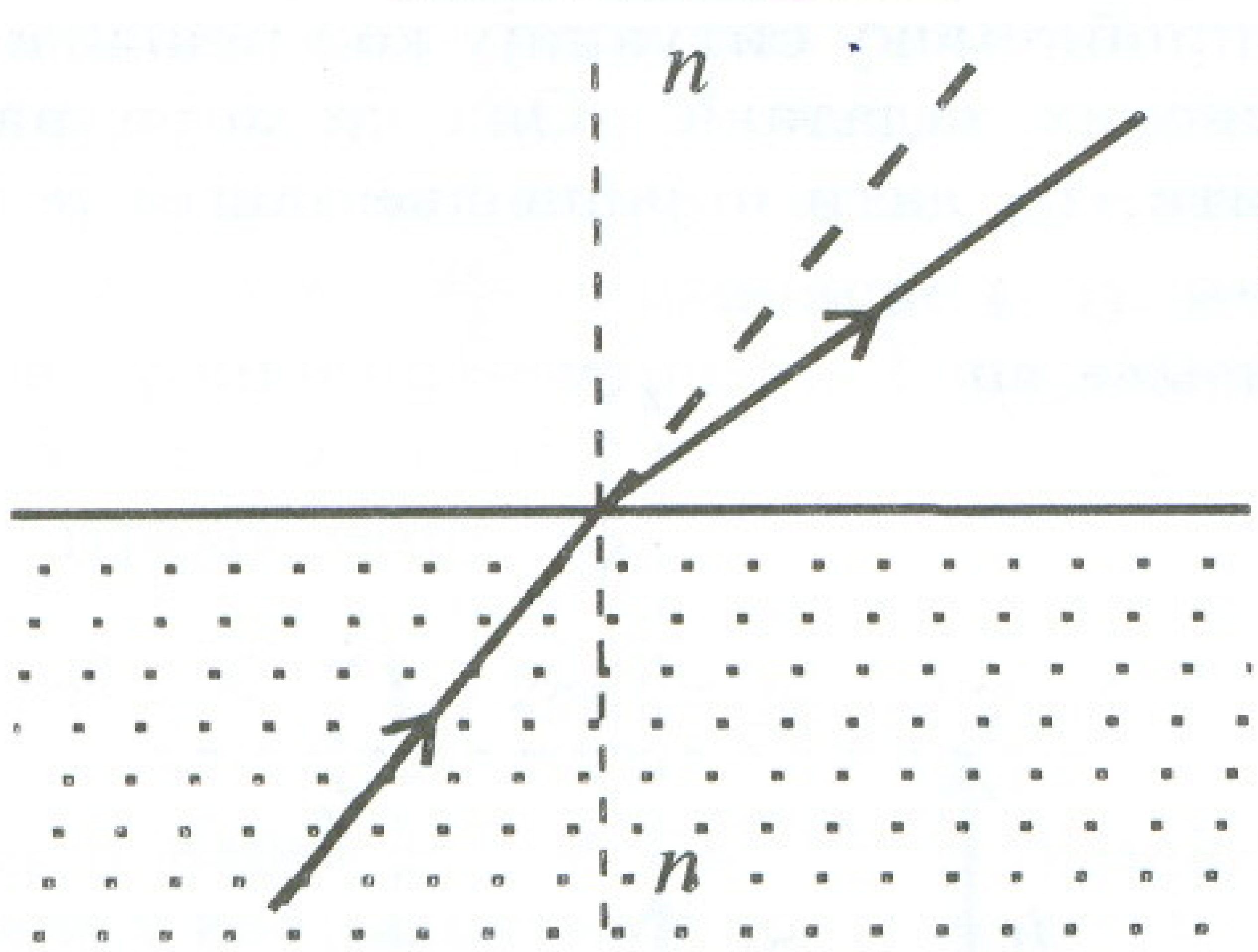
10. Подаци

$\alpha = 60^\circ$

$n = 1{,}33$

$\beta = ?$

Помоћна слика



Анализа

За појаву преламања важи закон преламања:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{21} \qquad (1)$$

где је: α - упадни угао, β - преломни угао, n_{21} - индекс преламања друге средине у односу на прву

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

n_2 - индекс преламања друге средине у односу на вакуум, n_1 - индекс преламања прве средине у односу на вакуум.

У овом случају прва средина је вода $n_1 = n = 1{,}33$. Друга средина је ваздух $n_2 \approx n_0 = 1$.

Заменом датих бројчаних података у једначину (1) имамо:

$$\frac{\sin 60^\circ}{\sin\beta} = \frac{1}{1{,}33}$$

$$\sin\beta = 1{,}33 \cdot \sin 60^\circ$$

$$\sin\beta = 1{,}33 \cdot 0{,}866$$

$$\sin\beta = 1{,}15 \qquad (2)$$

Једначина (2) нема математичког смисла, с обзиром на то да синус из угла не може бити већи од 1.

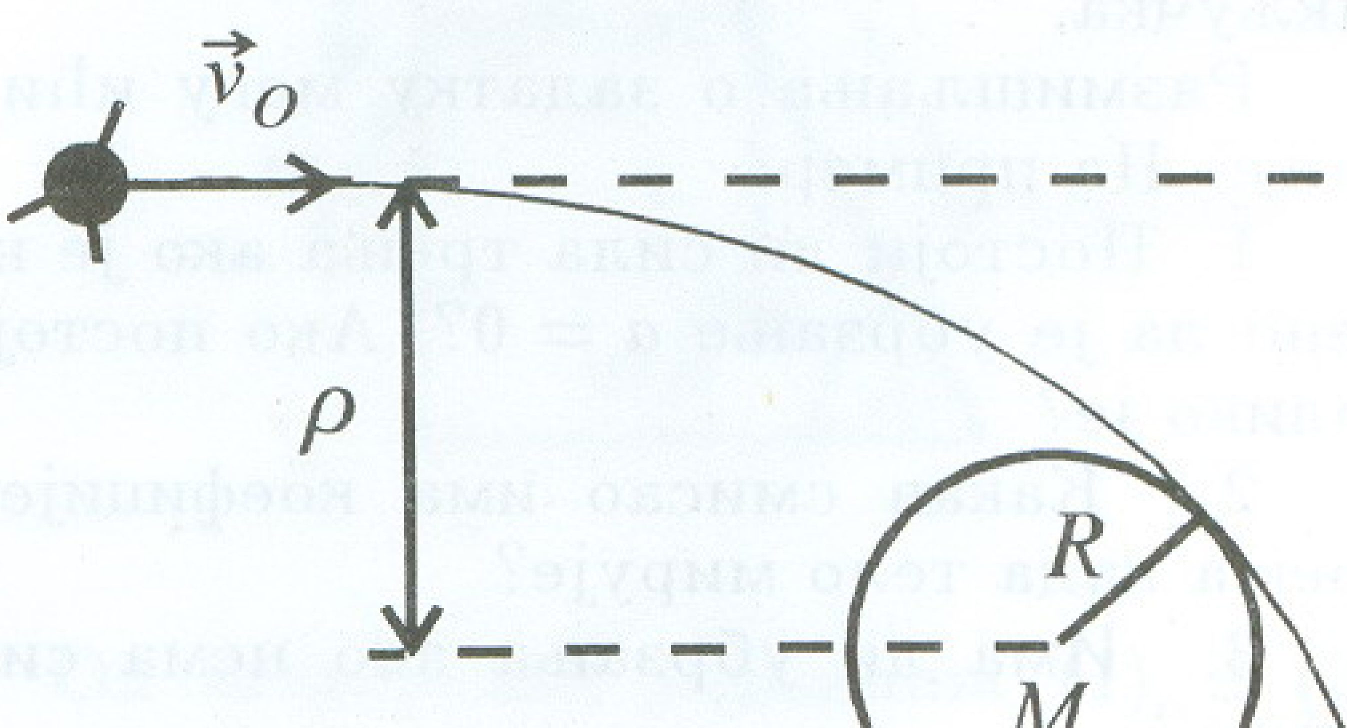
Специфичност овог задатка је појава те математичке немогућности. Чињеницу треба објаснити. Слика је нацртана правилно са становишта закона: „При прелазу из гушће у ређу средину зрак се одбија од нормале и важи закон преламања". Међутим, нацртан упадни угао је мањи од 60°. Када би угао био толики, не би постојао преломни зрак. Настала би тотална рефлексија, а тада нема преламања. Закон (1) не може се применити. Отуд математичка нелогичност.

Задаци 7-10 и решења
Томислав Петровић

Решења задатака из астрономије

1. Укупна енергија сонде је: $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{L^2}{2mr^2} - \gamma\frac{Mm}{r}$

На великом растојању ($r \to \infty$) енергија сонде износи: $E_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$.



С обзиром на то да је систем изолован: $L = const$ и $E = const$, а $L = \varrho m v_0$ $\Rightarrow \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{(\varrho m v_0)^2}{2mR^2} - \gamma\frac{Mm}{R}$ ($v = 0$ у тренутку судара) $\varrho \geq R\sqrt{1 + \frac{2\gamma M}{Rv_0^2}}$, $\varrho_{\min} = R\sqrt{1 + \frac{2\gamma M}{Rv_0^2}}$.

2. Параболична брзина планета и комета налази се из закона одржања енергије. $\frac{mv_p^2}{2} - \gamma\frac{mM_\odot}{r} = -\gamma\frac{mM_\odot}{2a} \Rightarrow v_p^2 = \gamma M_\odot\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)$ ($M_\odot$ - маса Сунца).

Брзину кружења добијамо из релације: $\frac{mv_k^2}{a} = \gamma\frac{mM_\odot}{a^2} \Rightarrow v_k = \sqrt{\frac{\gamma M_\odot}{a}}$.

Услов задатка је: $v_p = \frac{v_k}{10}$, $\gamma M_\odot\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right) = \gamma\frac{M_\odot}{100a} \Rightarrow a = \frac{101r}{200} \Rightarrow a = 7{,}6 \cdot 10^{10}\,\mathrm{m}$.

Ако применимо III Кеплеров закон, можемо наћи период револуције комете: $\frac{a_z^3}{a^3} = \frac{T_z^2}{T^2} \Rightarrow T = T_z\frac{a}{a_z}\sqrt{\frac{a}{a_z}}$, $T = 0{,}36\,\mathrm{god}$.

Задаци и решења
Ратомирка Милер

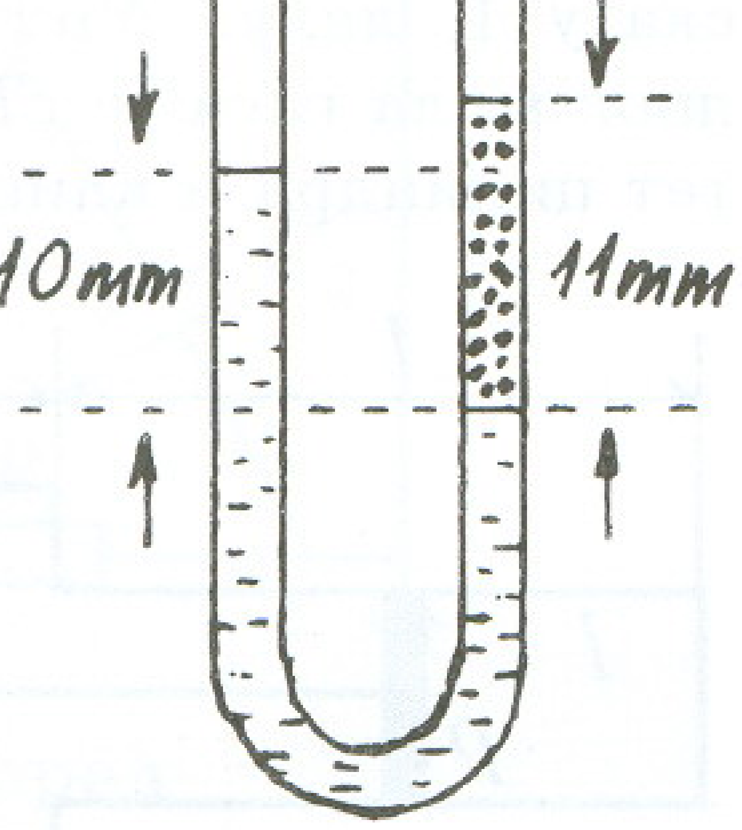
ОДАБРАНИ ЗАДАЦИ ЗА ОСНОВНУ ШКОЛУ

6. разред

1. Путник је из села пошао ка железничкој станици. Први час је ишао брзином од $3\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$, али се тада досетио да би, крећући се и даље том брзином, закаснио на воз 40 минута. Зато је остали део пута прешао брзином од $4\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ и дошао на станицу 45 минута пре поласка воза. Колико је растојање од села до железничке станице?

2. Да ли ће бити исто време кретања бродића на једнаким растојањима по реци и језеру (у одласку и повратку), ако је брзина реке $3\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$, а брзина бродића у односу на воду у оба случаја $10\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$?

3. У цеви, на слици, су вода (означена цртицама) и течност непознате густине (означена тачкицама). Према подацима на слици, израчунати густину непознате течности.



7. разред

1. Израчунати убрзање силе Земљине теже на висини једнакој полупречнику Земље.

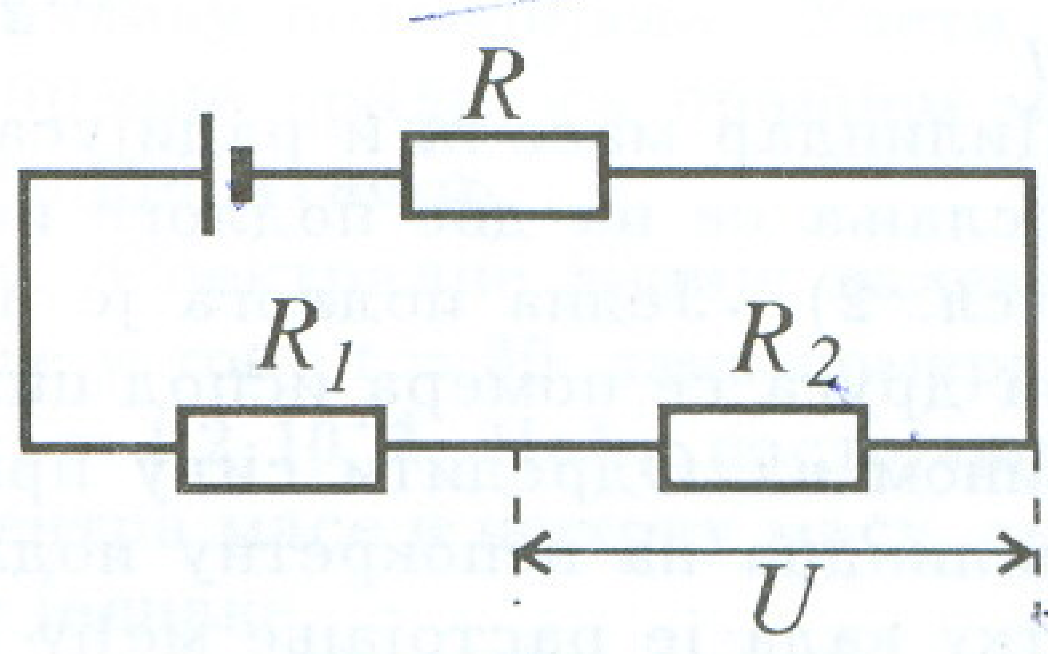
2. Камен масе $0{,}2\,\mathrm{kg}$ пао је са неке висине. Време падања је било $1{,}44\,\mathrm{s}$. Колика је била његова кинетичка енергија на половини пута?

