

млади 01/02 86 "0"  
**ФИЗИЧАР**

ИЗДАВАЧ ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

YU ISSN 0351-5575



ТЕМА БРОЈА: *Како уништити нуклеарни отпад и добити енергију?*

ГОДИНА XXIV број 83 2000/2001

УРЕДНИКОВА СТРАНА

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

## Свеска "О"

Компјутерска обрада текста и цртежа: др Драган МАРКУШЕВ  
 Лектор: проф. др Асим ПЕЦО  
 Коректор: проф. др Јелена МИЛОГРАДОВ-ТУРИН  
 Корице и дизајн листа: др Драган МАРКУШЕВ

## ГЛАВНИ И ОДГОВОРНИ УРЕДНИК

др Драган МАРКУШЕВ

## ЗАМЕНИЦИ УРЕДНИКА

проф. др Јелена МИЛОГРАДОВ-ТУРИН  
 др Душан АРСЕНОВИЋ

## УРЕДНИШТВО

проф. др Светозар БОЖИН  
 проф. др Дарко КАПОР  
 проф. др Милан ДИМИТРИЈЕВИЋ  
 др Мирјана ПОПОВИЋ-БОЖИЋ  
 др Радомир ЂОРЂЕВИЋ  
 др Борко ВУЈИЧИЋ  
 др Горан ЂОРЂЕВИЋ  
 мр Љубиша НЕШИЋ  
 Ратомирка МИЛЕР  
 Дејан КРУНИЋ  
 Данило БЕОДРАНСКИ

## БИВШИ УРЕДНИЦИ ЧАСОПИСА

(1976/77) Ђорђе Басарић и Слободан Жегарац, (1977/78) Душан Ристановић и Драшко Грујић, (1978/79-1981/82) Љубо Ристовски и Душан Коледин, (1982/1983) Душан Коледин, Драган Поповић и Јаблан Дојчиловић, (1983/84-1986/87) Драшко Грујић, (1991/92-1993/94) Јаблан Дојчиловић, (1994/95-1996/97) Томислав Петровић, (1997/98) Александар Стаматовић, (1998/99) Душан Арсеновић

## ИЗДАВАЧ

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

Прегревица 118  
 11080 Београд-Земун  
 тел: 011-31-60-260/166  
 факс: 011-31-62-190  
 e-mail: dfs@phy.bg.ac.yu

Часопис је ослобођен пореза на промет на основу мишљења Министарства просвете Републике Србије бр. 443-00-14/2000-01 од 29.03.2000.

©Друштво физичара Србије,  
 Београд, 2000

Сва права умножавања, прештампавања и превођења задржава Друштво физичара Србије

Тираж 800 примерака

Штампа: Студио Плус, Београд

Поштовани читаоци!

И трећи број у овој школској години је пред вама. Хвала вам на указаном поверењу, и предлозима и примедбама које нам шаљете. То је само доказ да је и ваш, као и наш циљ, да часопис буде што бољи. Овде морам истаћи и велико интересовање наших читалаца из основних школа у решавању задатака које редовно објављујемо на страницама нашег часописа. Овог пута морамо издвојити ученике ОШ "Уједињене нације" из Београда који, заједно са својом наставницом Горданом Мајевић, предњаче у свему томе.

Овим путе желим да се, у своје име, и у име Редакције, захвалим на финансијској помоћи Министарству просвете и спорта Републике Србије, захваљујући коме је један број комплекта нашег часописа подељен школама широм Србије. Надамо се да ће се такав вид сарадње наставити и у овој години.

Као што смо и обећали, у продаји су већ наше посебне свеске "Одабрани задаци - поставке 64-82", како за основну ("О"), тако и за средњу школу ("С"). Као што се у наслову може видети, свеске садрже поставке свих задатака који су објављени у часопису "Млади физичар" од броја 64 до броја 82. Решења ће бити у продаји већ од средине априла ове године. Уколико сте заинтересовани, све информације о овим нашим издањима можете добити ако позовете Редакцију, ако нам се обратите електронском поштом, или позовете кљижару "Студентски трг" у Београду (адресе и телефоне имате на унутрашњим страницама корица).

Свим такмичарима желимо пуно успеха у овогодишњем циклусу такмичења, а и њима и осталима желимо да се лепо разоноде, али и доста науче, читајући наш часопис.

С поштовањем,

Главни и одговорни уредник  
 часописа "Млади физичар"  
 др Драган Маркушев



**САДРЖАЈ**

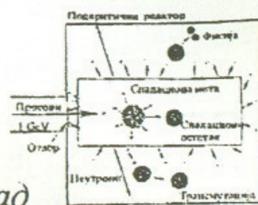
**3 УКРАТКО**

**5 ТЕМА БРОЈА**

**5 Како уништити нуклеарни отпад и добити енергију**

Стеван Јокић

Институт за нуклеарне науке "Винча", Београд



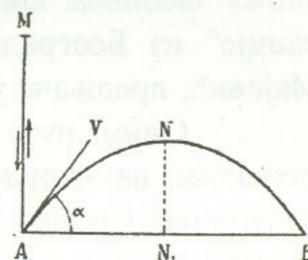
**12 ИСТОРИЈСКИ ОСВРТ**

**12 О далекометном топу**

"Математички лист за средњу школу"

Књига прва, Београд, 1931 – 1932

Радивоје Кашанин, Београд



**17 ЗАНИМЉИВОСТИ**

**17 Хроматска аберација и сочива једног адвоката**

Јелена Милоградов-Турин

Катедра за астрономију

Математички факултет, Београд



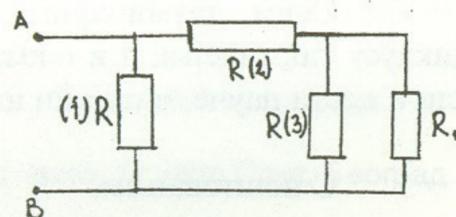
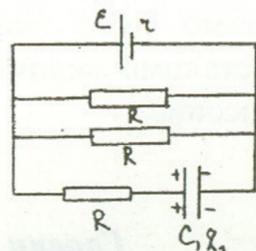
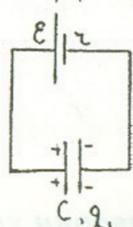
**22 Мобилни телефони: и значе, и зраче**

Рожса Михајловић, професор физике

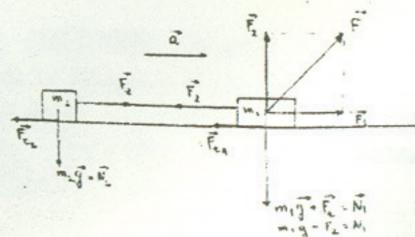
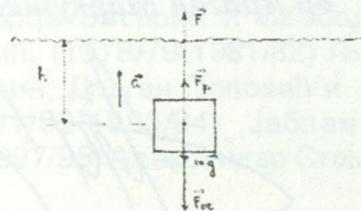
ОШ "Дринка Павловић", Београд



**25 ЗАДАЦИ**



**28 РЕШЕЊА ЗАДАТАКА**

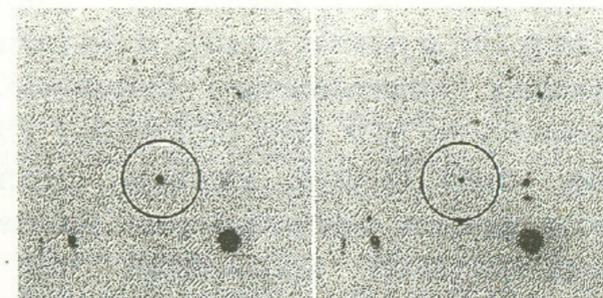


**УКРАТКО**

**Бинарни систем обара брзински рекорд**

21. Март 2002.

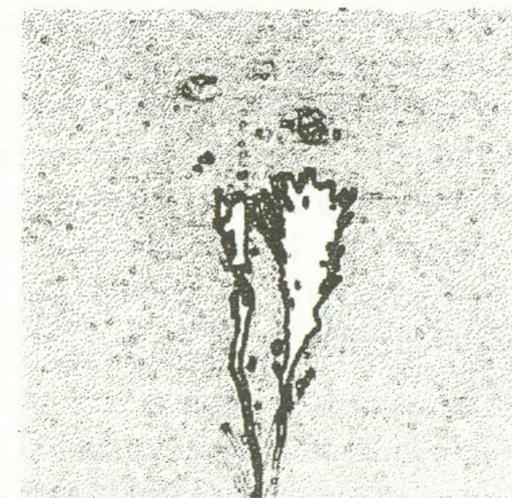
Најновија астрономска посматрања титравог извора Х-зрачења довела су до открића таквог бинарног система звезда које се окрену једна око друге до сада невиђеном брзином. Међународни тим истраживача, предвођених Ђанлуком Израелом (*GianLuca Israel*) са Астрономске опсерваторије у Риму (*Astronomical Observatory of Rome*) проучавао је пар звезда, белих патуљака, које се обрну једна око друге за свега пет минута. Израелов тим се нада да ће ове најпокретљивије звезде омогућити астрономима да детектују гравитационе таласе које је Ајнштајн предвидео у општој теорији релативности.



**Бљесци који наелектришу атмосферу**

13. Март 2002.

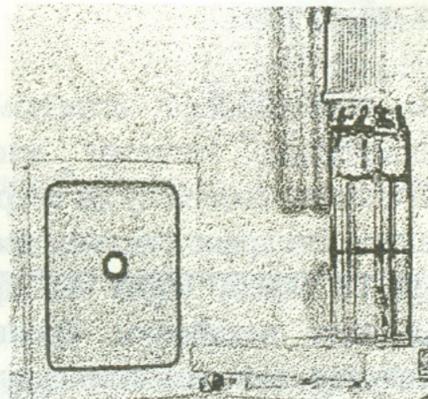
Дугогодишње веровање о начину преношења наелектрисања кроз атмосферу потврђено је директним посматрањима од стране једне групе америчких научника. Виктор Паско (*Victor Pasko*) са Пенсилванијског државног универзитета (*Pennsylvania State University*), Марк Стенли (*Mark Stanley*) са Рударско-технолошког института Новог Мексика (*New Mexico Institute of Mining and Technology*), и њихове колеге снимили су на видео-траци тзв. "плави млаз", бљесак сличан муњи који се шири изнад градоносних облака. Резултати показују да је плави млаз довољно дугачак да повеже облаке са горњим слојевима атмосфере (*P. Pasko et al., 2002, Nature 416 152*).



## Троструки скок покреће ласер

13 фебруар 2002

Рад ласера базираног на тзв. "тро-фотонском побуђивању" ("three-photon excitation") приказали су Гуанг Хе (Guang He) и његове колеге са Њујоршког државног универзитета у Буфалу (State University of New York at Buffalo), САД. Овај ласер емитује видљиву светлост после побуде инфрацрвеним зрачењем карактеристичне фреквенције која се користи при оптичким комуникацијама. И поред напредака који се дешавају на пољу оптичких каблова, овај ефект може довести до стварања нових технологија за складиштење података или медицинским испитивањима (G. He et al., 2002, *Nature* 415 767).



## Молекули тестирају електроне

14. фебруар 2002.

Физичари су све ближе одгонетању једне, још увек, мистерије у свету честица, а то је: да ли се електрон може сматрати тачкастим наелектрисањем, или има унутрашњу расподелу наелектрисања познату као електрични диполни момент. Ед Хиндс (Ed Hinds) и његове колеге са Универзитета у Сасексу (Sussex University) су, по први пут, измерили електрични диполни момент електрона користећи молекуле, а не атоме. Техника којом су извршили ова мерења може послужити за истраживање физике честица, како у оквиру данас познатих теорија, које покушавају да уједине све силе у природи (Стандардни модел и Теорија струна), тако и, можда, после њих ([xxx.lanl.gov/abs/hep-ex/0202014](http://xxx.lanl.gov/abs/hep-ex/0202014)).

**PhysicsWeb**  
Global news and information

## ТЕМА БРОЈА

### Како уништити нуклеарни отпад и добити енергију

Стеван Јокић

Институт за нуклеарне науке "Винча", Београд

Поштовани читаоци. Пред вама се налази чланак нашег колеге др Стевана Јокића из Института за нуклеарне науке "Винча", о томе како уништити нуклеарни отпад и добити енергију. Пошто у тексту има доста појмова који су ван наставних планова и програма за ученике основних школа (поготово шести и седми разред), њихова објашњења, заједно са допуном текста, дата су у чланку мањим фонтом, тако да се при првом читању могу прескочити.

Проблем нуклеарног отпада је постао врло актуелан у другој половини двадесетог века. Има га све више, а не знамо да га уништимо. Шта се подразумева под појмом нуклеарни отпад?

Дефиниција нуклеарног отпада би могла бити дата на следећи начин: Сви материјали који у себи садрже радиоактивне изотопе у концентрацији већој од прописима дозвољене, а нису предвиђени за неку употребу, сматрају се нуклеарним отпадом.

Изотопима се називају атоми који имају исти број протона, а различит број неутрона. Тако водоник има три изотопа: обичан водоник, чије језгро има један протон; деутеријум, који има један протон и један неутрон, и трицијум, који има један протон и два неутрона. Трицијум је нестабилан, па се распада после извесног времена. Зато је он пример радиоактивног изотопа.

### Где се све "производи" нуклеарни отпад?

У нуклеарним електранама, којих у свету има на стотине, ствара се више од 95 укупне количине нуклеарног отпада. Њега сачињавају изотопи: уранијума 235-238, чији период полураспада иде до 4 милијарде година; плутонијума 238-242, са периодом полураспада од 87,7 година до неколико десетина хиљада година; актиниди, попут нептунијума-237 са временом полураспада реда милион година; америцијума 241-243 са временом полураспада од неколико стотина до више хиљада година; америцијума 243-245 са временом полураспада од неколико десетина до више хиљада година.

Под периодом полураспада се подразумева време које је потребно да радиоактивност неког изотопа опадне на половину. Другим речима, од броја присутних нестабилних изотопа, током тог периода распала се половина.

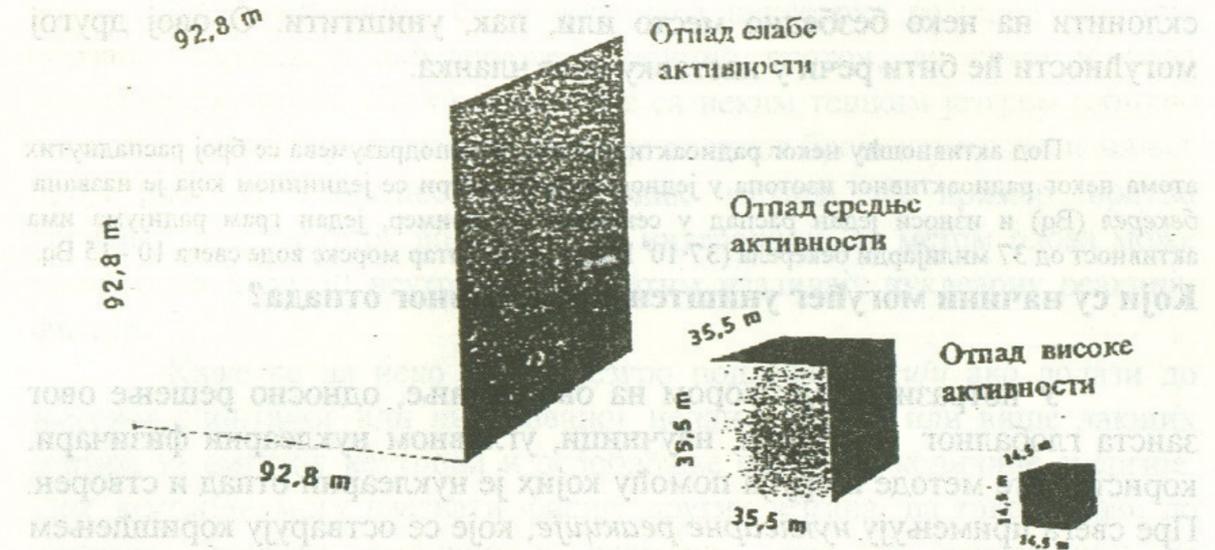
Процесом *фисије* се у реактору добијају изотопи стронцијума-90 и цезијум-137 чије време полуживота је мање, или реда тридесетак година, затим селенијума-79, цирконијума-93, техницијума-99, паладијума-107, калаја-126, јода-129, цезијума-135 чији пертиоди полураспада су реда више десетина хиљада до реда милиона година.

Велики "произвођач" нуклеарног отпада је и *војна индустрија*. На пример, за производњу атомске бомбе потребно је из природног уранијума, у коме се налази више од 99 изотопа уранијума-238, издвојити, одговарајућим технолошко-хемијским третманом, изотоп уранијум-235 кога има свега 0,71. Све остало, мимо ових 0,71, у том поступку се сматра нуклеарним отпадом. Затим за плутонијумску бомбу потребно је, опет одговарајућим технолошким поступком, бомбардовањем изотопа уранијума-238 са неутронима, добити плутонијум-239, кога у природи нема, јер му је време полуживота око 24 хиљаде година. Количина плутонијума, како у направљеним бомбама, тако и у процесу производње електричне енергије у нуклеарним централама, мери се тонама, а то је, опет, бар за сада, нуклеарни отпад.

Извесне, али ипак у поређењу са претходна два случаја знатно мање, количине нуклеарног отпада добијају се после *употребе радиоактивних изотопа у медицини*. Ту се примењују изотопи попут јода-131,132, техницијума-99, талијума-201, итд., чија основна карактеристика је да емитују гама зраке који се детектују гама камером. Њихово време полуживота је довољно кратко да емитовано зрачење не доводи до оштећења човековог организма. За уништавање канцерогених ћелија користи се изотоп кобалта-60, а при директном контакту са канцерогеном ћелијом примењује се иридијум-192 и цезијум-137.

Фундаментална *истраживања у физици*, и науци уопште, затим у индустрији, која користе радиоактивне изотопе убрзане у акцелераторима или, пак, из реактора намењених истраживању, дају такође, и одређену количину нуклеарног отпада.