3. Зидни часовник, са шеталицом, (клатном) грађен је тако да има период осциловања $1\,\mathrm{s}$, и да показује тачно време. Међутим, часовник у $24\,\mathrm{h}$ заостаје $1\,\mathrm{h}$. Шта треба урадити са шеталицом да часовник показује тачно време?

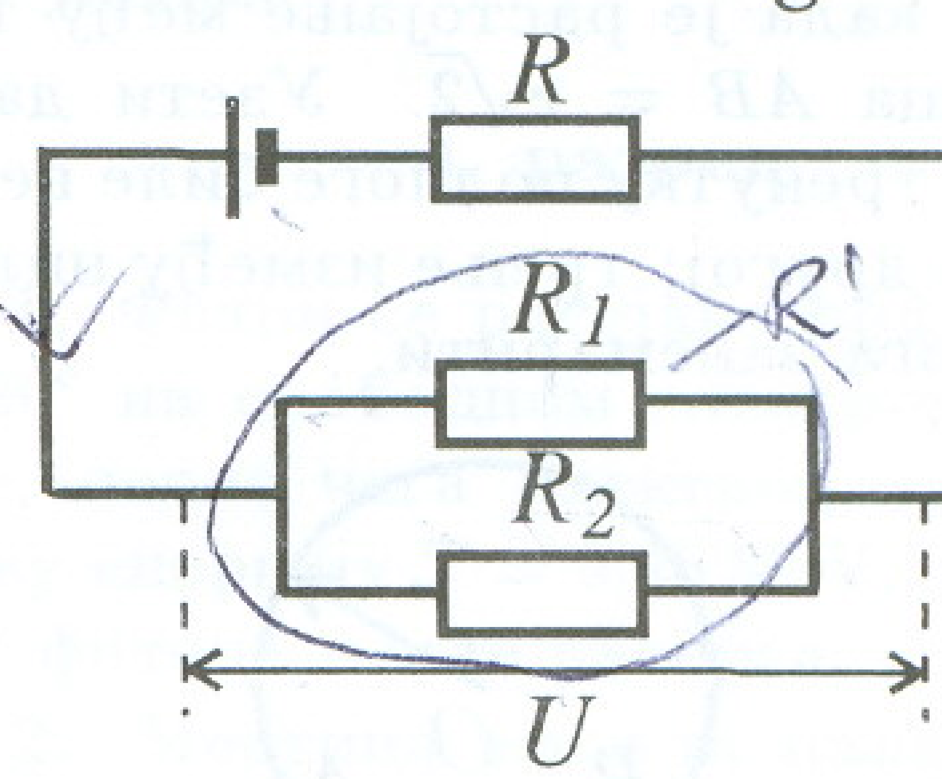
8. разред

1. Када отпорнику $R_1 = 40\,\Omega$ паралелно вежемо отпорник R_2, отпор кола смањи се 5 пута. Колики је отпор R_2?

2. Извор струје има електромоторну силу $12{,}5\,\mathrm{V}$ и унутрашњи отпор $0{,}2\,\Omega$. На извор су прикључена два отпорника чији су отпори $R_1 = 5\,\Omega$ и $R_2 = 10\,\Omega$, прво серијски, а затим паралелно (као на слици). Колики отпор треба укључити у коло да би и при серијском и при паралелном везивању пад напона на отпорнику R_2 био једнак?



$I = \frac{e}{R+r+R'}$



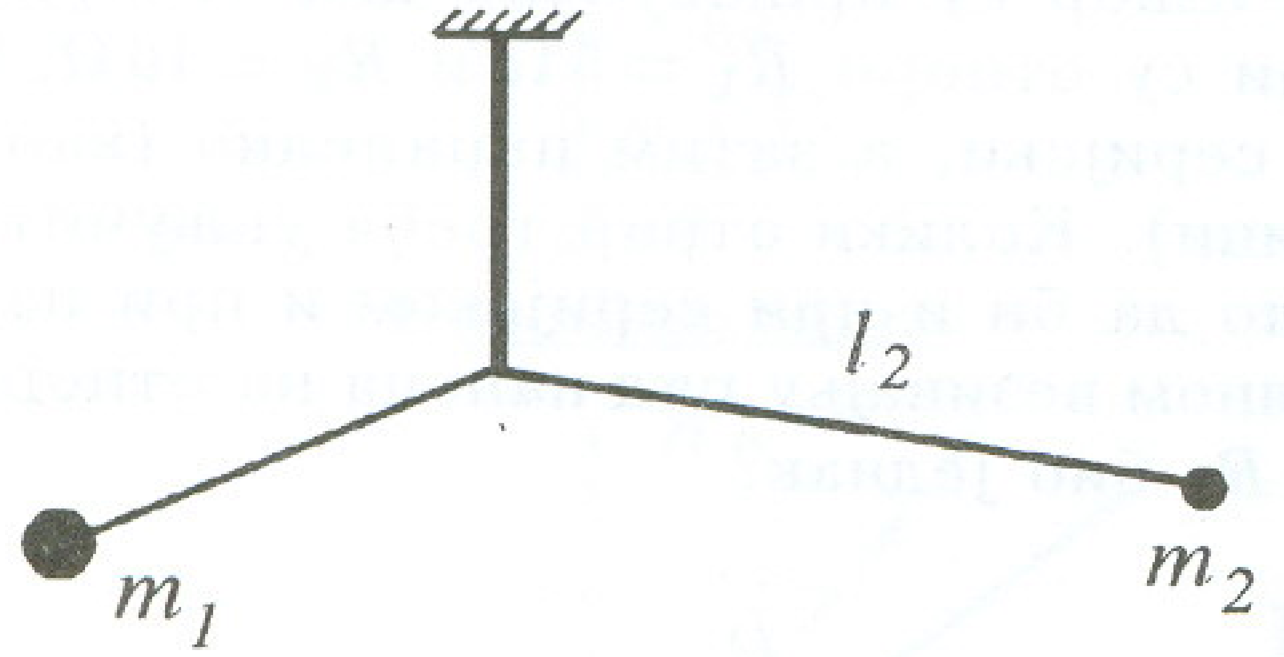
3. Примарни калем трансформатора има 100 навојака, а површина попречног пресека навојака је $2\,\mathrm{mm}^2$. Секундарни калем има 200 навојака. Колика мора бити површина попречног пресека жице, од које је направљен секундарни калем, да би се овај калем једнако загрејао као и примарни?

ОДАБРАНИ ЗАДАЦИ ЗА СРЕДЊУ ШКОЛУ

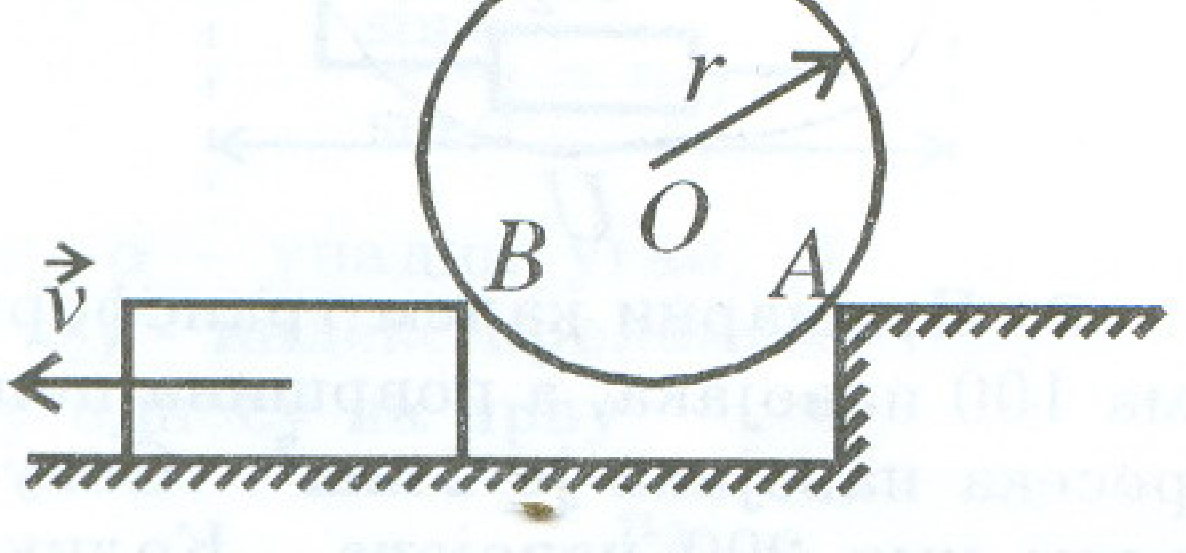
1. разред

1. Лопта масе $m_1 = 0{,}2\,\mathrm{kg}$ стоји на стубу висине $H = 5\,\mathrm{m}$. Метак масе $m_2 = 10\,\mathrm{g}$ и брзине $v = 500\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, прође хоризонтално кроз центар лопте. Лопта пада на Земљу на растојању $s_1 = 20\,\mathrm{m}$ од подножја стуба. Наћи: *а*) удаљеност пада метка од подножја стуба *б*) део енергије метка који је прешао у топлоту лопте (који је то проценат?). Гравитационо убрзање $g = 9{,}80\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

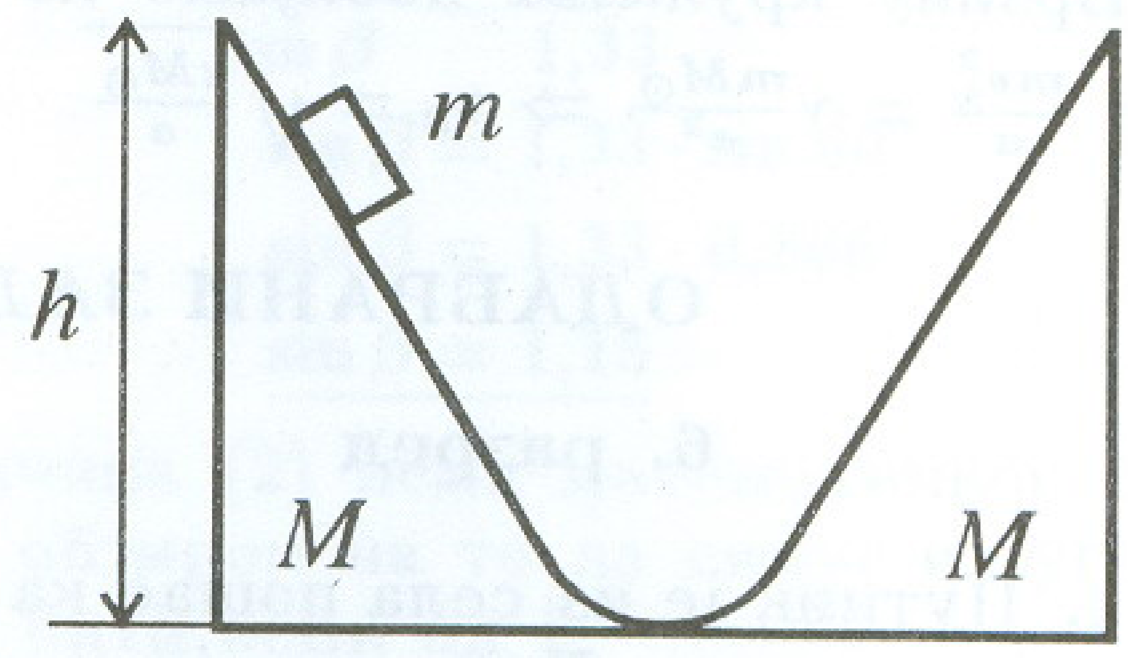
2. На крају штапа, који слободно виси, окачене су на две нити, чије су дужине $l_1 = 7\,\mathrm{cm}$ и $l_2 = 11\,\mathrm{cm}$, куглице маса $m_1 = 56\,\mathrm{g}$ и $m_2 = 28\,\mathrm{g}$ (сл. 1). Одредити угаону брзину ω, којом треба обртати штап око вертикалне осе, како би он остао у вертикалном положају.



3. Цилиндар масе m и радијуса основе r ослања се на две подлоге истих висина (сл. 2). Једна подлога је непокретна, а друга се помера испод цилиндра брзином v. Одредити силу притиска N цилиндра на непокретну подлогу у тренутку када је растојање међу тачкама ослонца $AB = r\sqrt{2}$. Узети да су у почетном тренутку подлоге биле веома близу једна другој; трење између цилиндра и подлога занемарити.

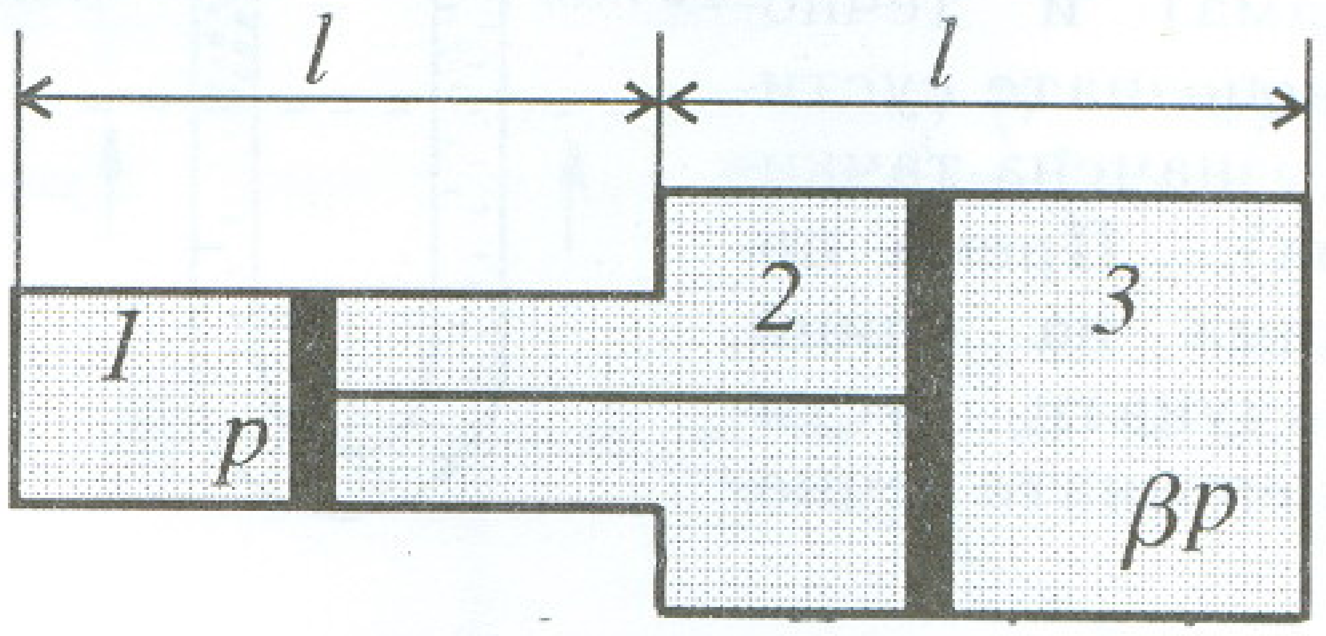


4. Два покретна клина једнаких маса M могу да клизе без трења по хоризонталној подлози (сл. 3). С левог клина склизне плочица масе m са висине h. На коју ће се максималну висину h_{max} подићи плочица на десном клину? Занемарити трење плочице са клиновима.