У нуклеарни отпад сврставају се и сви материјале који су се користили у нуклеарним инсталацијама, попут реактора, акцелератора, одговарајућих делова медицинске или научноистраживачке опреме, а постали су радиоактивни. Познато је да реактори, и остале нуклеарне инсталације, имају свој радни век. Из тог разлога ће се у наредних



Слика 1. Укупна количина радиоактивног отпада у Француској за 2000. годину

неколико десетина година морати затворити, или, пак, ремонтovati, велики број постојећих нуклеарних електрана, научноистраживачких реактора и нуклеарних инсталација па ће се тиме добити врло велике количине новог нуклеарног отпада.

### Колико нуклеарног отпада има?

Да би илустровали колико се нуклеарног отпада ствара, навешћемо пример Француске, која 70 својих потреба за електричном енергијом подмирује из нуклеарних електрана. На слици 1 је дат схематски приказ количина радиоактивног отпада, у коцки одговарајућих димензија, за 2000. годину у Француској.

### Како је извршена класификација нуклеарног отпада?

Са слике 1 се види да радиоактивног отпада кратког времена живота, слабе и средње активности, има око 90. Период полураспада овог типа отпада не прелази 30 година, што значи да би за 10 периода полураспада, односно 300 година, радиоактивност овог материјала потпуно нестала. Он зато и не представља неки значајнији проблем.

Радиоактивни отпад дугог времена живота и/или високе активности чини око 10 % укупне количине радиоактивног отпада и представља врло велики проблем, јер се његова радиоактивност протеже на више хиљада и милијарди година. Зато га је потребно или

склонити на неко безбедно место или, пак, уништити. О овој другој могућности ће бити речи у наставку овог чланка.

Под активношћу неког радиоактивног изотопа подразумева се број распаднутих атома неког радиоактивног изотопа у једној секунди. Мери се јединицом која је названа *бекерел* (Bq) и износи један распад у секунди. На пример, један грам радијума има активност од 37 милијарди бекерела ( $37 \cdot 10^9$  Bq), а један литар морске воде свега 10 - 15 Bq.

### Који су начини могућег уништења нуклеарног отпада?

У потрази за одговором на ово питање, односно решење овог заиста глобалног проблема, научници, углавном нуклеарни физичари, користе исте методе и оруђа помоћу којих је нуклеарни отпад и створен. Пре свега примењују *нуклеарне реакције*, које се остварују коришћењем акцелератора и нуклеарних реактора.

Под нуклеарном реакцијом се подразумева интеракција, неког језгра А са неком елементарном честицом или другим језгром а, која доводи до трансмутације у језгро В. На пример, бомбардовањем азота помоћу језгара хелијума (односно алфа честица) добијен је кисеоник и на тај начин остварена прва трансмутација једног елемента у други, коју је почетком овог века остварио Радерфорд (*Rutherford, Lord Ernest Nelson, 1871-1937*), и добио Нобелову награду за хемију 1908. Показао је да су алфа честице језгра хелијума, и остварио експерименталну евиденцију атомског језгра.

Подсећам да су Кокрофт (*Cockroft, Sir John Douglas, 1897-1967*) и Волтон (*Walton, Ernest Thomas Sinton, 1903 -*) остварили прву трансмутацију једног хемијског елемента у други коришћењем акцелератора који носи њихово име. За ово остварење су добили Нобелову награду за физику 1951. године. Овај акцелератор је убрзавао протоне у електростатичком пољу од неколико стотина киловолти (У Институт за нуклеарне науке Винча постојао је овај акцелератор и могао је да убрза протоне до 1,5 MeV). Први циклотрон је конструисао 1931. године Лоренц (*Lawrence, Ernest Orlando, 1901 - 1958*) и за то добио Нобелову награду 1939. године. Основни део свих будућих електростатичких акцелератора, Ван де Графов генератор, конструисао је 1931. године Ван де Граф (*Van de Graaff, Robert Jemison, 1901 - 1967*). Касније су конструисани и синхро-циклотрони и синхротрони. Помоћу њих је могуће убрзати протоне и до енергија реда GeV.

Први нуклеарни реактор је конструисао 1942. године Ферми (*Fermi, Enrico, 1901-1954*), добио Нобелову награду за физику 1938. У нуклеарном реактору се остварује контролисана нуклеарна реакција фисије уранијума-235 при којој се ослобађа енергија која се може претворити у електричну, а добија се и низ радиоактивних изотопа о којима је већ било речи.

Помоћу акцелератора остварују нуклеарну реакцију *спалације*, а у реакторима остварују нуклеарну реакцију *фисије* коју су 1938. године открили немачки физичари Хан (*Hahn, Otto, 1879-1968*), Штрасман (*Strassmann, F.*) и Лиза Мајтнер (*Meitner, L.*). За ово откриће Хан је добио Нобелову награду за хемију 1945. Велики допринос у остварењу овог открића дао је и српски физико-хемикар Павле Савић (1909-1994).

Под *спалацијом* се подразумева нуклеарна реакција код које убрзана честица у акцелератору, обично протон, до енергије реда *гигаелектронволти* (GeV) интерагује са неким тешким језгром (обично оловом), при чему долази до емисије великог броја *неутрона* и мањег броја протона и остлих елементарних честица. На пример, протон убрзан у акцелератору до 1 GeV, у интеракцији са метом олова може произвести и до 30 неутрона који затим изазивају нуклеарну реакцију фисије.

Каже се да неко тешко језгро подлеже *фисији* ако долази до његовог спонтаног или индукованог цепања на два или више лакших језгара уз емисију неутрона и ослобађање одређене количине енергије. Ови неутрони могу изазвати фисију других језгара, па тако долази до ланчане фисионе реакције у реактору, која се контролише на одговарајући начин.

Комбинацијом поменуте две нуклеарне реакције, у систему који се назива *хибридни*, могло би се остварити уништење дугоживећег нуклеарног отпада и евентуално добити електрична енергија.

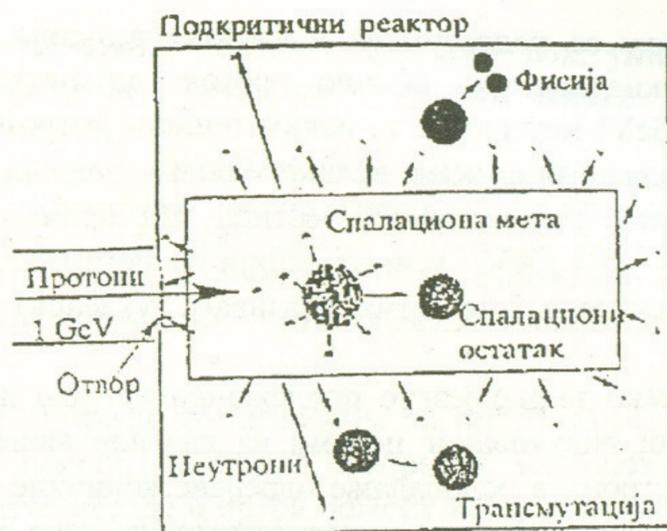
### Шта је то хибридни систем?

Идеја да се комбинују акцелератор и одговарајући поткритични реактор потекла је већ педесетих година овог века.

У поткритичном реактору се ланчана фисиона реакција не одржава сама од себе, него је за њено одржање потребно континуално уводити неутроне из неког неутронског извора.

Наиме, Лоренц је у Беркли лабораторији у САД предложио да се плутонијум, за војне сврхе, добија из осиромашеног уранијума, који се добијао у знатним количинама као нузпроизвод у процесу производње обогаћеног уранијума. За то је било предвиђено коришћење акцелератора, који је убрзавао велику количину протона (каже се струја протона) до око 500 mA и до енергије од 350 MeV. На овај начин је било могуће добити око 560 kg плутонијума. Овај пројект, ипак, није био остварен због финансијских разлога.

Међутим, неопходност да се повеже поткритични реактор са извором неутрона врло високог интензитета, онемогућавала је реализацију овог концепта све до 90.-тих година прошлог века. Тек када су технике убрзавања омогућиле да се добију протони високе енергије (реда GeV), а да њихова струја при томе буде реда неколико десетина



Слика 2. Схематски приказ неког хибридног система

mA, било је могуће спалационом реакцијом добити изворе неутрона довољног интензитета да се приђе реализацији ове идеје.

Схематски приказ неког хибридног система дат је на слици 2. Састоји се из:

- акцелератора протона, у коме се протони убрзавају до енергија реда GeV;

- спалационе мете одговарајуће дебљине и геометријског облика која је обично од олова, олово-бизмута, волфрама, живе, итд, и служи за производњу неутрона који излазе континуално, а у мети остају језгара која су после спалационе реакције емитовала неутроне;

- поткритичног реактора у коме се налази радиоактивни материјал (радиоактивни отпад високе активности), као гориво у коме се остварује фисија и трансмутација дугоживећих у краткоживеће изotope.

Које су предности поткритичног реактора? Врста радиоактивног материјала, односно горива у класичном реактору, ограничена је карактеристикама неутрона који изазивају одговарајућу нуклеарну реакцију и проблемом сигурности, односно контроле самог процеса. На пример, у реактору не би као гориво могли бити коришћени само америцијум и киријум, јер би због карактеристика неутрона који се код њих појављују, постојале тешкоће са контролом процеса односно сигурност система. Проблеми овог типа су превазиђени код поткритичног реактора, код кога ових ограничења нема, јер се коришћењем акцелератора добијају неутрони одговарајућих карактеристика. Тиме је процес у реактору под сталном контролом, јер нуклеарне реакције у њему могу бити прекинуте једноставним прекидом убацивања неутрона. Ово, пак, омогућује да се у поткритични реактор

убаце разне врсте нуклеарног горива. На пример, гориво у поткритичном реактору може бити:

- само плутонијум, ако се жели остварити уништење плутонијума који потиче из војне индустрије;

- разне врсте актинида попут нептунијума, америцијума и киријума, ако је превасходни циљ њихово уништење;

- торијум-232, који у тзв., торијум-232/уранијум-233 циклусу омогућују производњу енергије, а да се при томе као радиоактивни отпад појављују радиоактивни изотопи који су мање токсични и краће су времена полураспада.

У зависности од тога који се радиоактивни материјал користи у поткритичном реактору предвиђене су и различите врсте хибридног система. Тако се у Јапану, у оквиру програма под називом ОМЕГА предвиђа употреба два типа хибридног система, једног код кога би се у поткритичном реактору користио плутонијум и другог код кога би се користили актиниди. У Француској се тражи решење за уништење актинида и фисионих продуката дугог времена полураспада којих због огромног броја нуклеарних електрана има много. У САД се тражи решење за сагоревање огромних количина плутонијума. У ЦЕРН-у (Европска лабораторија за физику честица у Женеви - CERN - Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire) је 1993. године Рубиа предложио пројект под називом "Енергетски амплификатор за неусигурну производњу енергије коришћењем акцелератора честица".

Рубиа Карло, (Rubbia Carlo, 1934 - ), је добио Нобелову награду за физику 1984. године за реализацију експеримента којим је потврђено обједињавање слабих и електромагнетних интеракција.

Енергетски амплификатор би требало да буде сигурнији и чистији извор енергије од досадашњих и требао би да замени постојеће реакторе. Спалациона мета би била од течног олова, а у поткритичном реактору би био торијумоксид као гориво. Течним оловом би се вршило и хлађење система, тако да би требало да га буде око 10 000 тона. Овим системом би се добило од 780 kg торијума, иста количина енергије као од 200 тона природног уранијума у садашњим реакторима.

Сви ови пројекти су у истраживачкој фази, а време ће показати који ће бити реализован.

## ИСТОРИЈСКИ ОСВРТ

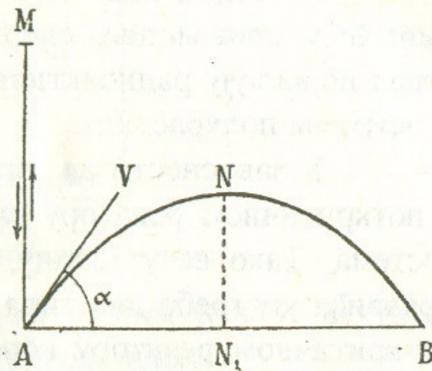
## О далекометном топу

"Математички лист за средњу школу"

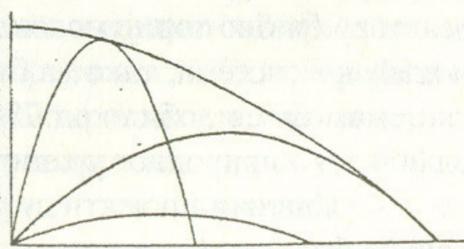
Књига прва, Београд, 1931 – 1932

Радивоје Кашанин, Београд

У Механици се учи ово. Када се са Земље баци увис једно тело под углом  $\alpha$  према хоризонту (хитац, слика 1), кретање његово ће зависити од две чињенице: од почетне брзине са којом је бачено и од угла  $\alpha$  под којим је бачено. Ако је угао  $\alpha = 90^\circ$ , тело ће у правој линији ићи горе до извесне висине  $AM$ ; брзина његова ће бивати све мања и мања, док не постане после извесног времена нула; од тог тренутка оно ће падати доле, док се не врати у место  $A$  одакле је пошло. Ако је угао  $\alpha$  мањи од  $90^\circ$ , тело се неће кретати по правој линији  $AV$  по којој је пошло, него ће га Земљина тежа скретати с правца; тада ће тело ићи по кривој линији, и то по *параболи* чије је теме  $N$  на највећој висини коју тело достиже. Како ће високо то теме бити (тј. до које ће се највеће висине тело попети) и колики ће бити домет, (тј. до које ће даљине  $AB$  тело отићи), то зависи од почетне брзине са којом је тело бачено и од угла  $\alpha$ . Ако тело бацимо све под истим углом  $\alpha$ , али са разним почетним брзинама,  $N_1N$  и  $AB$  биће тим већи што је почетна брзина већа. Ако, пак, тело бацамо стално са истом почетном брзином, али под разним угловима  $\alpha$ , висина ће бити највећа ако је  $\alpha = 90^\circ$ , а домет ће бити највећи ако је  $\alpha = 45^\circ$ . Према томе, ако хоћемо тело да бацимо што даље, треба га бацити под углом од  $45^\circ$ . У слици 2 приказане су путање тела са истом почетном брзином, но под разним угловима. – Све ово изведено је под претпоставком да на тело не утиче никаква друга сила осим силе теже, а за ову се узима да је у свима тачкама путање иста.



Слика 1



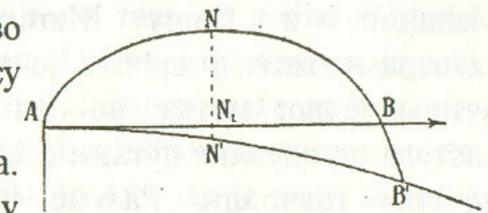
Слика 2

Ова основна теорија косога хитца је полазна тачка за сваки хитац, па и за топовски. У проучавању овога

има две главне ствари: прво, избацивање метка; друго, кретање метка од уста цеви до циља.

Избацивање метка врши се помоћу разних експлозива, чија експлозија метак креће кроз цев, да овај на крају цеви излети извесном брзином која ће му бити почетна брзина за кретање кроз ваздух. Проучавање овог кретања кроз цев предмет је науке која се зове *Унутрашња Балистика*. Практичан циљ је при том да метак остави цев са што већом брзином. Ради тога, треба узети у обзир јачину експлозива, чврстоћу цеви (да би одолела притиску који производи експлозија), дужину цеви, тежину метка, величину метка, итд. Ова наука се оснива на многим законима Физике и Хемије, а до својих резултата долази опажањем, експериментисањем и рачуном.

Кад метак остави цев, кретање његово кроз ваздух проучава друга наука: *Спољашња Балистика*. Не треба мислити да је то проучавање проста ствар. Као што смо већ рекли, напред изложена теорија косога хитца само је полазна тачка за проучавање, но тој теорији треба додати још многе поправке, јер она претпоставља једно идеално стање, какво у стварности не постоји. Те поправке су углавном ове.



Слика 3

- 1) Земља није равна него округла. Одатле излази извесно одступање у домету, како то показује сл. 3.; домет није  $AB$  него  $AB_1 > AB$ .
- 2) Земља привлачи метак према својој унутрашњости, тј. управно на лук  $AB_1$ , а не управно на праву  $AB$ . Рачун показује да због тога лук  $ANB$  није део параболе, него део елипсе, који тим јаче одступа од прорачунате параболе што је домет већи.
- 3) На разним висинама сила теже је разна; што се више пењемо, тежа је све слабија. Према томе, утицај њен на метак није у свим тачкама путање исти – као што смо напред претпоставили – него се мења од тачке до тачке.
- 4) Земља се обрће око своје осовине, што такође утиче на кретање метка.
- 5) Дување ветра може метак убрзати или успорити, а и скренути га са правца.

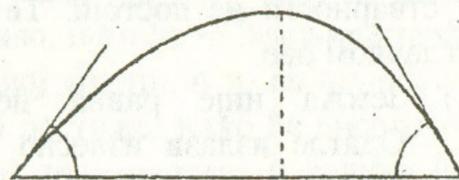
Све ово треба узети у обзир при проучавању кретања метка. Рачуни, у сагласности с експериментима, казују да ови узроци могу сваки за себе донети код далекометних топова разлику од по неколико

стотина метара, па и до километра и по. За иоле прецизна гађања то се све мора узети у обзир.