2. разред

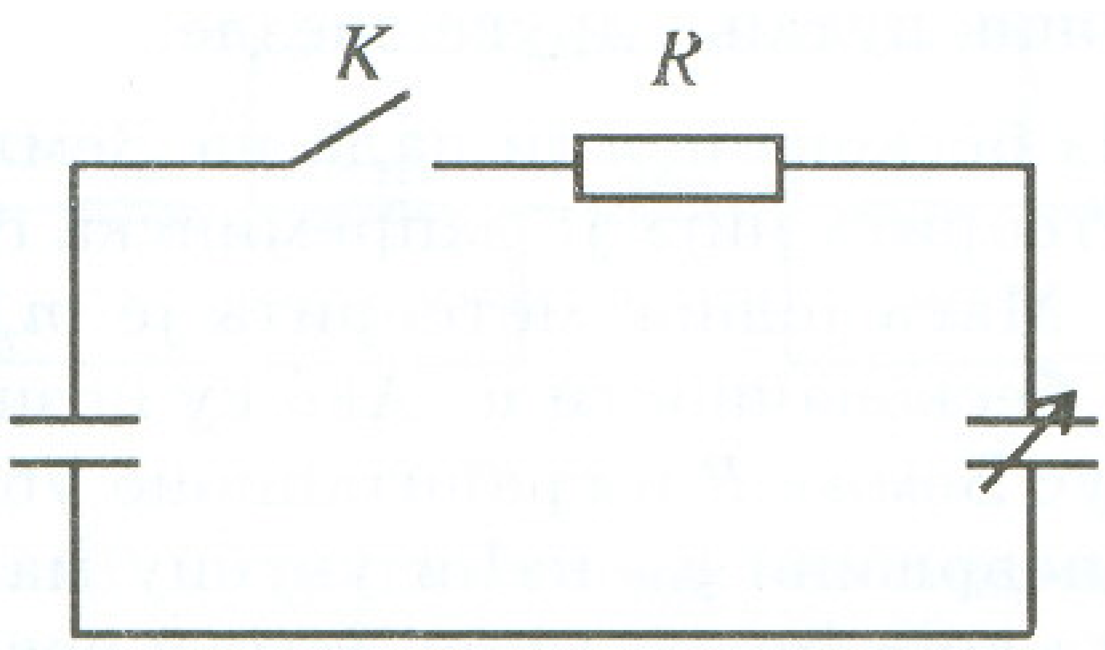
1. Два цилиндра једнаких дужина l и попречних пресека, леви s и десни $\alpha \cdot s$ (сл. 1), спојена су међусобно. На средини оба цилиндра налазе се клипови који су међусобно спојени крутом везом. У сва три дела система налази се идеални гас. Притисак у делу 1 је p_1, а у делу 3 βp. Трење занемарити. Клипови се налазе у равнотежи. Систему је доведена количина топлоте Q, тако да је температура порасла и остала у свим деловима система иста. Одредити промену притиска у 1. делу. Унутрашња енергија једног мола гаса је cT. Топлотни капацитет цилиндра и клипа занемарити.



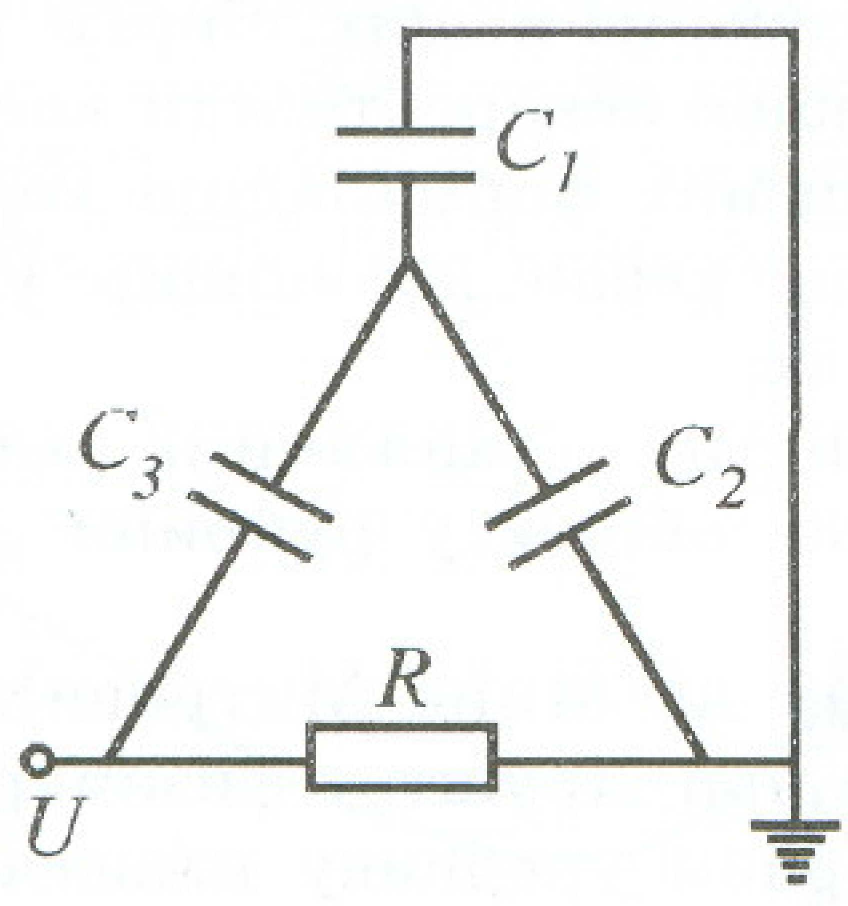
2. Топлотна машина, која ради у реверзибилном циклусу, користи као радно тело идеалан гас. Циклус се састоји од две наизменичне изотермске и адијабатске експанзије и изотермске и адијабатске компресије. Температуре при изотермским експанзијама су T_1 и T_2, а $V_2 = kV_1$ и $V_4 = kV_3$. Ако је познат коефицијент корисног дејства η овог циклуса, наћи температуру T_3 при изотермској компресији T_3 и нацртати дијаграм $T = f(S)$ где је S ентропија.

3. У електричној схеми приказаној

на слици 2, у почетном тренутку прекидач K је затворен, а кондензатори наелектрисани до напона $U = 3\,\mathrm{V}$. Кондензатори имају једнак капацитет $C = 2\,\mu\mathrm{F}$. Када се отвори прекидач, капацитет променљивог кондензатора се смањи до вредности $C/2$, после чега се прекидач K затвара. Затим се опет отвори прекидач и капацитет променљивог кондензатора се доводи до претходне вредности C, па се прекидач затвори. Колика количина топлоте се издвоји на отпорнику R?

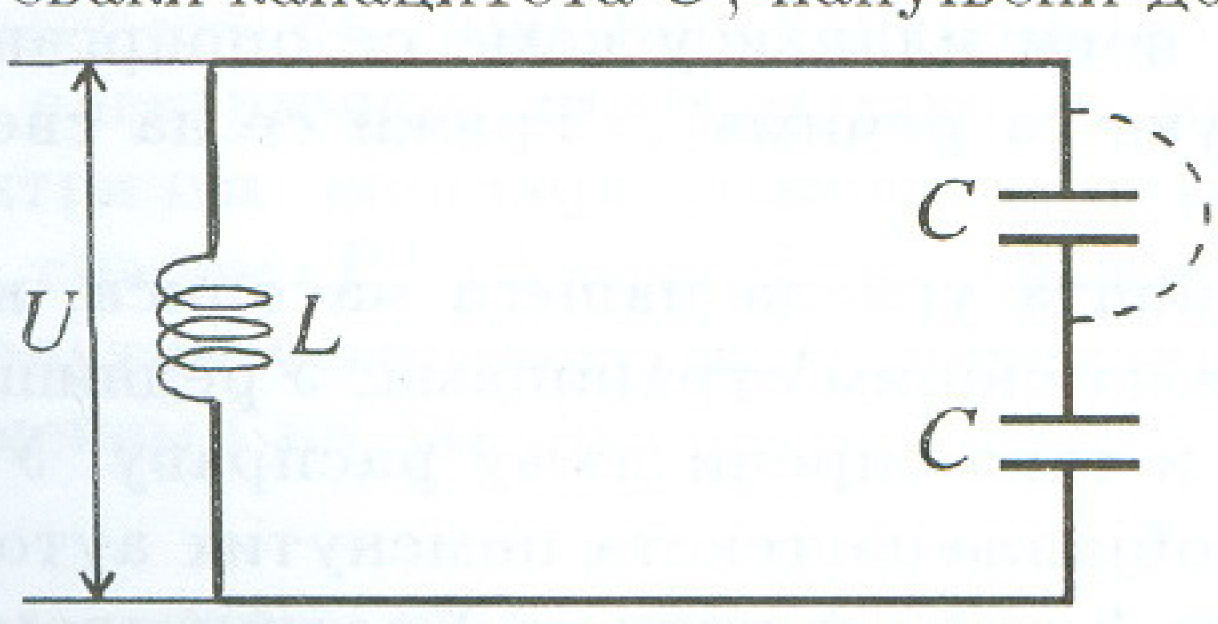


4. Кондензатори капацитета C_1, C_2, C_3 повезани су са отпорником, као што је показано на слици 3. Наћи количине наелектрисања на кондензаторима. Напон U и отпор R су дати.



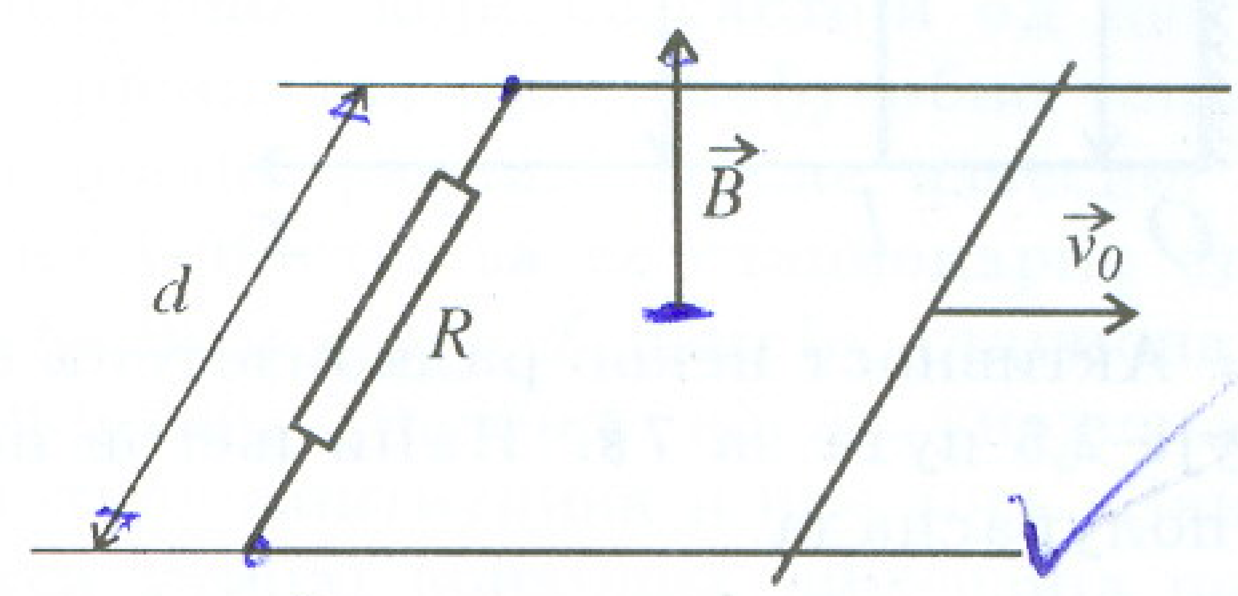
3. разред

1. Два серијски везана кондензатора, сваки капацитета C, напуњени до на-



пона U и у почетном тренутку, спојени су са калемом индуктивности L, тако да чине осцилаторно коло (сл. 1). У току времена τ један од кондензатора је пробијен, па отпор међу његовим об... постаје једнак нули. Наћи ампли... осциловања наелектрисања q_0 на непробијеном кондензатору.

2. По хоризонталним паралелним шинама, растојање d између њих, може да клизи, без трења, спојница масе m. Шине су спојене отпорником чији је отпор R, и налазе се у вертикалном хомогеном магнетном пољу индукције B. Спојници се саопшти брзина v_0 (сл. 2). Наћи пут s који пређе спојница до заустављања. Како изгледа одговор када се промени смер вектора индукције $\vec{B}$?



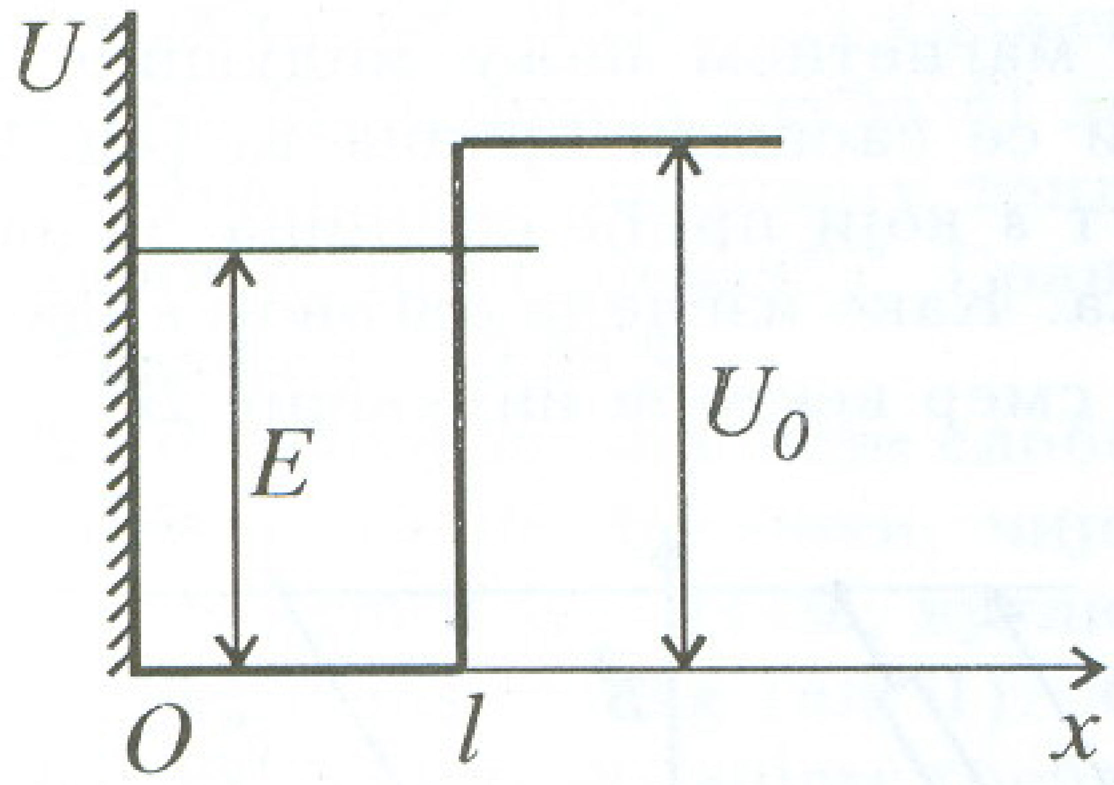
3. У хомогеном магнетном пољу индукције $\vec{B}$ креће се константном брзином v метална куглица радијуса r. Наћи тачке куглице у којима ће разлика потенцијала $\Delta\varphi_{\mathbf{max}}$ бити максимална и одредити ту разлику потенцијала. Узети да правац брзине гради, са правцем магнетне индукције, угао α.

4. Спектралне линије далеке двојне звезде у току $t = 30$ дана померају се за $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}(z) = 1{,}2\cdot 10^{-4}$. Наћи растојања звезда од центра масе и њихову масу, ако су им масе једнаке.

4. разред

1. Фотон се расејава под углом $\Theta = 120^\circ$ на слободном електрону који мирује, после чега електрон добија кинетичку енергију $T = 0{,}45\,\mathrm{MeV}$. Наћи енергију фотона после расејања.