Но, најважнија ствар, која највише долази у обзир, јесте:

- б) Отпор ваздуха. Тај отпор зависи од брзине тела које се креће и од његова облика. И једно и друго је врло тешко одредити. Проблем отежавају још више две ствари, једна код брзине, друга код облика тела. Не само да отпор зависи од брзине, него је закон по ком отпор зависи од брзине за разне брзине разан; кад се брзина повећа двапут, повећа се у неким случајевима отпор двапут, у неким случајевима повећаће се он четири пута, у другим случајевима још друкче. Осим отпора, који свако осећа кад се кроз ваздух креће, стварају се око тела у ваздуху још и вртлози (као кад се тело креће брзо кроз воду), који тим јаче утичу на покретно тело што је брзина већа. Осим свега тога, утицај ваздуха је тим јачи што је ваздух гушћи, тј. што се метак креће ближе Земљи и што је барометарски притисак већи.

Другим речима, за које је потребно добро знати Физику, Механику и Вишу Математику, и експериментима утврђена је напоследку путања једног метка, но она у многим одступа од идеалне путање о којој смо на почетку говорили. Разуме се, ми не можемо то овде излагати, само ћемо навести главне резултате. Слика 4. приказује те резултате очигледно.



Слика 4

Путања одступа од параболе; у почетку, до највише тачке, она је мање стрма него у свом другом делу. Ова крива линија зове се *балистичка крива*. Угао под којим метак пада већи је од угла под којим је метак пошао. Домет је много краћи него код идеално прорачунатог пута. Највећи домет не добива се кад се метак испали под углом од  $45^\circ$ , него под  $54^\circ$ . Брзина којом метак долази до своје крајње тачке много је мања него почетна брзина. На пример, пешадијска пушка добасти стварно 4 km место идеалних 80 km, тј. свега двадесети део идеално прорачунате вредности; мањи топови добасти отприлике четвртину идеално прорачунате вредности, већи топови трећину.

Пре Светског Рата топови су највише носили до 30 km; почетна брзина је била око 900 m/s. Сва извршена гађања и експерименти слагали су се са изведеном теоријом и рачунима. Но, 1914. год. наумили су Немци да конструишу топове још већег домета. Да се то постигне, требало је увећати почетну брзину, тј. проблем је спадао у Унутрашњу

Балистику. Постигли су, појачавајући чињенице које одређују почетну брзину метка (експлозив, дужину топа, трење у цеви, итд.) да добију почетну брзину метка од 947 m/s. Кад се до тог резултата и податка дошло, проблем је прешао у Спољашњу Балистику. По напред постављеним принципима израчунало се да домет метка из оваквог топа треба да буде 38 km. Октобра 1914. год. вршена су у Пруској пробна гађања и метак је отишао на 49 km. Ово неслагање чињенице са рачуном изненадило је и тражио се узрок томе.

Ако прегледамо свих напред побројаних шест узрока који утичу на путању метка, видимо да се утицаји првих пет узрока могу доста тачно одредити, а осим тога да не могу донети толику разлику. Остаје само шести узрок: отпор ваздуха. Питање је, дакле зашто се тај отпор показује мањи него што је прорачунато. Разлика између овог топа и дотадањих у томе је што је он добасти даље; према томе, метак се и пео вишље. То опет значи да је утицај ваздуха у тим вишљим слојевима много мањи него што се мислило. Но, из разлике између прорачунатог и стварног домета може се закључити о утицају тих вишљих слојева ваздуха на кретање метка. То се и учинило, и тако се добио тачнији закон за утицај ваздуха у вишљим слојевима. Одатле пак, изашао је овај практичан резултат: 1) Метак треба из топа избацити тако да што пре доспе у те слојеве ваздуха где је отпор, према стеченом искуству, мали; 2) У тај слој треба метак да уђе под углом од  $45^\circ$ , јер је онда метак у скоро безваздушном простору, те ће тако, према теорији изложеној на почетку, имати највећи домет. – Рачун је онда показао да метак треба испалити под углом од  $58^\circ$  и да ће исти топ, који је по првобитном рачуну требао да има под углом од  $54^\circ$  највећи домет од 38 km (а фактички имао 49 km), под углом од  $58^\circ$  добасти 59 km. Извршено гађање је потврдило тачност рачуна: топ је добастио 59 km. Тако се овим топом постигао највећи његов домет.

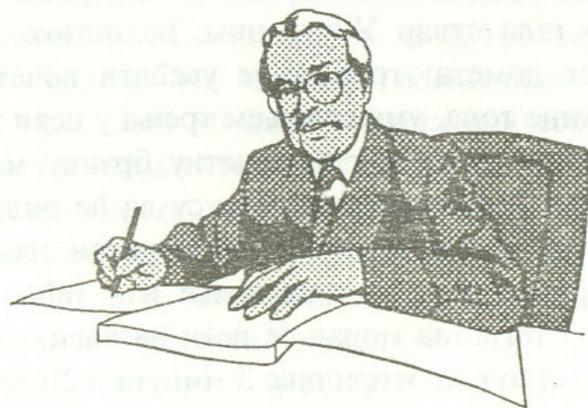
Пошто је тако Спољашња Балистика дала све што је могла дати, опет је постала ствар Унутрашње Балистике да се конструишу топови још већег домета: требало је увећати почетну брзину метка. Увећавањем дужине топа, умањавањем трења у цеви топа, појачавањем експлозива – Немци су постигли почетну брзину метка од 1600 m/s. Рачуни Спољашње Балистике показали су да ће онда домет топа бити 130 km. – Према тим рачунима топ је конструиран, намештен, снабдевен прецизним инструментима за нишањење и – гађао Париз са толике даљине. Метак из тог топа морао се пети на висину од преко 40 km, а прелазно је цео свој пут за отприлике 3 минута и 20 секунда.

\* \* \*

Предње податке смо изнели не само зато што су сами по себи занимљиви, него још из два разлога.

*Прво.* Они врло згодно показују међусобан однос између праксе и теорије, нарочито математичке теорије. Избацивање метка на одређену даљину, и то по могућству што већу, ствар је чисто практична. Да се то постигне како треба, потребно је проучавати и избацивање и путању метка. Тиме је проблем прешао у теорију. Експериментима и рачунима дошло се у тој теорији до извесних резултата, који су били у сагласности са чињеницама. Но једна чињеница је дошла у опреку са рачунима: пракса и теорија нису се слагале. Кад се једном пође од извесних претпоставки, Математика води апсолутно сигурним путевима; како се резултат Математике није сложио са чињеницама, значи да су неке претпоставке биле рђаве. Због тога, претпоставке су поново испитане, узете су тачније, предато је све опет теорији, и Математика је дала друге резултате који су се сложили са чињеницама, и још више: дали повода да се предвиде и остваре чињенице које су биле непознате.

*Друго.* Често се превиђа, нарочито у оним стварима којима се механички служи једна маса људи, на основи каквих теорија и рачуна се до резултата долази. Војник – нишанџија на топу и не слуги колико је времена и труда утрошено, колико је теорија стварано, колико рачуна изведено, колико формула написано, док су се њему могла дати нека проста упутства и правила о руковању топом. Хтели смо довести овим кратким излагањем до тога да се ма и наслути нешто о том послу и да побудимо читаоце на размишљање о две ствари: с једне стране, да је то и у многим другим случајевима тако; с друге стране, да се не треба заваравати површним гледањем на голе практичне резултате, него треба тежити за тим да се уђе у дубину ствари и проблема, а не очекивати однекуд са стране "скупљене формуле", "готове прорачуне" и "практичне таблице".



## ЗАНИМЉИВОСТИ

### Хроматска аберација и сочива једног адвоката

Јелена Милоградов-Турин

Катедра за астрономију

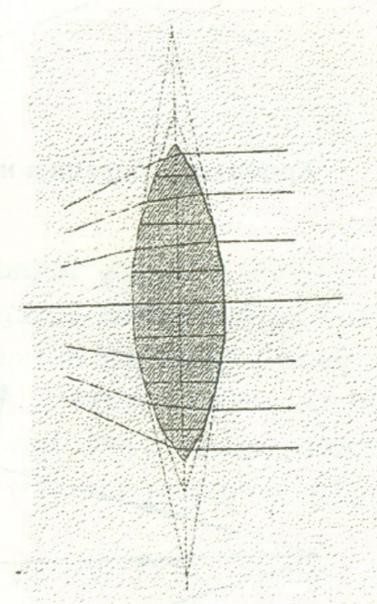
Математички факултет, Београд

Већ вековима људи су свесни да се сочиво може приказати као скуп планпаралелних плоча и призми. Тако је сочиво приказао и Ђорђе Станојевић, наш познати физичар 19. века, у својој књизи *Из науке о светлости*, коју је издала Српска књижевна задруга 1895. године, а што је приказано на слици 1. У суштини тај прилаз је основа интегралног рачуна.

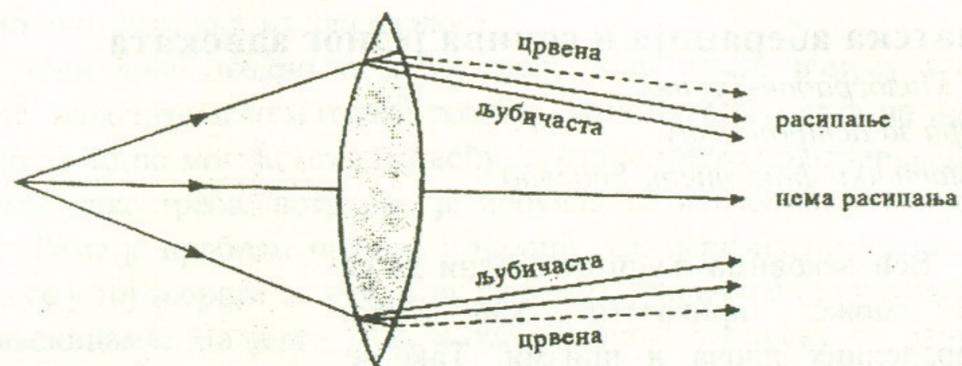
Како је то открио још Исак Њутн (*Isaac Newton*), 1666. године, призма расипа белу светлост у дугине боје, при чему се љубичаста светлост прелама више, а црвена мање, и то према основици. Призме на крајевима сабирног сочива ће сабирати зраке, док ће у случају расипног сочива расипати. (слика 2). Њутн је тиме и протумачио обојени ореол око ликована која дају сочива.

Посматрајмо, ради једноставности, лик далеког тачкастог објекта. Због расипања неће постојати јединствена жижа, већ ће их бити мноштво. Жижа љубичастих зракова (на слици 3 означена са *Л*) биће ближе сочиву, а црвених зракова (*Ц*) даље од сочива. На закљону стављеним између тачака *Л* и *С* ивица ореола споља ће бити љубичаста, па идући ка средини плава, зелена, жута, па црвена. Уколико је закљон стављен даље од *Ц*, редослед боја ће бити обрнут: споља ће бити црвена, па жута,.... То значи да ће слика бити сложена и недовољно јасна. Наведена појава се назива хроматска аберација (према грчкој речи *chroma*, што значи боја и латинској речи *aberratio*, што значи и скретање). У тачки *С* ће се црвени и љубичасти зраци скупити на једном кругу. Ради јасног виђења пожељно је да се зраци бар две таласне дужине скупе у тачку.

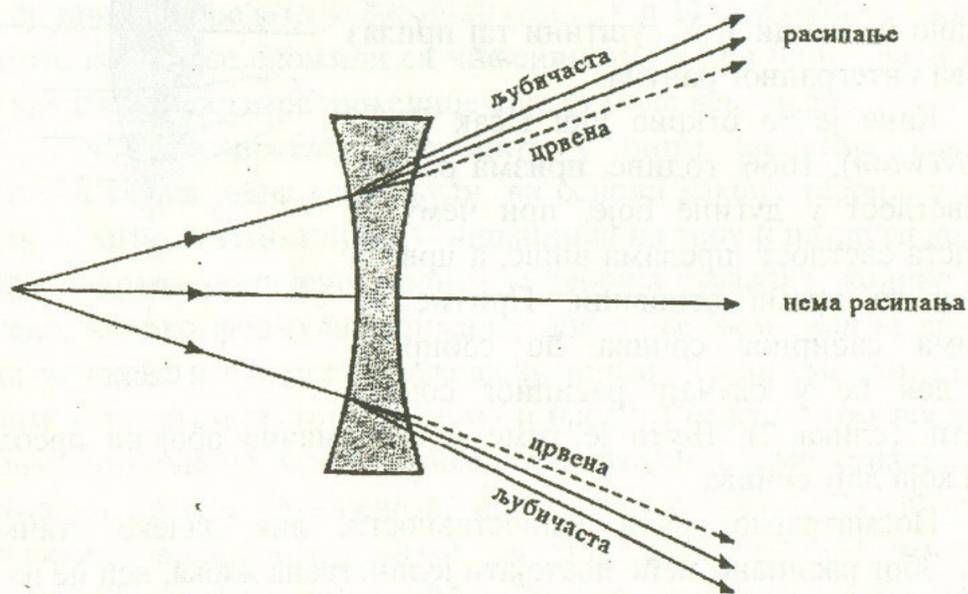
У 17. веку хроматска аберација се ублажавала тако што се расипање светлости смањивало употребом сочива мањих кривина и



Слика 1



Хроматска аберација настаје на крајевима конвексног сочива.

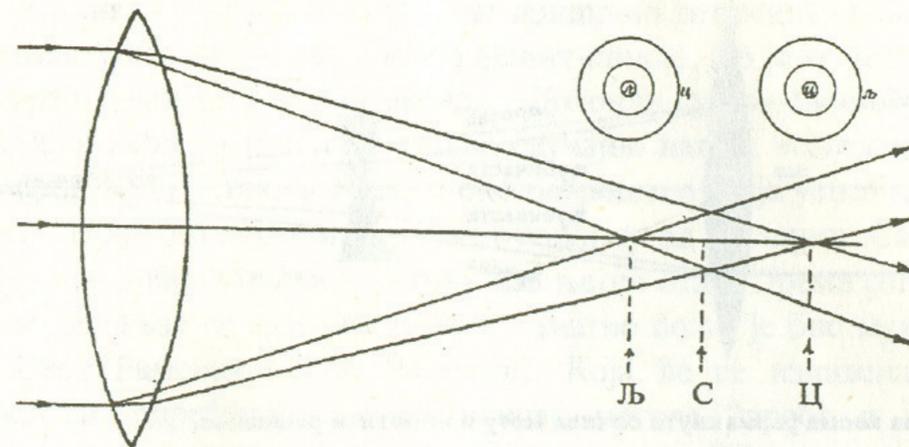


Конкавно сочиво ствара обрнуто расипање.

Слика 2

стога веће жижне даљине. Зато су код већих старинских телескопа из 17. века објектив и окулар били веома удаљени. Хевелиусов (*Hevelius*) телескоп, на пример, имао је окулар на једном, а објектив на другом крају конструкције дуге око педесет метара. Такви дуги телескопи су били веома незграпни.

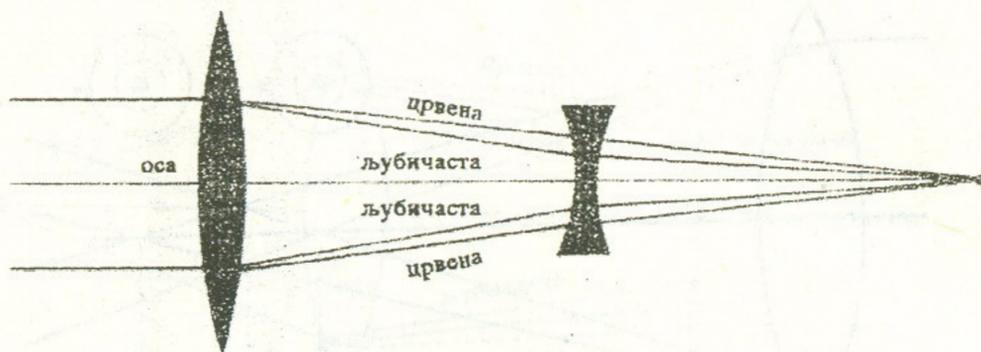
Прво практично решење је смислио 1729. године енглески центлмен-адвокат, Честер Мур Хол (*Chester Moor Hall*), чији је хоби био извођење оптичких експеримената. Он је закључио да би се



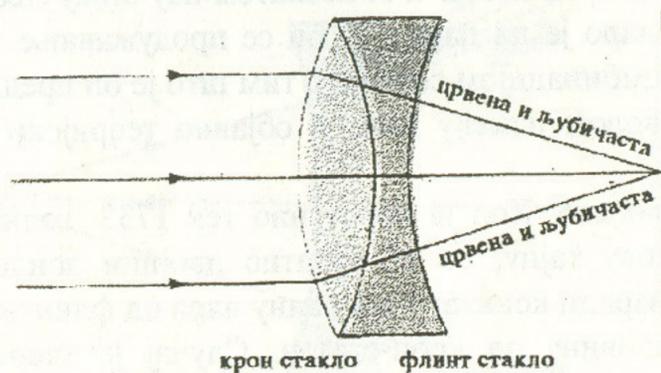
Слика 3

смањење расипања могло постићи комбинацијом једног сабирног и једног расипног сочива. Данас ми схематски такав начин исправљања приказујемо, као што је дато на слици 4. И познатом научнику Леонарду Ојлеру (*Leonard Euler*) пало је на памет да би се продужавање жижне даљине могло извести комбинацијом сочива, с тим што је он предложио два мениск-сочива, са водом између њих, и објавио теоријски рад о томе 1747. године.

Практичном извођењу Хол је приступио тек 1733. године. Да неко не би открио његову тајну, он се обратио двојици лондонских оптичара, једном да му изради конкавну половину пара од флинт-стакла а другом конвексну половину од крон-стакла. Случај је хтео да су обојица израду сочива поверили трећем мајстору Џорџу Басу (*George Bass*). Бас је приметио да су оба наручена сочива сличне величине, сазнао је и да их је наручио исти купац, па је покушао да их састави. Одмах је приметио ахроматско својство таквог пара. Бас је о томе причао па су понеки почели израду ахроматских сочива, међу њима је био и Џон Долонд (*John Dollond*). Радионица за израду оптичких инструмената, у којој започео да ради са сином Питером (*Piter*) 1752. године, постала је убрзо позната. Био је одличан мајстор који се интересовао оптиком више од других. На њега је, изгледа, извршио велики утицај рад шведског математичара Самуела Клинџенхерне (*Samuel Klingenstierna*) о расипању светлости из 1755. године. Џон Долонд већ 1757. успева да направи ахроматски дурбин, а 1758. године троструко сочиво за отклањање хроматске аберације. Ови успеси су му створили репутацију и у научним круговима. Његов син Питер је био човек много више наклоњен заради, но науци, па је наговорио оца да патентира овај проналазак. Иако је било познато да Долонд није био



Два веома размакнута сочива могу поништити расипање.