2. Честица масе m налази се у једнодимензионој потенцијалној јами $U(x)$, која је приказана на слици, где је $U(0) = \infty$. Наћи *а*) једначину која одређује својствену вредност енергије у области $E < U_0$; довести ту једначину на облик: $\sin kl = \pm kl\sqrt{\hbar^2/2ml^2U_0}$, где је $k = \sqrt{2mE/\hbar}$. Графички приказати решења дате једначине да својствене вредности енергије честице образују дискретан спектар. б) минималну вредност величине l^2U_0, при којој се појављује први енергетски ниво у области $E < U_0$. При којим минималним вредностима величине l^2U_0 се појављује n-ти ниво?



3. Активност неког радиоизотопа се смањује 2,5 пута за 7 s. Наћи његов период полураспада.

4. Црно тело од гвожђа, специфичне топлоте c и густине ϱ, налази се на температури T_1. Наћи његову температуру T_2 по истеку времена τ, ако му је полупречник R.

Задаци из астрономије

1. Две звезде круже око заједничког центра масе константним брзинама v_1 и v_2 (двојне звезде). Полупречник кружнице прве звезде је r_1. Наћи масе звезда и полупречник путање друге звезде.

2. Из бесконачности пада на Земљу поток метеорита чија је запреминска густина n. Маса једног метеорита је m, а брзина у бесконачности v. Ако су познати радијус Земље R и гравитационо убрзање на површини g_0, наћи укупну масу метеорита који ће пасти на Земљу после времена t.

Прекидамо започету полемику!

У нашем часопису, у броју 59, објавили смо чланак др Драгомира Давидовића „Примери - муке са речима и муке са законима физике из наших збирки задатака". Аутор на конкретним примерима указује на постојање некоректности код задатака који се појављују на такмичењима, у виду непрецизних формулација које ученике могу да доведу у недоумицу. Тврди се да постоје погрешне дефиниције у збиркама задатака, као и решења која немају физичког смисла.

Сматрајући да такав чланак може бити од користи састављачима задатака, наставницима и ученицима, одобрио сам да се чланак објави у рубрици „Скрећемо вам пажњу..."

Садржај објављеног чланка је изазвао реакцију др Миће Митровића, аутора једне збирке и председника Комисије за такмичења при Друштву физичара Србије. Он је Председништву ДФС-а и главном и одговорном уреднику нашега часописа написао писмо, захтевајући да оно, по Закону о штампи, буде објављено у часопису. На основу предлога Председништва ДФС-а, писмо је, у нешто скраћеној форми, објављено у броју 61.

Након тога уследила је слична реакција, рекло би се „реплика", Давидовића на реплику Митровића. У Уредништво је стигао нови чланак у коме се оповргавају тврдње изнете у „Писму" и указује на нове „муке са речима". Тражи се да све то буде и објављено.

Разматрајући насталу ситуацију са становишта угледа нашега часописа, који никада није дозвољавао вођење таквих полемика на својим страницама, Уредништво је одлучило да не објављује нови чланак Д.Д., и тако спречи даљу расправу. Уредништво се нада да ће читаоци, на основу два објављена текста поменутих аутора, моћи сами да изведу одговарајуће закључке и да ће се сложити са Уредништвом да је углед часописа изнад појединачних жеља његових сарадника.

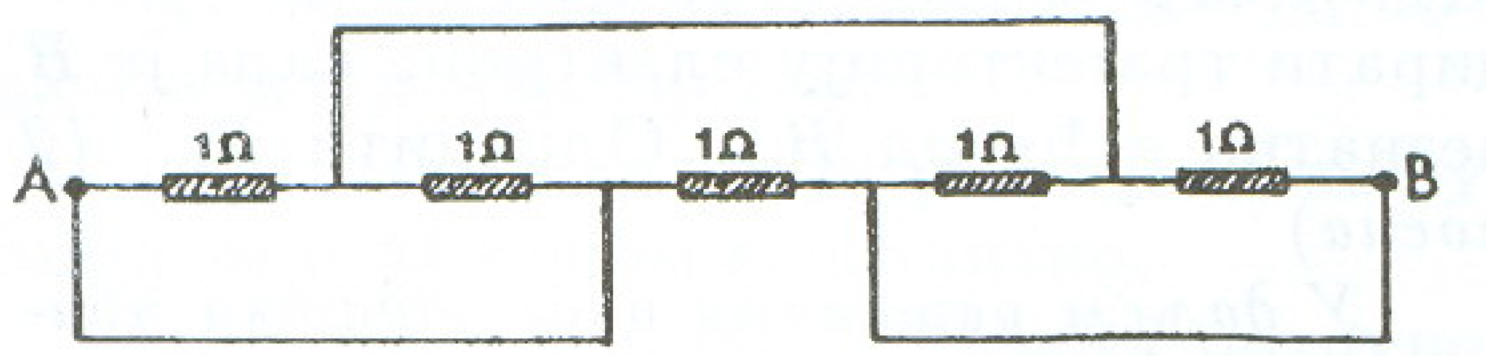
У име Уредништва часописа Млади физичар
главни и одговорни уредник Томислав Петровић

ЗАДАЦИ СА 27. ИНТЕРНАЦИОНАЛНЕ ОЛИМПИЈАДЕ ИЗ ФИЗИКЕ

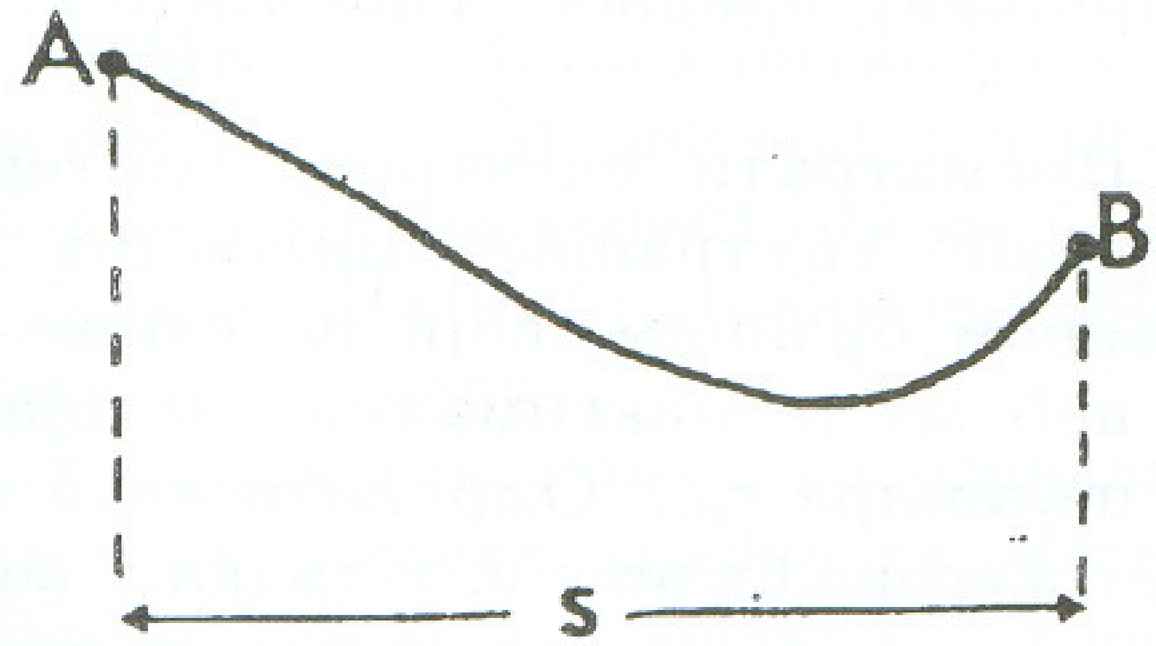
Задатак 1

(Пет делова овог задатка није међусобно повезано).

а) Пет отпорника од по $1\,\Omega$ спојено је као на слици. Отпори доводних жица (пуне линије на слици) су занемарљиви. Одредити резултујући отпор R између тачака A и B. (*1 поен*)



б) Скијаш полази из мировања из тачке A и спушта се низ брдо без изокретања скија или намерног кочења. Коефицијент трења је μ. Кад се заустави у тачки B (види слику), његово хоризонтално померање је s. Колика је висинска разлика h између тачака A и B? Занемарити мале измене притиска на снег настале због закривљености спусне стазе. Занемарити отпор ваздуха и промене коефицијента трења са брзином. (*1,5 поен*)



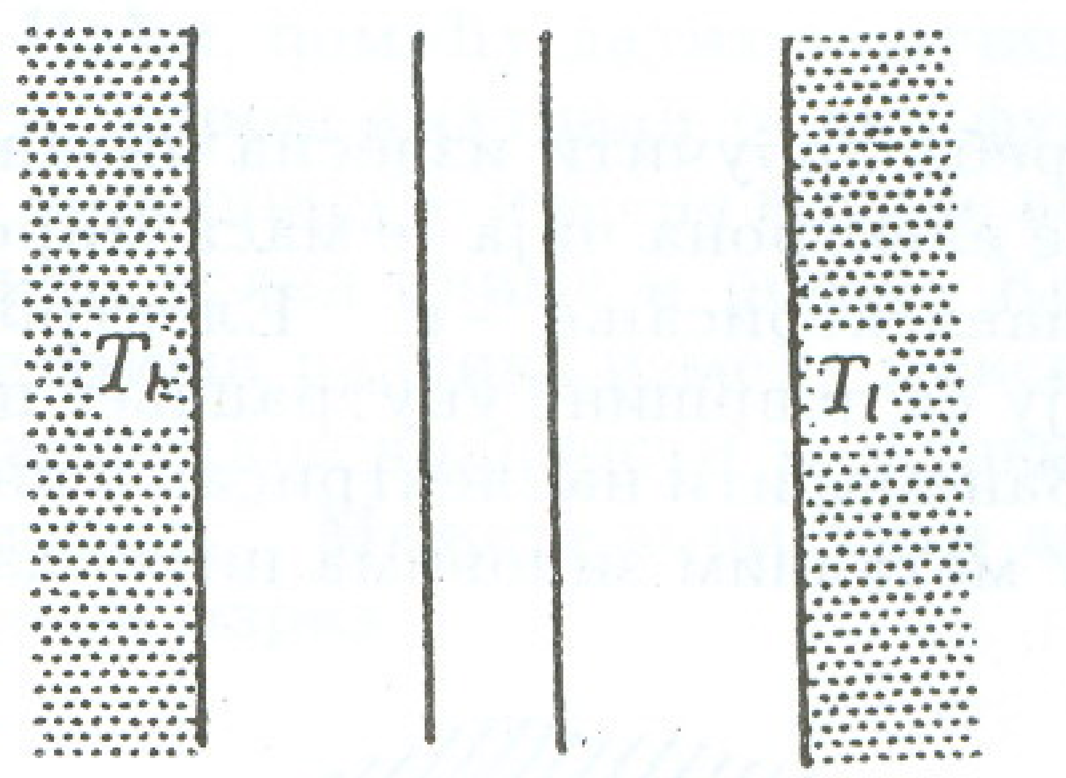
в) Топлотно изолован комад метала загрева се, при константном притиску, електричном струјом тако да му се електрична енергија доводи константном снагом P. Услед тога се његова апсолутна температура T повишава са временом t по закону:

$$T(t) = T_0[1 + a(t - t_0)]^{1/4}.$$

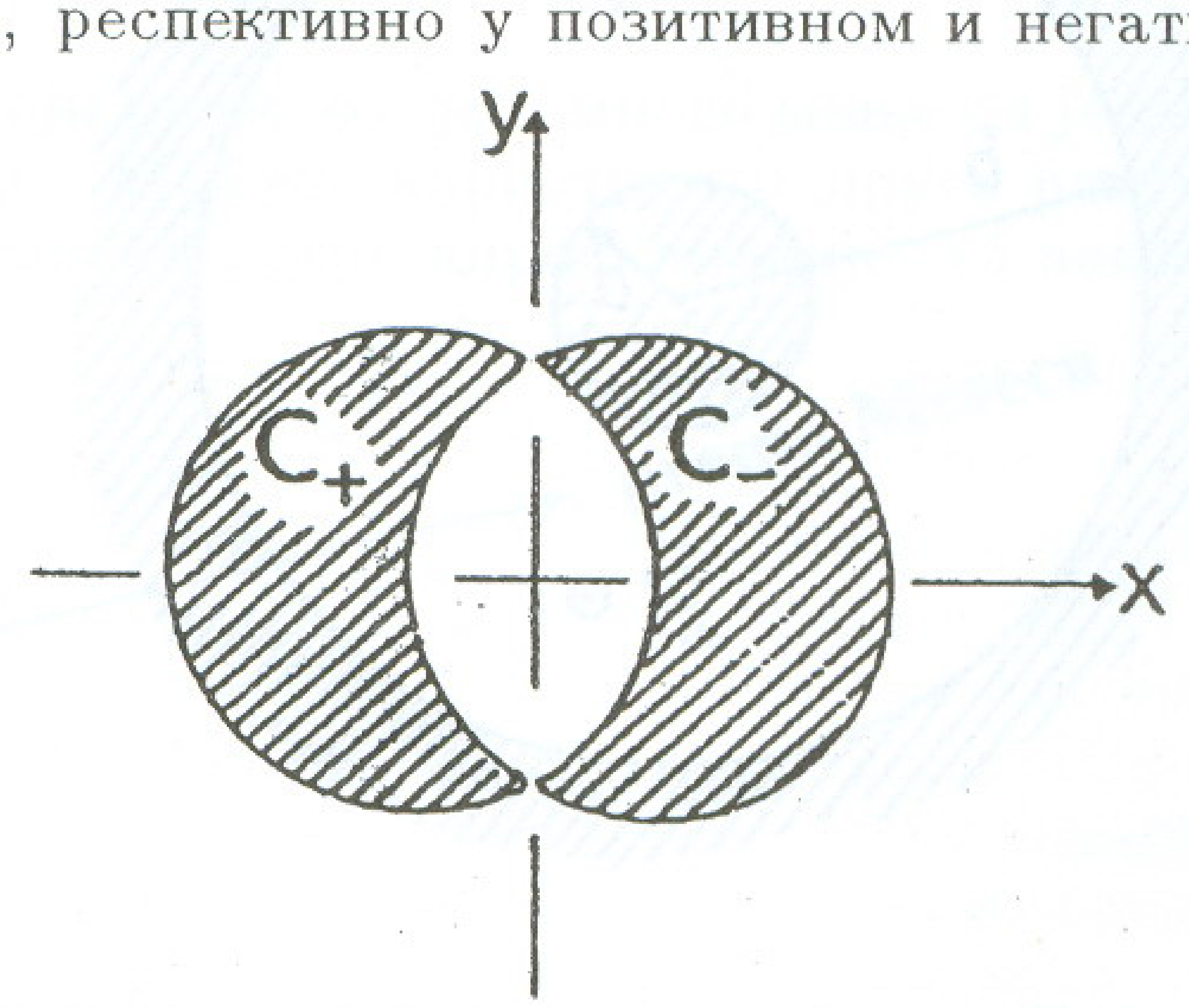
Овде су a, t_0 и T_0 константе. Одредити топлотни капацитет $C_p(T)$ метала (он зависи од температуре у температурском опсегу у коме је вршен експеримент). (*2 поена*)

г) Апсолутно црна равна површина, на константно високој температури T_h, постављена је паралелно другој апсолутно црној равној површини на константно нижој температури T_l. Између њих је вакуум.