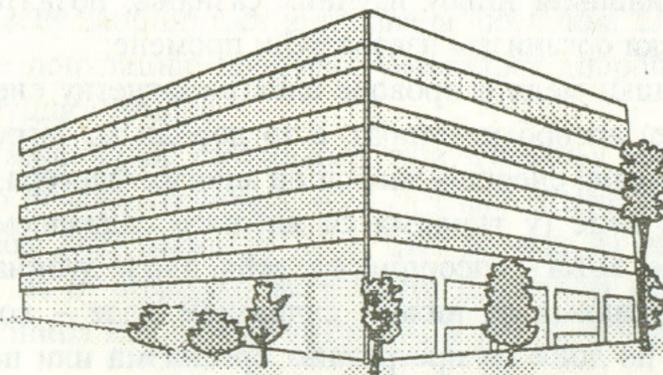
Ако су сочива од разних врста стакала, размак међу њима није потребан.

Слика 4

проналазач, патент је био прописно додељен. Све до краја Џоновог живота (1761) британски мајстори су израђивали ахромате без плаћања ауторског удела. Међутим, одмах после смрти свог оца, Питер Долонд је покренуо акцију против једног од њих, и то са успехом. Зато су лондонски оптичари поднели петицију, 1764. године, тражећи да се патент повуче. Законска процедура је дуго трајала, али је коначна одлука била у корист Долонда. Суд је сматрао да је Честер Мур Хол "особа која свој изум задржава за себе", па стога није особа која може користити патент. Права особа која га може користити јесте Долонд "који га је изнео на видело за општу корист". Заплашени великим износима које је Питер Долонд на основу патента тражио, многи су одустали од израде ахромата.

Сочива су се у 18. веку лила прилично непрецизно. Зато им је било веома тешко да направе добро флинт-стакло, јер је ту веома важну улогу играо тачан удео олово оксида. Долонди су имали срећу да је у једној старој пећи за топљење стакла случајно нашао велику количину врло доброг флинт-стакла. Када је оно потрошено, није успео да одржи квалитет. Први Долондови ахромати бољи су од каснијих. Сам Питер није био тако добро упућен у оптику као његов отац. Према сопственом признању ослањао се само на праксу. Знатно бољи је био муж његове сестре Џеси Рамсден (*Jesse Ramsden*). Која ће се изливена сочива комбиновати, одређивало се на основу методе "пробе и грешке". Потражња за ахроматима је била велика, па су се Долондови телескопи извозили и на континент.

Наполеонови ратови, који су довели и до тога да је трговина са Енглеском била прекинута, подстакли су развој оптичке индустрије на континенту. Иако су многи покушали да направе добре ахромате, у томе је успео тек немачки оптичар Јозеф Фраунхофер (*Joseph Fraunhofer*). Он је анализирао критички Долондове телескопе и установио да за протеклих педесет година ни један важнији проблем везан за сочива није био истински решен. Млад, полетан и способан Фраунхофер се латио посла онако како треба: правио је експерименте, мерио, па прорачунавао. Резултат је био: телескопски објективи у великој мери ослобођени хроматске аберације, сферне аберације и коме! Телескопи које је израдио Фраунхофер су равни данашњима. Ни данас није могуће направити телескопе код којих је хроматска аберација отклоњена у целом спектру. На жалост, Фраунхофер није успео да више допринесе науци, јер је умро сразмерно млад, у 39. години, од туберкулозе. Његово име се налази данас у сваком уџбенику физике, у делу везаном за оптику.

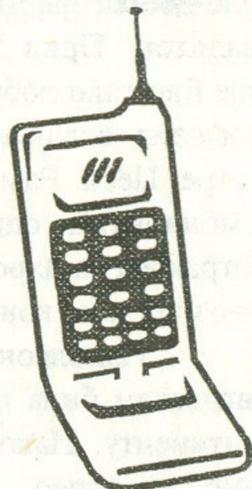


## ЗАНИМЉИВОСТИ

### Мобилни телефони: и значе, и зраче

Рожа Михајловић, професор физике  
ОШ "Дринка Павловић", Београд

Модерно доба је обележено "експлозијом" технолошких извора радиофреквентног зрачења. Мобилна технологија, радари, сателитска техника, радиодифузиона мрежа, микроталасне пећнице у индустрији и домаћинствима су само део примене електромагнетних таласа у области радио и микроталаса. Док многи потпуно игноришу могућност штетних утицаја тих таласа на људски организам, други иду у другу крајност подижући медијску панику за коју, можда, и има места.



По резултатима истраживања који се могу наћи на [www.vidi.hr](http://www.vidi.hr) одашиљачи коришћени у радиотехници, код мобилних примопредајника, микроталасних пећница, не прелазе дозвољену "дозу" зрачења од  $50 \text{ W/m}^2$ . Нпр. у GSM систему обично се користе емитери снаге не веће од 40 W, снаге већине микроталасних пећница се крећу од 600 W до 1000 W (с обзиром на примену - кување намирница - сва би енергија морала бити утрошена у унутрашњости пећнице), мерења су показала да је на 5 cm од врата пећнице израчена енергија мања од  $10 \text{ W/m}^2$ . Осим тога, при емитовању таласа увек се морају поштовати стандарди у вези са висином антене и њеног положаја у односу на кориснике. Дакле, бројке говоре да опасности нема. Зашто смо онда узнемирени?

До сада уопште нисмо помињали фактор *ВРЕМЕ* у смислу дуготрајног излагања микроталасима!

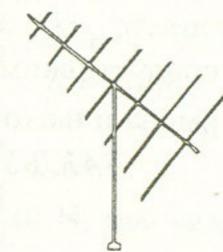
На данашњем нивоу научних сазнања, познато је да зрачења делују на људски организам изазивајући промене:

Биолошки медији проводе електромагнетну енергију, те се део поља (енергије) апсорбује (упија), а то доводи до загревања. Наравно, укупна апсорбована енергија зависи од многих фактора, а један од њих је и количина воде (у ткивима са високим садржајем воде – мозак, мишићно ткиво, кожа – апсорпција је већа, али је дубина продора мања; обрнуто је у ткивима са нижим садржајем воде – коштаном и масном ткивом). Да ли ће доћи до прегревања организма или појединих делова

организма, зависи и од начина хлађења, брзине хлађења, својстава организма сваког појединца.

Ако је брзина апсорпције већа од могућности одавања топлотне енергије, у телу настају, такозване, "вруће тачке". Како њих охладити?

Још раних педесетих година прошлог века руски научници су испитивали какав је одговор људског тела на дуготрајну изложеност радио и микроталасима. "Окретању главе на другу страну" умногоне су допринели амерички стручњаци, који су негирани постојање било каквог синдрома све док се није појавио код њихових сународника. Наиме, Американци запослени у Америчкој амбасадаци у Москви почели су да сумњају да су изложени непрекидном зрачењу, јер су се појавили симптоми карактеристични за озраченост:



- **ГЛАВОБОЉА**
- **ПОТЕШКОЋЕ СА ВИДОМ**
- **НЕПРЕКИДАН УМОР, МАЛАКСАЛОСТ, ВРТОГЛАВИЦА**
- **ПОРЕМЕЋАЈИ СНА**
- **ПАД КОНЦЕНТРАЦИЈЕ**
- **ЗАБОРАВНОСТ**
- **РАЗДРАЖЉИВОСТ ИЛИ ДЕПРЕСИЈА.**

Помним истраживањима московског особља, Американци су морали признати да је код њих увећан број црвених крвних зрнаца, што их је чинило осетљивим на инфекције, посебно паразитарне. Упркос заташкивањима откривено је да постоје обољења нерава озрачених особа, а током времена одређени поремећаји су се показали и у потомству. Највећу забринутост је изазвала чињеница да је код озрачене мушке популације повећана учесталост доброћудних, а код жена злоћудних тумора.

Према најновијим сазнањима, при излагању микроталасима у мозгу долази до лучења састојака, који са своје стране подстичу лучење хормона у чеоном делу мозгане коре, што доводи до тога да импулси из мозга касне, па су мозгане активности озрачених особа објективно промењене: несаница и повећана пропусност мозга за узрочнике разних болести.



Ни срце није имуно на зрачење. Ритам му се може успорити или убрзати, крвни притисак расте или опада, а код неких се јавља и бол у пределу срца и грудног коша.

Пад имунитета озрачених особа је, такође, могућ.