Ради смањивања протока топлоте, услед зрачења, између ових површина је, паралелно њима, постављен топлотни заштитник, који се састоји од две танке, апсолутно црне, међусобно топлотно изоловане равни. После извесног времена успоставља се стационарно стање. Одредити однос ξ између стационарних топлотних протока после уношења топлотног заштитника и пре тога. Занемарити утицај коначних димензија посматраних површина. (*1,5 поен*)



д) Кроз два права и врло дуга, немагнетна и међусобно изолована проводника C_+ и C_-, теку струје једнаке јачине I, респективно у позитивном и негатив-

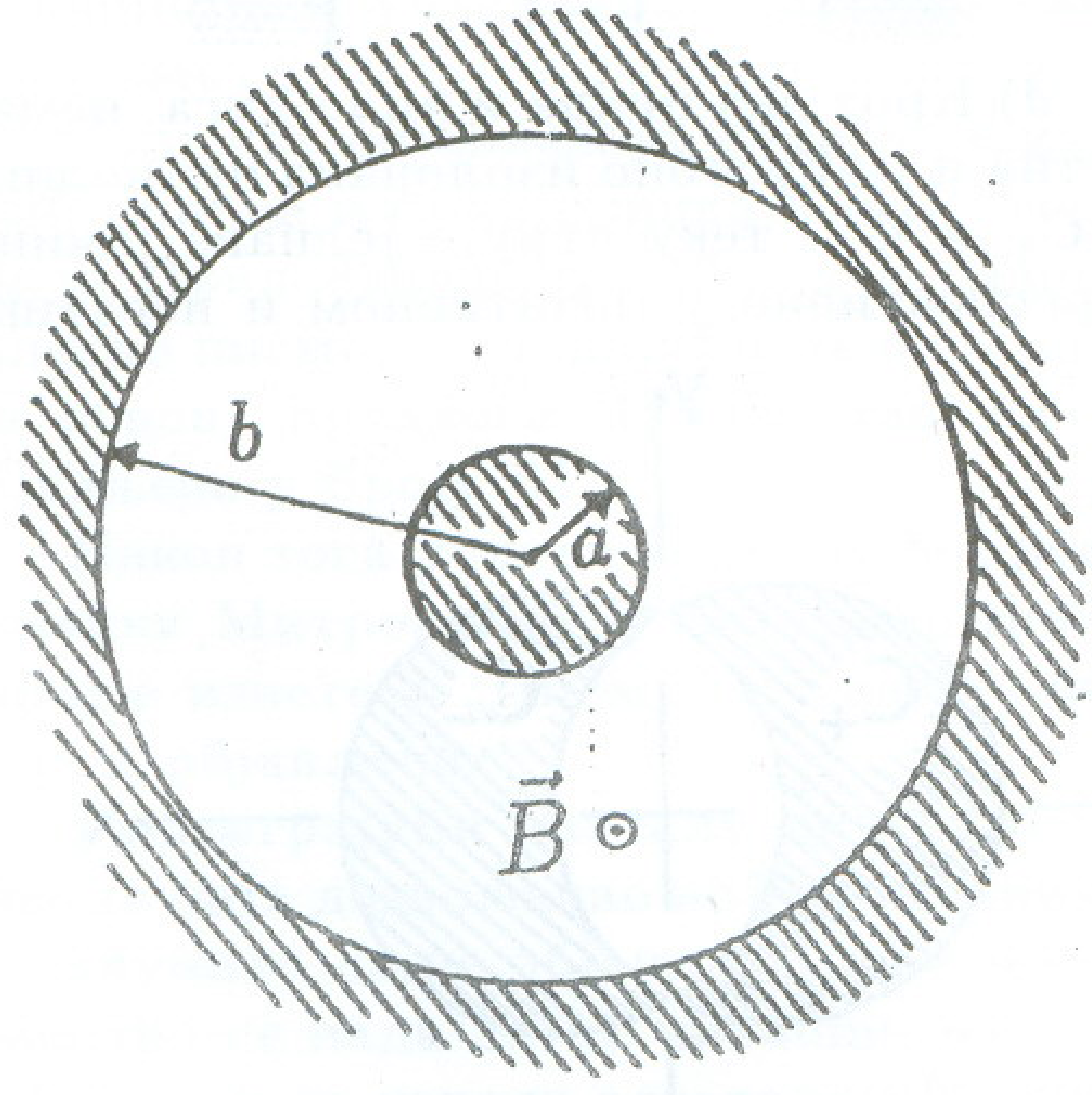


ном смеру z-осе. Попречни пресеци ових проводника (шрафирани на приложеној слици) ограничени су круговима пречника D у $x-y$ равни, при чему је растојање међу њиховим центрима $D/2$. Стога резултујући попречни пресеци проводника имају површине од по $\left(\frac{1}{12}\pi + \frac{1}{8}\sqrt{3}\right) D^2$. У оба проводника струје су равномерно распоређене по попречним пресецима. Одредити индукцију магнетног поља $B(x, y)$ у простору међу проводницима. *(4 поена)*

Задатак 2

У простору међу два коаксијална цилиндрична проводника налази се вакуум. Полупречник унутрашњег цилиндра је a, а унутрашњи полупречник спољњег цилиндра је b (види слику). Спољни цилиндар, такозвана анода, може бити доведен на известан позитиван потенцијал V у односу на унутрашњи цилиндар. Статичко и хомогено магнетно поље $\vec{B}$, паралелно оси цилиндра и усмерено ка посматрачу, може, такође, бити присутно.

Треба проучити извесна питања динамике електрона чија је маса мировања m и наелектрисање $-e$. Електрони се емитују са површине унутрашњег цилиндра. Занемарити наелектрисања индукована у металним зидовима цилиндара.



а) Најпре је потенцијал V укључен, али је $\vec{B} = 0$. Електрон се ослобађа са површине унутрашњег цилиндра занемарљивом брзином. Одредити интензитет његове брзине v у тренутку удара у аноду. Дати решење како за нерелативистички, тако и за релативистички случај. *(1 поен)*

За преостале делове овог задатка довољан је нерелативистички прилаз.

б) Сада је $V = 0$, али је присутно хомогено магнетно поље $\vec{B}$. Електрон полази почетном брзином $\vec{v}_0$ у радијалном правцу. За магнетна поља, чија је индукција већа од извесне критичне вредности B_c, електрон неће стићи до аноде. Скицирати трајекторију електрона када је B незнатно веће од B_c. Одредити B_c. *(2 поена)*

У даљем решавању овог задатка присутни су и потенцијал V и хомогено магнетно поље $\vec{B}$.

в) Магнетно поље саопштава електрону известан ненулти момент импулса L у односу на осу цилиндра. Написати једначину за брзину промене момента импулса са временом dL/dt. Показати да из те једначине произлази да је величина

$$L - keBr^2$$

константна у току кретања, при чему је k известан бездимензиони број, а r је растојање од осе цилиндра. Одредити, такође, бројчану вредност константе k. *(3 поена)*

г) Посматрати електрон, емитован са површине унутрашњег цилиндра занемарљивом брзином, који не стиже до аноде, већ му је максимално растојање од осе цилиндра r_m. Одредити како интензитет његове брзине v, у тачки у којој му је радијално растојање максимално, зависи од r_m. *(1 поен)*

д) Желимо да искористимо магнетно поље ради регулисања струје електрона на аноду. За B веће од извесне критичне вредности B_c, електрон емитован занемарљивом почетном брзином не доспева до аноде. Одредити B_c. *(1 поен)*

ђ) Ако се електрони ослобађају загревањем унутрашњег цилиндра, у општем случају имају на његовој површини почетне брзине различите од нуле. Нека је, за један конкретан електрон, v_B компонента почетне брзине паралелна $\vec{B}$, а

v_r и v_φ компоненте почетне брзине ортогоналне на $\vec{B}$, респективно у радијалном и азимуталном (нормалном на радијус) правцу. Одредити критично магнетно поље B_c за стизање електрона на аноду у овим условима. (*2 поена*)

Задатак 3

У овом задатку се, у грубим цртама, разматрају величине океанских плима на Земљи. Проблем се поједностављује увођењем следећих претпоставки:

(i) сматра се да Земља и Месец образују изолован систем,

(ii) сматра се да је растојање међу Земљом и Месецом константно,

(iii) сматра се да је Земља потпуно покривена океаном,

(iv) занемарују се последице ротације Земље око њене осе, и

(v) гравитационо привлачење Земље се одређује као да јој је целокупна маса концентрисана у њеном центру.

Дати су следећи подаци:
Маса Земље $M = 5{,}98 \cdot 10^{24}\,\mathrm{kg}$,
Маса Месеца $M_m = 7{,}3 \cdot 10^{22}\,\mathrm{kg}$,
Полупречник Земље $R = 6{,}37 \cdot 10^{6}\,\mathrm{m}$,
Растојање међу центрима Земље и месеца $L = 3{,}84 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m}$, и
Гравитациона константа $G = 6{,}67 \times \times 10^{-11}\,\mathrm{m^3kg^{-1}s^{-2}}$.

а) Месец и Земља ротирају угаоном брзином ω око заједничког центра маса C. Одредити удаљеност l тачке C од центра Земље. Наћи бројчану вредност величине ω. (*2 поена*)

У даљем користимо координатни систем који ротира заједно са Месецом и центром Земље око тачке C. У том систему референце облик водене површине Земље је статичан.

У равни P, која пролази кроз тачку C, и ортогонална је на осу ротације, положај материјалне тачке на воденој површини Земље може се описати поларним координатама r и φ, при чему је r растојање од центра Земље (види слику).

Претпоставићемо да се облик водене површине Земље у равни P може приказати у облику

$$r(\varphi) = R + h(\varphi).$$

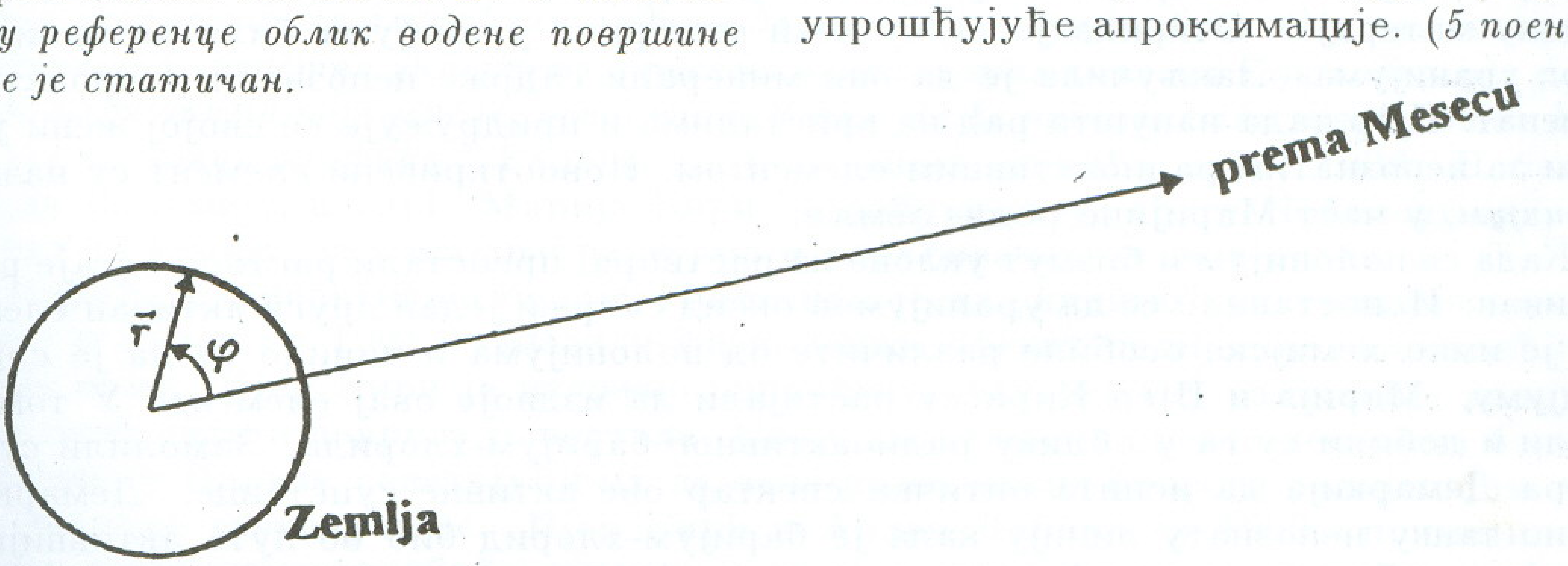
б) Посматрати материјалну тачку (масе m) на воденој површини Земље (у равни P). У нашем систему референце на њу делују центрифугална сила и гравитационе силе Земље и Месеца. Написати израз за потенцијалну енергију услед деловања споменуте три силе. (*3 поена*)

Напомена: Било која сила $F(r)$, која у свакој тачки има радијалан правац у односу на известан координатни почетак, може се приказати као негативан извод сферно симетричне потенцијалне енергије $V(r)$, односно $F(r) = -V'(r)$.

в) Наћи, помоћу датих величина M, M_m итд, апроксимативан облик функције $h(\varphi)$ која описује измене висине водене површине услед плиме и осеке. Колика је **у метрима** разлика између максималне и минималне вредности те функције у овом моделу? Можете користити апроксимативни израз

$$\frac{1}{\sqrt{1+a^2-2a\cos\Theta}} \approx$$
$$\approx 1 + a\cos\Theta + \frac{1}{2}a^2(3\cos^2\Theta - 1),$$

који важи ако је a много мање од јединице. Можете користити и друге разумне упрошћујуће апроксимације. (*5 поена*)



ОТКРИЋЕ РАДИОАКТИВНОСТИ

Александар Утјешановић
Институт за физику, ПМФ Нови Сад

Прошли век је био век открића везаних за атоме, укључујући радове Џона Далтона (**Dalton**), Геј-Лисака (**Gay-Lussac**), Пруста (**Proust**), Авогадра (**Avogadro**) и других. Неколико важних и потпуно неочекиваних експерименталних открића унела су револуцију у разумевању структуре атома. У децембру 1895. Вилхелм Рентген (**Wilhelm Röntgen**) је открио X-зраке. У јануару 1896. је објавио резултате својих експеримената и примерке првих радиографских снимака. Исте године, Анри Бекерел (**Henri Becquerel**) (1852 - 1908), француски физичар, професор Политехничке школе у Паризу, направио је експеримент о повезаности X-зрака и луминесценције. Да би проверио да ли је фосфоресцентно тело екситовало X-зраке, користио је хидрате соли $[SO_4(VO)K+H_2O]$. Поставио је 20.2.1896. кристале соли на фотографску плочу, која је изнутра била обложена црним дебелим папиром, и изложио их дејству сунчевих зрака неколико сати. Након развијања, на плочи су се појавиле црне силуете. Закључио је да је фосфоресцентна супстанца емитовала продорну радијацију. Желео је да понови овај експеримент користећи упијаче различитих дебљина, али изнад Париза тих дана није било сунца. Првог марта је развио плочу да би одредио колико се фосфоресценција смањила и изненадио се кад је установио да се фосфоресценција чак и повећала. Бекерел је убрзо истакао сличности и разлике X-зрака и радијације коју је открио.

Активност уранијумове соли се није смањила ни за неколико месеци. Бекерел је мислио да су зраци, које је испитивао, или „тврди” X-зраци, или фосфоресценција дуге трајности. Користећи електроскоп приметио је да су зраци могли да јонизују ваздух. У свом дневнику је записао: *„Још увек не знам одакле уранијум црпе енергију коју емитује великом истрајношћу.”* Зраци, које је открио, добили су назив Бекерелови зраци. Средином априла 1897. приметио је да се интензитет радијације уранијумових соли није смањио после годину дана. Одлучио је да привремено прекине експеримент и посвети се Земановом (**Zeeman**) ефекту, откривеном неколико месеци раније.

Крајем 1897. године, након рођења своје прве кћерке Ирене, Марија Склодовска-Кири (**Maria Sklodowska Curie**), отпочела је рад на дисертацији (била је прва жена доктор наука). Марија Кири (1867 - 1934), родом Пољакиња, дошла је из Варшаве у Париз да студира на Сорбони. Удала се за Пјера Кирија (**Pierre Curie**) (1859 - 1906), професора Хемијске школе, који је већ стекао углед научника. Тема њене дисертације били су Бекерелови зраци. Своје експерименте је изводила у напуштеној радионици Хемијске школе у Паризу.

Марија Кири је проучавала доста елемената, хемијских једињења и минерала трагајући за радијацијом истог типа коју је открио Бекерел. Емисија радијације је опште својство материје, па је извела реч *радиоактивност*, да би описала ову особину материје. Открила је да су неки минерали уранијума били активнији од самог уранијума. Закључила је да ови минерали садрже непознати радиоактивни елеменат. Пјер тада напушта рад на кристалима и придружује се својој жени у потрази за непознатим радиоактивним елементом. Новооткривени елемент су назвали *полонијум*, у част Маријине родне земље.

Када се полонијум и бизмут уклоне из раствора, преостали раствор остаје радиоактиван. Испоставило се да уранијумов оксид садржи један други активан елемент који је имао хемијске особине различите од полонијума и чинило се да је сличан баријуму. Марија и Пјер Кири су настојали да издвоје овај елемент. У томе су успели и добили су га у облику радиоактивног баријум-хлорида. Замолили су физичара Демаркија да испита оптички спектар ове активне супстанце. Демарки је открио танку непознату линију када је баријум-хлорид био 60 пута активнији од уранијума. Линија се повећавала све док хлорид није био 900 пута активнији од уранијума. Киријеви су овај нови радиоактивни елемент назвали *радијум*.

Радијум је био најактивнији од новопронађених радиоактивних елемената и могао се директно посматрати и измерити. Имао је кључну улогу у разумевању радиоактивног низа. Радијација из радијума и његових продуката је постала веома важно средство за микроскопска истраживања материје и унутрашње структуре атома. То је отворило нова поља истраживања, као и примене о којима, пре открића радиоактивности, нико није ни сањао.

Након открића Бекерела и Киријевих велики број научника је почео да проучава особине радиоактивности коју емитују различити радиоактивни елементи. У јануару 1899. енглески физичар Ернст Радерфорд (**Ernest Rutherford**) (1871 - 1937) открио је да се радијација, коју емитује уранијум, састоји од лако упијајућих зрака (α-зраци) и продорнијих зрака (β-зраци). Радерфорд је показао да се α-зраци састоје од високо јонизованих атома хелијума. Проучавања физичара у Немачкој и Француској показала су да су β-зраци енергетски електрони. Чудно је да Бекерел није препознао емисију α-зрака уранијума. При добијању Нобелове награде, 11.12.1903. године, истакао је да, чак, и у вакууму, уранијум емитује само β-зраке, емисију α-зрака у својим експериментима није запазио. Уранијумови зраци, који су омогућили Бекерелу да открије радиоактивност, били су β-зраци које су емитовали директни продукти уранијума, названи касније *торијум* и *протактинијум*.

У новембру 1899. Киријеви су открили да сваки елемент постављен у близини јаког извора радијације радијума постаје радиоактиван. Ову појаву су назвали *секундарна радиоактивност*. У исто време Радерфорд, који је радио у Монтреалу, почео је радове са једињењима торијума. Открио је да торијум-оксид изазива неку врсту радиоактивне паре, коју је назвао *еманација*. Приметио је да сва тела, након извесне изложености еманацији, бивају прекривена невидљивим слојем радиоактивне материје, коју је назвао *побуђена радиоактивност*. Ова побуђена радиоактивност је много личила на секундарну радиоактивност коју су открили Киријеви. Радерфорд је 1901. писао својој мајци: *„Морам да објавим свој рад што је могуће пре да би добио трку. Најбољи спринтери на стази су Бекерел и Киријеви у Паризу који су урадили велики део посла на проблему радиоактивности у последњих неколико година.”* Радерфорд је урадио више нових експеримената, да би доказао своје хипотезе, заједно са својим сарадником Ф. Содијем. Установили су неколико нових чињеница; веома активна еманација је, уствари, инертан гас присутан у малим количинама, открили су нови радиоактивни елемент *радон* и поставили теорију радиоактивног распада. Радерфорд је 1911. поставио први нуклеарни, или планетарни, модел атома, а 1919. је извршио прву вештачку нуклеарну реакцију бомбардовањем атома азота α-зрацима.

Трећа Нобелова награда из физике 1903. године додељена је, заједно, Арни Бекерелу, Марији и Пјеру Кирију. Пјер Кири је приликом обраћања члановима Нобеловог комитета рекао: *„... Чак се може замислити да радијум у рукама криминалаца може постати веома опасан и може се човечанству поставити питање да ли је уопште предност у познавању тајни природе, да ли је промишљено користити их, да ли је то знање безопасно? Нобелово откриће динамита је случај за пример; снажни експлозиви су омогућили људима да чине задивљујућа дела. Они су истовремено и страшно средство уништења у рукама великих криминалаца који воде људе у рат. Ја сам међу онима који мисле, исто као и Нобел, да ће човечанство извући више добра него зла из нових открића.”* Радерфорд је за своја открића добио 1908. Нобелову награду за хемију, а 1911. Марија Кири ће добити своју другу Нобелову награду, овај пут за хемију, за одвајање радијума и одређивање његових особина.

Откриће радиоактивности омогућило нам је да „видимо” унутрашњост атома. Валкоф и Гизел су 1901. запазили физиолошки ефекат радијације, користећи сопствену кожу. Пјер Кири је изложио повређену руку дејству радијације радијума током десет сати и повреда је нестала. Своје запажање је пренео лекарима болнице Сент Луис у Паризу саветујући их да лече разне кожне болести радијацијом. Био је то почетак *киритерапије*. Пјер Кири и Андре Лобард су 1903. приметили да радијум константно ослобађа топлоту и да је количина топлоте за време од једног часа износила више него што је потребно да се истопи његова сопствена маса леда. Мале количине радиоактивних елемената су присутне у скоро свим минералима који сачињавају Земљину кору. Радерфорд је забележио да би у стању термалне равнотеже, топлота, коју ствара радиоактивност, могла да компензује ону која је изгубљена радијацијом. Ово би могло бити објашњење зашто Земља одржава исту температуру дуго времена, што омогућава развој живота на њој.

СКРЕЋЕМО ВАМ ПАЖЊУ

У актуелном уџбенику физике за I разред гимназије (сва издања) у тексту под насловом „Равнотежа на стрмој равни" постоје неке некоректности на које овде указујем да би их корисници запазили и кориговали. Некоректности су, како у вези нацртане слике, тако и у вези текста.

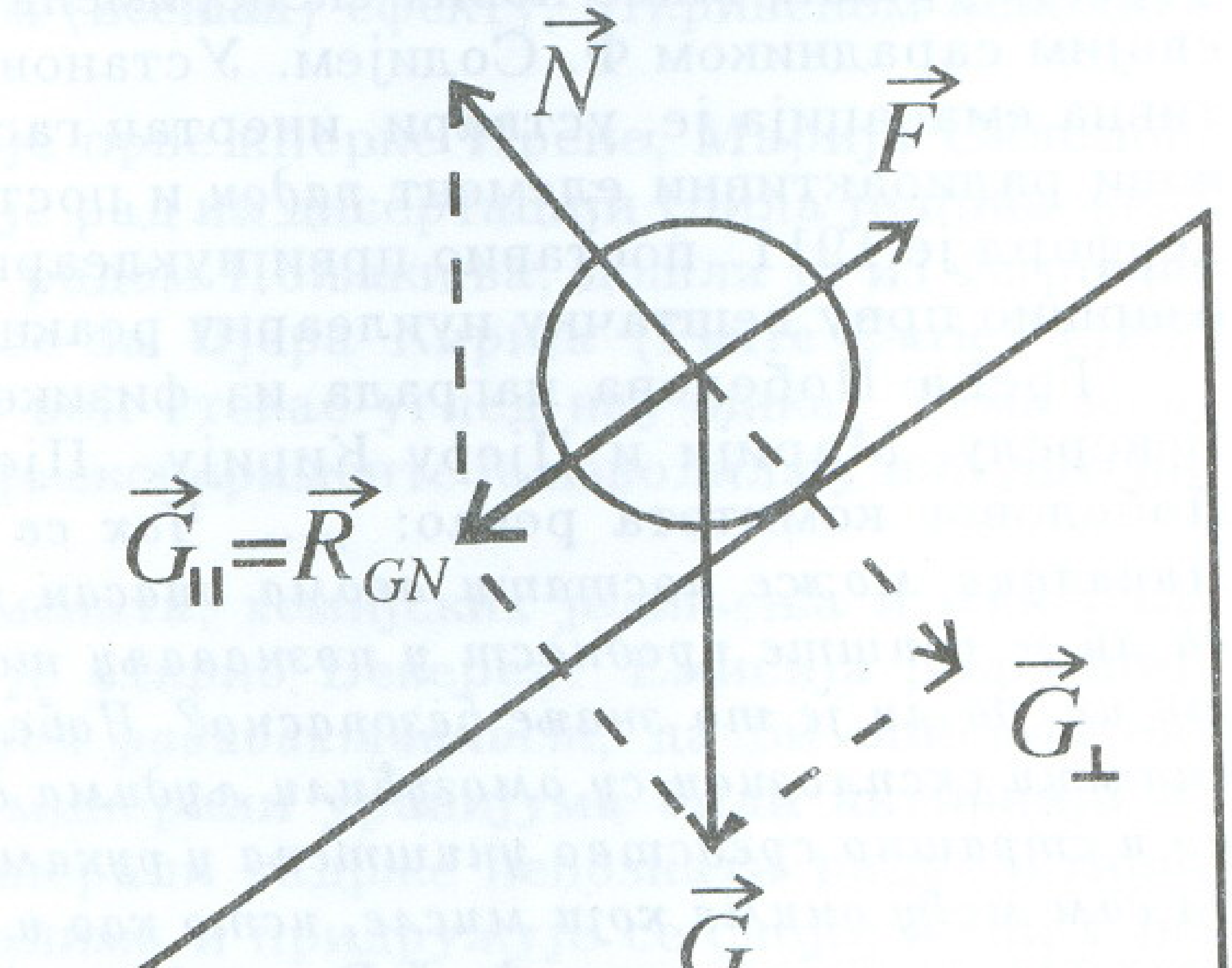
1) На слици у уџбенику се на истоветан начин (пуном линијом) цртају четири силе, од којих су само две независне ($\vec{G}$ и $\vec{F}$) док су $\vec{P}$ и $\vec{N}$ компоненте силе $\vec{G}$. Ове две силе не треба ни цртати ни обележавати онако како је то у књизи учињено.

Пуном линијом (као $\vec{G}$ и $\vec{F}$) треба да буде нацртана сила којом стрма раван делује на тело, а која није уопште поменута, нити нацртана. Уобичајено је да се та сила обележава словом $\vec{N}$. Тада би биле нацртане равноправно све силе које делују на тело у случају да нема силе трења. О овој сили ништа није речено!

2) У тексту поменутог уџбеника стоји: „Тежину тела $\vec{G}$ на стрмој равни разлажемо..."

Скрећем вам пажњу да нацртана и словом обележена сила $\vec{G}$ није *тежина* тела. То је сила Земљине теже, која делује на тело увек, било где да се налази. Само када тело лежи на хоризонталној подлози, може се уместо „силе теже" рећи да је по интензитету „тежина тела" $Q = G$, с обзиром да је $\vec{Q} \neq \vec{G}$, јер није иста нападна тачка.

3) Даље, стоји у тексту: „Паралелна компонента $\vec{P}$ је активна, њено деловање изазива кретање тела низ стрму раван".



Оваква тврдња среће се и у другим уџбеницима и збиркама задатака. Међутим, она, са становишта методике наставе физике, није коректна, јер је из механике познато да се кретање тела никада не врши у правцу компоненте силе, нити под њеним дејством већ у правцу и под дејством резултантне силе. (Изузетак је кад тело импулсом силе добије почетну брзину мимо правца сталне силе, на пример, коси хитац, хоризонтални хитац).

Из свега овде реченог треба настојати да се, најпре, нацртају све силе које делују на тело, затим да се нађе њихова резултанта, а онда, ако се жели да тело остане у равнотежи, нацрта сила истог интензитета, а супротног смера у истом правцу ($\vec{R}_{GN} + \vec{F} = 0$). Слику у књизи треба кориговати као што се овде чини за случај да је сила трења занемарена. Сличну слику треба нацртати и за случај када има силе трења између тела и стрме равни. На стрмој равни треба посматрати случајеве: $\vec{F}_t = 0$ и $\vec{F}_t \neq 0$, па за сваки од њих написати услов за статичку равнотежу и за динамичку равнотежу.

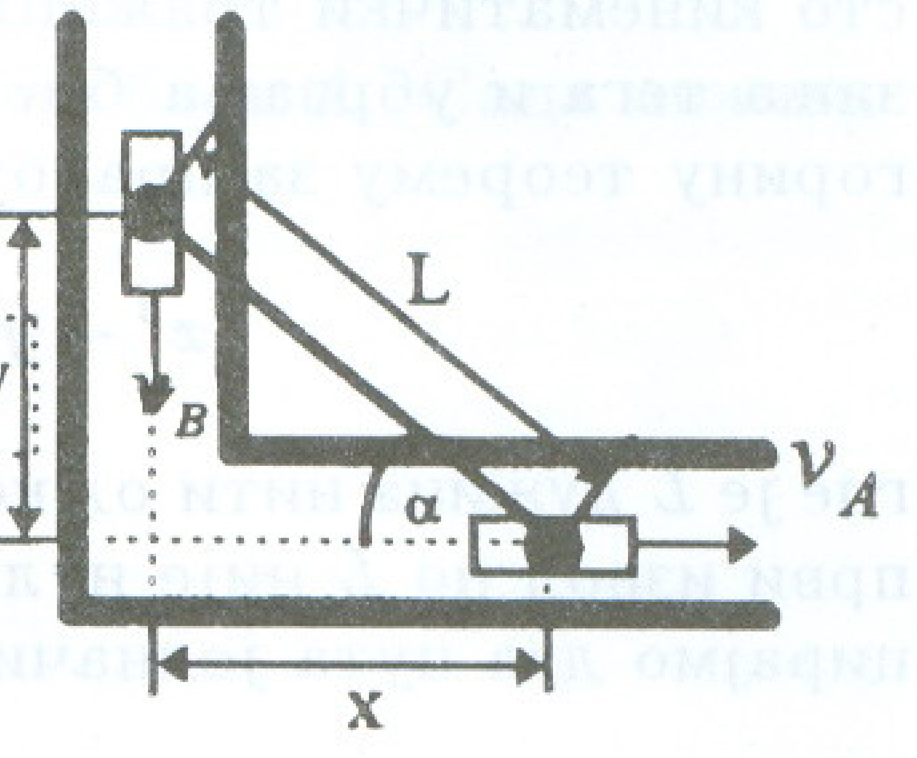
Томислав Петровић

ПРИЛОЗИ УЧЕНИКА И СТУДЕНАТА

РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА ОГРАНИЧЕНОГ КРЕТАЊА

У овом чланку бавићемо се кретањем система котура као и другим проблемима ограниченог кретања. Објаснићемо једну универзалну методу за решавање оваквих проблема. Метода се састоји у писању геометријских једначина за дати проблем чијим диференцирањем по времену добијамо односе брзина, односно убрзања. За демонстрацију методе узимамо чисто кинематичке задатке да бисмо, затим, показали и њену примену у динамици. За почетак посматрајмо проблем са слике 1.

Проблем 1: Колица A се у одређеном тренутку крећу брзином v_A у смеру приказаном на слици. Колица A су крутим штапом повезана са колицима B. Одредити брзину колица B, v_B, у посматраном тренутку.



Решење: Код овако једноставног проблема примењиво је и решење које се састоји у изједначавању пројекција брзина у правцу штапа. Уместо тога, напишимо Питагорину теорему за дати правоугли троугао:

$$x^2 + y^2 = L^2, \qquad (1)$$

где је L дужина штапа и с обзиром на то да је штап крут, L је константно. Диференцирајмо дату једначину по времену:

$$2x\dot{x} + 2y\dot{y} = 0$$

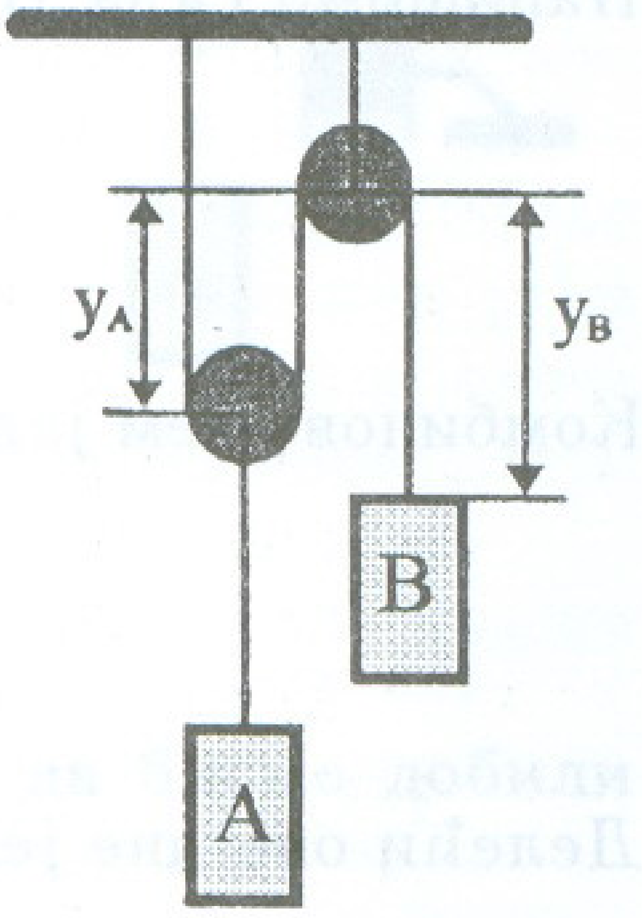
$$xv_A + yv_B = 0$$

$$v_B = -\frac{x}{y}v_A$$

$$v_B = -v_A \operatorname{ctg}\alpha.$$

Минус знак је последица чињенице да се y мења супротно од x. Другим речима, ако x расте, y опада, и обрнуто. Сада можемо анализирати/демонстрирати дату методу и на систему котурова.

Проблем 2: Систем котурова је дат, као што је приказано на слици. Како се односе брзине, односно убрзања ових котурова у било ком тренутку кретања? Нити којима су котурови везани су неистегљиве.



Решење: Нека је дужина нити која држи котур B и која је пребачена преко котурова A и B, $L = const$ (јер је нит неистегљива). Дужина нити се може изразити помоћу величина y_A и y_B на следећи начин:

$$2y_A + y_B + const = L,$$

где се под константом налази дужина нити која је обмотана око котурова, као и дужина нити од y_A до подлоге, а која је, такође, константа, јер је котур B фиксиран. Диференцирањем ове једначине по времену добијамо однос брзина котурова у произвољном тренутку[1]:

$$2\dot{y}_A + \dot{y}_B = 0$$
$$v_B = -2v_A.$$

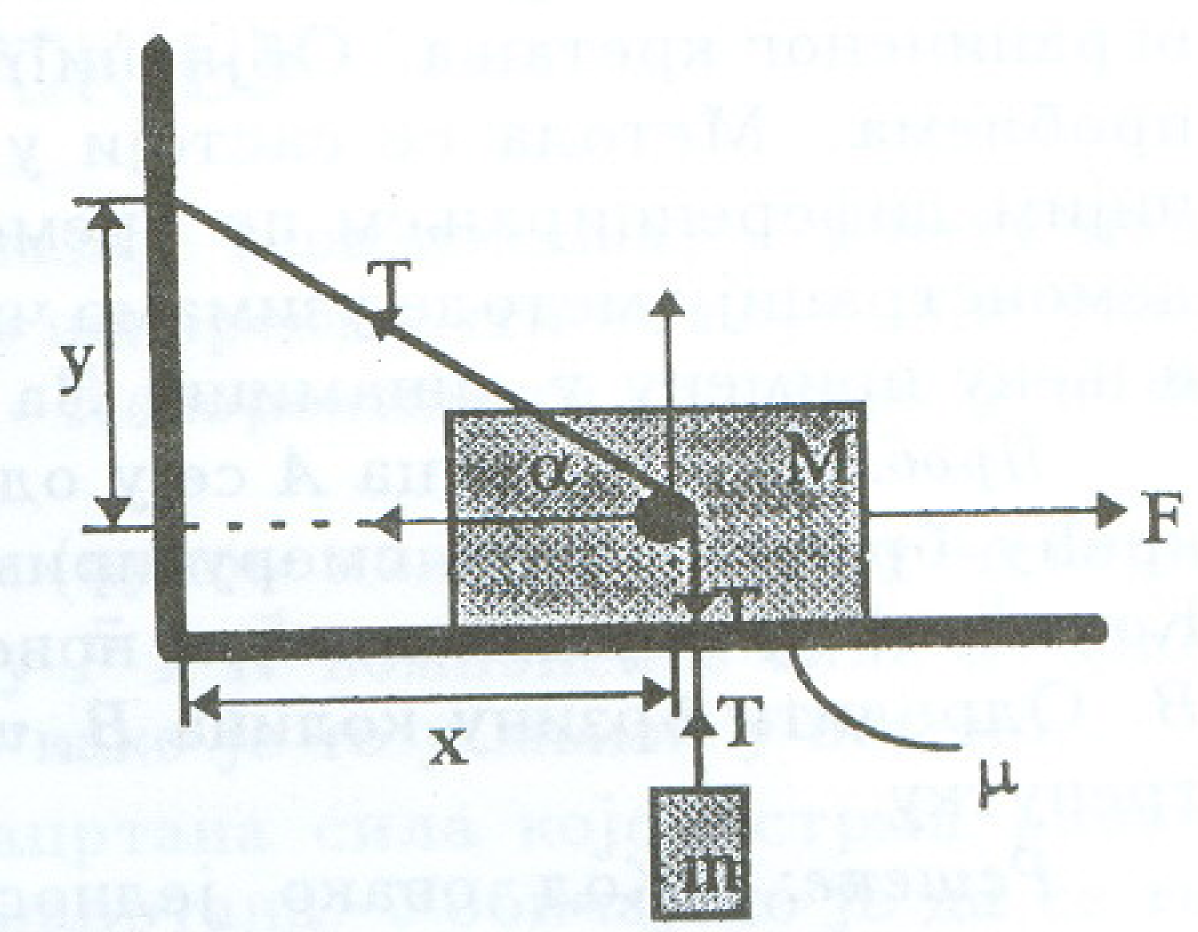
---

[1] Минус знак нам указује на чињеницу да се котур B креће у супротном смеру од котура A.

Поновним диференцирањем, по времену, добијамо:

$$2\ddot{y}_A + \ddot{y}_B = 0$$
$$a_B = -2a_A.$$

Проблем 3: Блок масе M почиње да се вуче силом F, као што је приказано на слици. У том (почетном) тренутку угао између нити и хоризонтале је α. Одредити силу затезања нити. Коефицијент трења је μ, нит је неистеглива, а сила F је довољно велика да покрене блок масе M у њеном смеру.



Решење: На почетку проблем посматрамо чисто кинематички тражећи однос вертикалног убрзања тега и убрзања блока. Дакле, пишемо Питагорину теорему за правоугли троугао на слици:

$$x^2 + y^2 = L^2 \qquad (1)$$

где је L дужина нити од котура до вертикалног зида. Примећујемо да у овом случају први извод по L није нула, пошто се дужина L мења због кретања блока. Диференцирајмо два пута једначину (1) по времену да бисмо добили однос убрзања:

$$2x\dot{x} = 2L\dot{L}$$
$$x\dot{x} = L\dot{L}$$
$$\dot{x}^2 + x\ddot{x} = \dot{L}^2 + L\ddot{L}.$$

С обзиром на то да тражимо убрзања на почетку кретања (дакле када су брзине оба тела једнаке нули), имамо:

$$x\ddot{x} = L\ddot{L}$$
$$\ddot{L} = \frac{x}{L}\ddot{x} \Rightarrow \ddot{L} = \ddot{x}\cos\alpha. \qquad (2)$$

Напишимо сада Њутнов (Newton) други закон механике за оба тела:

$$M\ddot{x} = F - T\cos\alpha - \mu(T + Mg - T\sin\alpha) \qquad (3)$$
$$m\ddot{L} = T - mg. \qquad (4)$$

Комбиновањем једначина (2), (3) и (4) имамо:

$$M\ddot{x} = F - T\cos\alpha - \mu T - \mu Mg + \mu T\sin\alpha$$
$$m\ddot{x}\cos\alpha = T - mg.$$

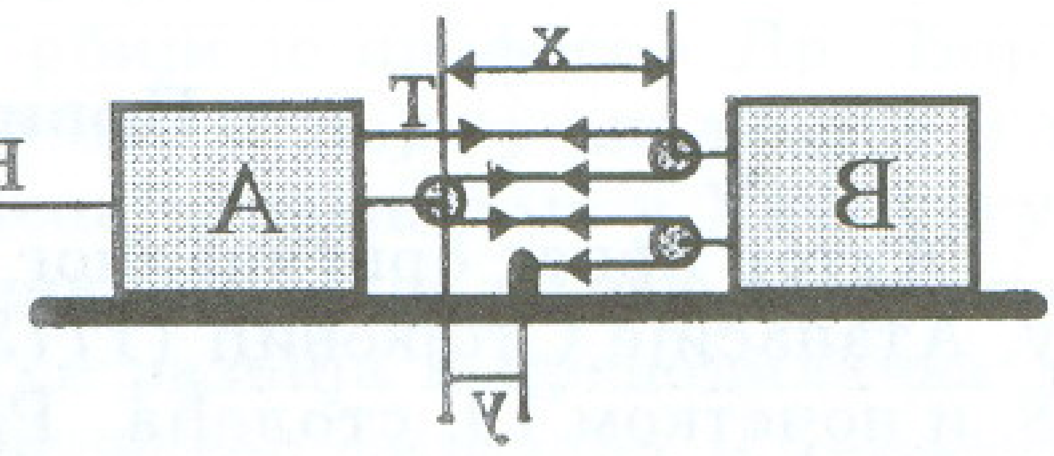
Делећи ове две једначине долазимо постепено до решења за T:

$$\frac{M}{m\cos\alpha} = \frac{F - \mu Mg - T(\cos\alpha + \mu - \mu\sin\alpha)}{T - mg}$$

$$T\left[\cos\alpha + \frac{M}{m\cos\alpha} + \mu(1 - \sin\alpha)\right] = F - \mu Mg + \frac{Mg}{\cos\alpha}$$

$$T = \frac{F - \mu Mg + \frac{Mg}{\cos\alpha}}{\cos\alpha + \frac{M}{m\cos\alpha} + \mu(1 - \sin\alpha)}.$$

Проблем 4: Блок A се вуче силом F, као што је то приказано на слици. Одредити убрзање блока A ако су масе оба блока једнаке. Трење је занемарљиво, нит неистегљива, а котури су занемарљиве масе.



Решење: Како је нит неистегљива, дужина јој се не мења, тј. $L = const$. Изразимо дужину нити у функцији x и y:

$$L = 4x - y + const.$$

Диференцирајмо два пута ову једначину по времену:

$$4\ddot{x} - \ddot{y} = 0$$

$$\ddot{y} = 4\ddot{x}.$$

Приметимо још да је $\ddot{x}$ релативно убрзање блока B у односу на блок A. Сада можемо записати II Њутнов закон динамике за оба тела:

$$m\ddot{y} = F - 3T$$

$$m(\ddot{y} - \ddot{x}) = 4T.$$

Решавањем овог система добијамо $\ddot{x}$:

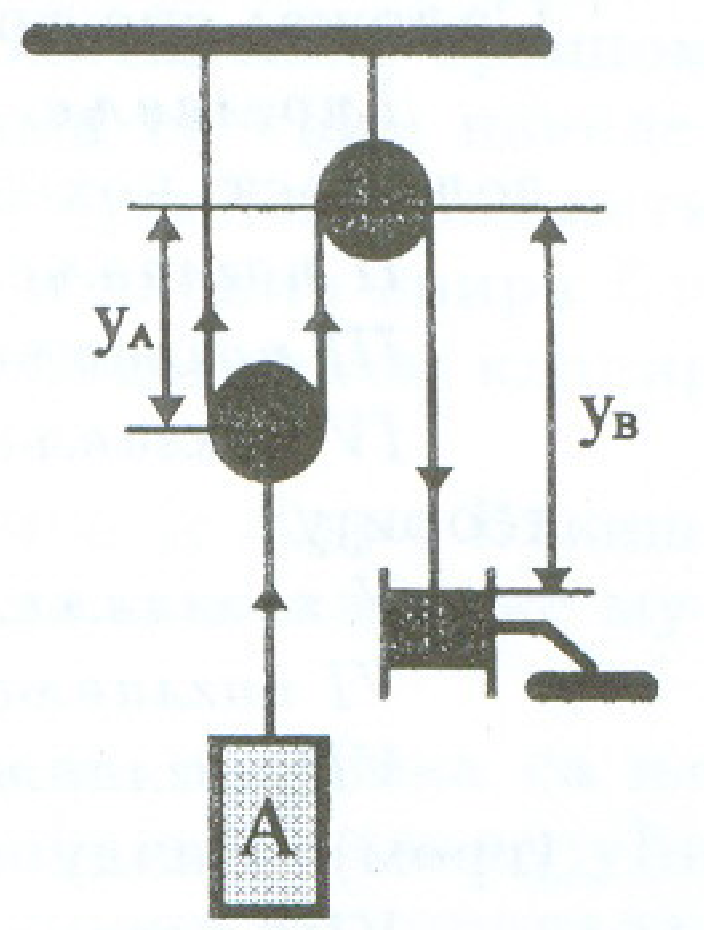
$$4m\ddot{x} = F - 3T$$

$$3m\ddot{x} = 4T \Rightarrow$$

$$25m\ddot{x} = F$$

$$\ddot{x} = \frac{F}{25m} \Rightarrow \ddot{y} = \frac{4F}{25m}.$$

Проблем 5: Маса тега A је m. Бубањ полупречника R производи момент M намотавајући неистегљиву нит. Одредити убрзање тега A и силу затезања нити, ако је момент инерције бубња I.



Решење: Напишимо прву једначину за дужину нити,

$$2y_A + y_B = L.$$

Примећујемо да дужина нити у овом случају није константна, с обзиром на то да се иста намотава на бубањ. Дакле, двоструким диференцирањем горње једначине по времену имамо,

$$2\ddot{y}_A = \ddot{L}.$$

Напишимо сада II Њутнов закон динамике за бубањ,

$$M = I\alpha$$

$$\alpha = \frac{M}{I} \xrightarrow{\ddot{L}=\alpha R} \ddot{L} = \frac{MR}{I} \Rightarrow \ddot{y}_A = \frac{MR}{2I}.$$

Сада, очигледно, можемо применити II Њутнов закон и за тег A да бисмо добили силу затезања нити,

$$m\ddot{y}_A = 2T - mg$$

$$T = \frac{m\ddot{y}_A + mg}{2}$$

$$T = m\left(\frac{MR}{4I} + g\right).$$

Бачић Марко, IV р. Математичка гимназија, Београд

ЗАНИМЉИВОСТИ

Први уџбеници физике у Србији

Аутор првог оригиналног уџбеника физике, написаног на славјано-српском језику, Атанасије Стојковић (1773-1832), био је један од најобразованијих Срба крајем 18. и почетком 19. столећа. Рођен у Руми, где је завршио основну и „граматикалну и латинску школу”, наставио је школовање у Сегедину и Пожуну, а завршио студије математике и физике у Немачкој, у Гетингену. Био је професор физике на Харковском универзитету у Русији, члан краљевског Гетингенског друштва наука и активни члан Јенског природно-истраживачког друштва. Бавио се и књижевношћу; написао је два романа: „Кандор” и „Аристид и Наталија”.

Стојковић је написао уџбеник физике по наговору просветитеља и хуманисте Доситеја Обрадовића са којим је одржавао пријатељске везе. Насловна страна његове књиге гласи:

> Др Атанасије Стојковић, слободан уметник и доктор философије, члан краљевског Гетингенског друштва наука, активни члан Јенског истраживачког друштва.
>
> **ФИСИКА**
> простим језиком за род славјано-српски
> Будим
> Штампа Краљевског Универзитета

Уџбеник је штампан у три књиге:

- I књига (320 страна), 1801. године,
- II књига (330 страна), 1802. године,
- III књига (340 страна), 1803. године.

Садржај све три књиге овог уџбеника:

I поглавље. Општа својства тела: просторност, непродорност, порозност, дељивост, кохезија, покретљивост, гравитација.

II поглавље. Сунце и Сунчев систем. Планете.

III поглавље. Расуђивање о Земљи.

IV поглавље. Светлост и огањ. (Аутор заступа Њутнову корпускуларну теорију).

V поглавље. Ваздух.

VI поглавље. Вода.

VII поглавље. Ваздушне водене појаве (облак). Ваздушне огњене појаве (гром). Ваздушне светлосне појаве (дуга).

VIII поглавље. Општа расуђивања о природним телима. Расуђивања о животу. Царство биљака и животиња. Царство руда (геологија). Преимућство човека над животињама.

На крају треће књиге, на око 20 страна, регистар је појмова из физике. Паралелно су дати појмови на немачком и латинском језику.

„Фисика” је писана популарно, литерарним језиком и на приступачан начин. Аутор у предговору говори о тешкоћама формирања физичке терминологије на српском језику и позива читаоце да пруже свој допринос новим предлозима.

После Првог српског устанка, у Карађорђевој Србији, тадашњи „попечитељ просвешченија” (министар просвете) Доситеј Обрадовић оснива прву Велику школу у Београду, у којој се користи уџбеник „Фисика”. У Лицеуму, насталом из Велике школе после Другог српског устанка, „Фисика” се користи као уџбеник све до 1849. године.

Професор физике на Лицеуму Вук Маринковић, лекар и филозоф, издаје уџбеник „Начела физике” у два тома. Године 1851. он оснива Природно-техничко одељење

Лицеума и „фисически кабинет". Он се у великој мери бави стварањем српске научне терминологије у природним наукама, посебно у физици.

Следећа заслужна личност за развој физике у Србији је професор Др. Ђорђе Станојевић, који је предавао физику на Великој школи, у Војној академији и на Универзитету. Студирао је у Берлину, а био је на специјализацијама у Хамбургу и у Паризу. Написао је уџбеник „Експериментална физика" и више књига из физике.

Поред писања уџбеника почела је у то време да се развија и преводилачка делатност. На пример, преведена је књига познатог енглеског физичара и хемичара Гровеа „Физика, физичке силе и њихов узајамни одношај", у издању Државне штампарије у Београду 1870. године.

Крагујевчанин Стеван Марковић је наш први доктор физичких наука. Докторирао је у Бечу 1890. године. Професор је техничке физике на Техничком факултету, а од 1896. године предаје Теоријску физику на Математичко-физичком одсеку. После 1900. године професор је физике на математичкој групи и писац првог домаћег уџбеника теоријске физике.

Емило Даниловић

О мало познатом уређају
Снимак клавирске музике пре проналаска фонографа

Музика чувеног композитора, диригента и пијанисте Франца Листа (**Franz Liszt**) (1811-1886) веома је популарна и данас. Постоји савремена грамофонска плоча чији је назив „Велики пијанисти прошлости, ученици Листа, свирају Листове композиције". Снимак те музике, који је у данашње време пренет на грамофонску плочу, настао је средином прошлог века, много пре проналаска фонографа (Едисон, 1878). Тај снимак је начињен на специјалној папирној траци помоћу сложеног механичког уређаја монтираног на клавиру и повезаног са диркама. Ударом прстију по диркама механизам перфорира траку. Тако се на траци забележи не само висина тонова већ и њихов интензитет и трајање. Папирна трака се креће константном брзином и намотава на један ваљак. Тако су снимљени удари по диркама са свим наведеним карактеристикама. Када се трака премота и пропусти истом брзином кроз исти уређај, одговарајући механизам репродукује ударе по диркама и клавир свира без извођача, на потпуно исти начин као што је то чинио извођач. Овим путем клавир верно репродукује музику забележену на траци.

Уређај за снимање и репродуковање клавирске музике изумео је Карл Бакиш, техничар фирме Велте из Фрајбурга (Немачка) која је производила механичке музичке аутомате (верглови, оркестарски аутомати и сл.).

Трака о којој је овде реч случајно је пронађена у наше време и музика са ње репродукована на клавиру помоћу једног савременог сличног уређаја. Захваљујући Бакишовом изуму, извођења великих пијаниста прошлости, остварена пре проналаска било каквих уређаја за снимање и репродукцију звука, постала су нам доступна.

Приредили Е. Даниловић и С. Божин

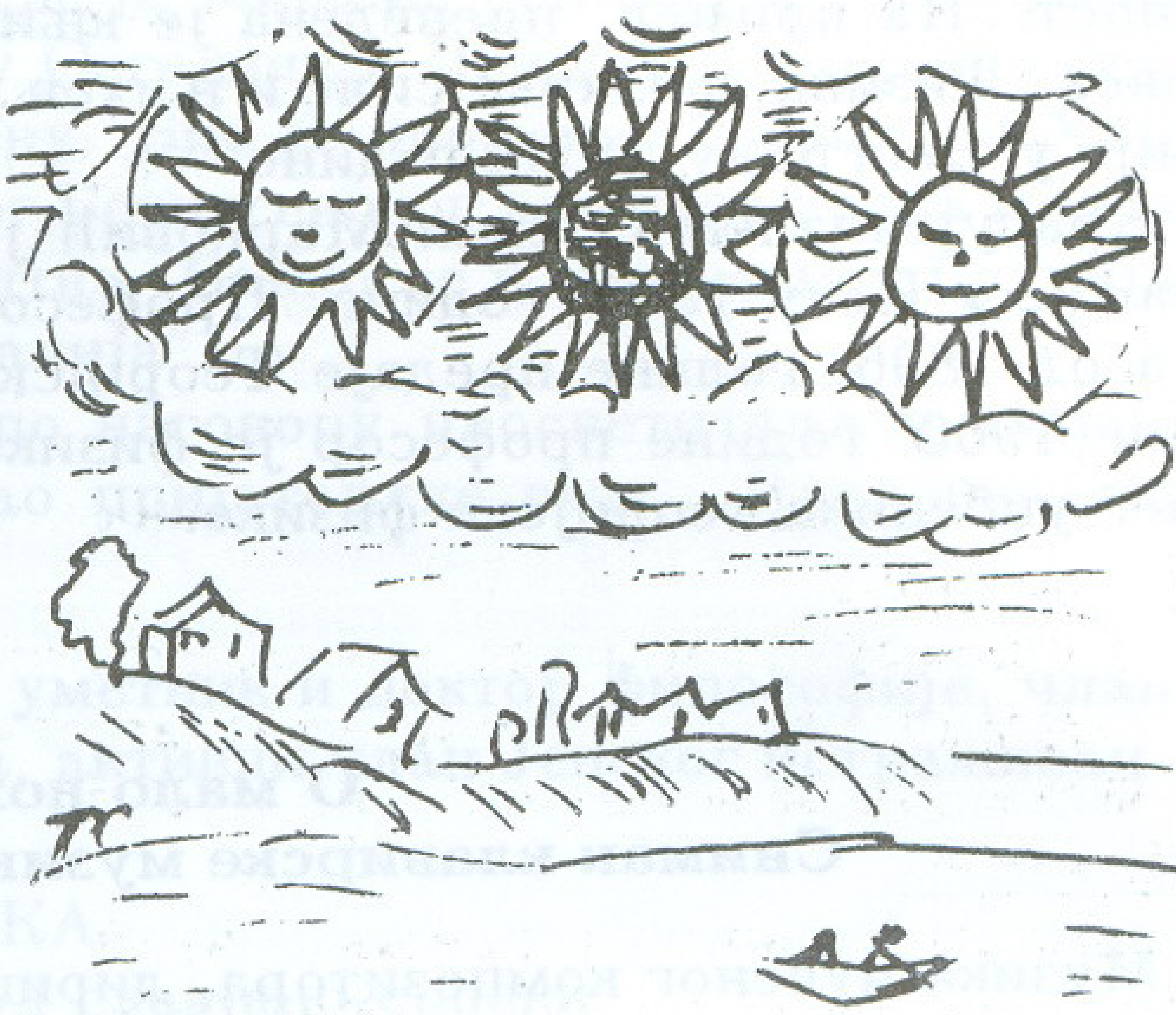
Некад загонетке - данас лаке одгонетке

Необичне оптичке појаве понекад настају у атмосфери и око нас. Ранија времена су пуна прича о настанку таквих појава. Њихово објашњење је данас једноставно, а за људе оног времена није било тако.

Навешћемо неке од њих. Године 1492. на небу су се појавила три Сунца! Иста појава се видела и у Риму 639. године. Године 1118. за време владавине Хенрика II, енглеског краља, на небу су се видела два пуна Месеца.

Све ове појаве су се дешавале услед одбијања светлости од облака. Постоји врста облака, која се састоји од врло ситних ледених иглица, који високо лебде изнад Земље. Иглице су прозрачне и својим огромним бројем чине више или мање раван слој у коме се, као у огледалу, одбијају светлосни зраци од Сунца и Месеца и стварају њихове ликове. Када се према Сунцу нађу два таква облака, онда се Сунце огледа у исти мах у оба облака, па се на небу виде три Сунца. Наравно, човек мора бити у таквом положају да прими одбијене светлосне зраке.

У седамнаестом веку први пут су произведена сферна огледала. Ова огледала имала су слично деловање као и Архимедова огледала којима је он са зидова Сиракузе запалио Марцелову флоту која је била опколила град.



Године 1680. француски физичар Вилет је правио таква огледала за поједине владаре оног доба. Вилет прича да је Лудвиг XIV стао пред једно такво огледало с мачем у руци да упозна његово деловање, па се изненадио када је видео руку која се из огледала подигла на њега. Рекоше му да се нагло приближи огледалу. Одмах се и његов лик приближио. Краљ се уплашио, па је наредио да се огледало одмах изнесе.

Због преламања светлости долази до интересантних појава. Године 1783. у околини Хамбурга виђене су куће као да висе изврнуте у ваздуху. И Париз се видео изврнут. Син чувеног физичара Скоресбија, у поларним пределима, видео је у облацима лађу на којој је био његов отац и коју је бура била одвојила од њега тако далеко да се на хоризонту није могла видети. Такву исту појаву видео је и познати француски сликар Верне у Италији. Њему се на небу показала читава једна варош изврнута и то тако јасно да је могао лако распознати куле, цркве, куће и др. Нацртао је ту слику и пошао правцем где је појаву видео. Прешао је око тридесетак километара и наишао је на варош коју је пре тога нацртао.

Све ове појаве приписиване су некада нарочитој вили - фата Моргани по којој су добиле и задржале своје име.

Преламање светлости кроз призму је основа догађаја у коме се помиње руски цар Петар I Велики. Када се цар нашао у Хамбургу, у тој вароши је био и француски физичар Робертсон, који је показивао како може човека претворити у животињу. И цар је дошао да види то чудо. Гледајући све те промене, разбио је преграду која га је делила од простора где су се те промене дешавале и дознао како се то збива.

Преградни зид у висини очију био је пресечен прорезом и кроз њега су гледаоци посматрали промене у другом делу просторије. У прорез је била постављена оптичка призма која даје изврнуте ликове. Док је обично стакло било на прорезу, оператор је питао гледаоца у коју их животињу жели претворити. Тада је оператор стављао призму на прорез, а изнад ње фигуру одговарајуће животиње чији се лик стварао на самој столици, на поду.

И данас се сигурно дешавају сличне појаве, али оне не привлаче велику пажњу човека, јер су на „ред" дошле разне мистерије: снежни човек, велика сибирска експлозија, неидентификовани летећи објекти (НЛО), црне рупе и друге непознанице.

Томислав Сенћански

Из школске праксе...
Рекли су...

<u>Ученици</u>
- Подела генератора на ротор и статор је према деловима.
- Штерн је хтео да добије мршав сноп молекула.

- Торичели је применио нову једначину, јер му се Бернулијева није свидела.
- Елонгација је пут који пређе једна осцилација.
- Када укључимо струју, она се прво појави на једном крају, па после на другом.
- Електромагнетна индукција је појава индуковања проводника.
- Период таласног кретања је време за које једна честица пређе две таласне дужине, тј. $T = 2\lambda$.
- Таласни фронт су честице које осцилују, а остале не осцилују.
- При кружењу честицу можемо разложити на две компоненте, x_y и y_x.
- Убрзање код убрзаног кретања је константно зато што се мења континуирано.
- Колики је напон у Кулицовој цеви?

Одговор: Велики, јер је то напон између фотона и електрона.
- Које звезде и на којој географској ширини имају путању паралелну хоризонталној равни?

Одговор: Дневне звезде на екватору.

Професори
- Ентропија је мера за неодређеност система.
- Струјна цев сталног пресека за неко време Δt.
- Флуид је назив за све оно што може да тече.

Прича се...

Једна наставница у средњој школи била је толико љута због галаме на часу да је свим ученицима из свога предмета дала јединице.

Ученик N.N. који није тог дана био у школи, такође, је добио слабу оцену.
- Зашто сте и мени дали слабу оцену када ја нисам био у школи?
- Знам ја тебе, да си био, највише би галамио.

Ратомирка Милер

ПРЕТПЛАТА И САРАДЊА

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

Цене за 1996/97:

за школе и установе	40 динара
за појединце	30 динара
за ученике преко школе	20 динара
(ако има више од 5 претплатника)	

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

Претплата се врши на жиро рачун Друштва физичара Србије, Земун:

40806 - 678 - 7 - 77766.

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

Обавештења - Телефони

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

Дистрибуција часописа:

Књижара „Студентски трг", (011) 185 295

ПРИЛОЗИ

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

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

 Тираж овог броја је 3000 примерака.

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