Досадашњи резултати, такође, показују и повећање процента оболелих од катаракте, а да не причамо о репродуктивним органима и могућим поремећајима настанка хормона и њиховог функционисања.

**ЗАКЉУЧАК:** Мобилни телефон користите, али **КРАТКО!**



### ПРЕПОРУЧУЈЕМО

CD1- Образовни програм *Fizika 1*, по наставном програму физике за први разред гимназије

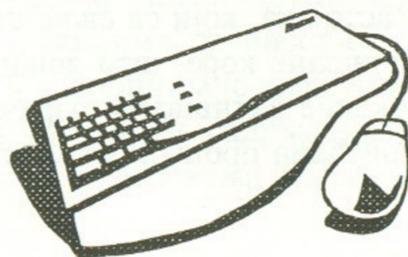
CD2- Образовни програм *Fizika 2*, по наставном програму физике за други разред гимназије

*Kvark media*, Београд, Булевар мира 70,  
тел: 011/36 71 554,  
e-mail: kvark@EUnet.yu

### ОБАВЕШТЕЊЕ

Друштво физичара Србије организује *Семинар о настави физике*, за наставнике и професоре физике у основним и средњим школама, у Врњачкој Бањи у Конгресном центру хотела "Звезда", у периоду од петка 26.04.2002. године са почетком у 14 часова, до недеље 28.04.2002. године у 14 часова.

За све информације у вези смештаја учесници Семинара треба да се обратe директно угоститељском предузећу "Фонтана" на следеће бројеве телефона: 036/661-564 (тел./факс), 036/661-271 (тел./факс) и 036/662-167 (тел.).



## ЗАДАЦИ

### VI разред

- 6.9. У коцку ивице  $a = 10$  cm, усута је жива до висине  $h_1 = 1$  cm и густине  $\rho_1 = 13600$  kg/m<sup>3</sup>. Затим се изнад живе налије вода до висине  $h_2 = 6$  cm и густине  $\rho_2 = 103$  kg/m<sup>3</sup>. На површини воде плива тело масе  $m = 20$  g. Нађите силу притиска на дно суда. Узети да је  $g = 10$  m/s<sup>2</sup> у свим задацима.
- 6.10. На мањи клип хидрауличне пресе делује сила  $F_1 = 40$  N, при чему се он помери наниже за  $h_1 = 25$  cm. На већем клипу налази се терет тежине  $Q = 200$  N. За колико ће се померити већи клип?
- 6.11. Дрвена коцка густине  $\rho_1 = 600$  kg/m<sup>3</sup> и ивице  $a = 20$  cm, плива на води. Нађите колика запремина коцке је изнад воде. Колики терет треба ставити на њу, да би њена горња површина била на нивоу воде?
- 6.12. Тело потопљено у воду густине  $\rho_1 = 103$  kg/m<sup>3</sup> има тежину  $Q_1 = 170$  N, а у уљу густине  $\rho_2 = 800$  kg/m<sup>3</sup> има тежину  $Q_2 = 190$  N. Нађите густину тела и његову запремину.

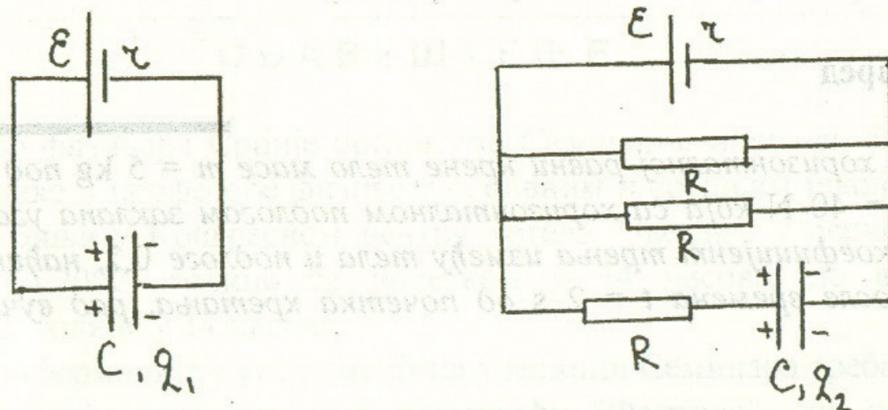
### VII разред

- 7.9. По хоризонталној равни крене тело масе  $m = 5$  kg под дејством силе  $F = 40$  N која са хоризонталном подлогом заклапа угао од 60°. Ако је коефицијент трења између тела и подлоге 0,2, нађите брзину тела после времена  $t = 2$  s од почетка кретања, рад вучне и силе трења.
- 7.10. У цистерни непознатог полупречника  $r_1$  налази се 10 t воде. Она се преточи у цистерну два пута већег полупречника, при чему се потенцијална енергија воде смањи за  $\Delta E_p = -4,8$  kJ. Нађите полупречнике цистерни.
- 7.11. Метак масе  $m = 10$  g испали се увис брзином  $v_0 = 400$  m/s. Нађите му укупну енергију после времена  $t = 2$  s од почетка кретања, ако сила отпора ваздуха износи 20 %  $mg$ . Колику енергију је тело изгубило до тог тренутка на савладавање силе отпора ваздуха?

7.12. У бакарном суду (калориметру) масе  $m_1 = 0,6 \text{ kg}$  и специфичне топлоте  $c_1 = 390 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)}$ , налази се вода масе  $m_2 = 1,5 \text{ kg}$  и специфичне топлоте  $c_2 = 4186 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)}$ . По води плива комад леда масе  $m_3 = 200 \text{ g}$  и специфичне топлоте топљења  $q_1 = 3,35 \times 10^5 \text{ J/kg}$ . Суду се преда количина топлоте  $Q = 206558 \text{ J}$ . За колико степени ће се загрејати цео систем?

## VIII разред

8.9. Кондензатор капацитета  $C = 5 \mu\text{F}$  веже се редно (слика 8.3.а) са извором струје унутрашње отпорности  $r = 2 \Omega$ . Када се кондензатор напуни, количина наелектрисања на њему је  $q_1 = 10^{-4} \text{ C}$ . Затим се редно са кондензатором веже отпорник отпорности  $R$  и паралелно њима вежу се два отпорника, сваки отпорности  $R$  (слика 8.3.б). Количина наелектрисања на кондензатору у другом случају износи  $q = 5 \times 10^{-5} \text{ C}$ . Нађите електромоторну силу извора, интензитет стационарне струје у колу у другом случају и отпорност  $R$ . Да ли би резултат био исти да нема редно везаног отпорника?



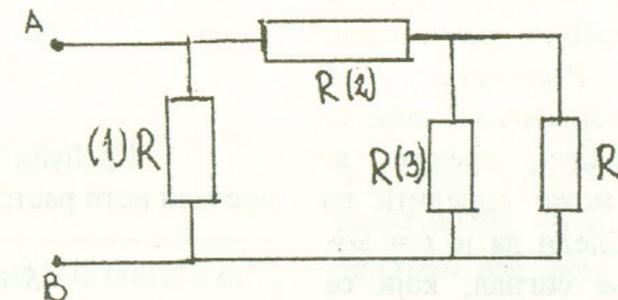
а)

Слика 8.3

б)

8.10. Потрошач максималне снаге  $P_{\text{max}} = 10 \text{ kW}$  предвиђен је за напон  $U = 220 \text{ V}$ . Он је повезан бакарним жицама за генератор електромоторне силе  $E = 300 \text{ V}$  и унутрашње отпорности  $r = 0,5 \Omega$ . Специфична отпорност бакра износи  $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ , а густина  $\rho_1 = 8700 \text{ kg/m}^3$ . Нађите дужину жица којима је он повезан са извором, ако је укупна тежина жица  $Q = 11,7 \text{ N}$  ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

8.11. На датој слици 8.4 вредност отпорности  $R_1 = 50 \Omega$ , а толика је и еквивалентна отпорност између тачака А и В. Нађите вредност отпорности  $R$ .



Слика 8.4

8.12. Квадратни рам ивице  $a = 9 \text{ cm}$ , који је нормалан на магнетне линије силе, у току времена  $\Delta t = 1 \text{ ms}$  се унутар поља претвори у једнакостранични троугао. Ако је магнетна индукција  $B = 10 \text{ mT}$ , нађите индуковану електромоторну силу.

## ПРЕПОРУЧУЈЕМО

CD1- Образовни програм **Физика 6**, по наставном програму физике за шести разред основне школе.

CD2- Образовни програм **Физика 7**, по наставном програму физике за седми разред основне школе.

CD3- Образовни програм **Физика 8**, по наставном програму физике за осми разред основне школе.

Kvark media, Београд, Булевар мира 70,

тел: 011/36 71 554,

e-mail: kvark@EUnet.yu



## РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

## VI разред

$$S = (v - u)t_1, \quad (1)$$

6.5 Звучни сигнал се и кроз воду и кроз ваздух креће равномерно праволинијски. Растојање од светионика до брода сигнал, који се простире кроз ваздух, прелази за време  $t$  које се може одредити из релације  $S = vt$ . Следи да је  $t = S/v$ . То исто растојање сигнал, који се простире кроз воду, прелази за време  $t_1 = S/v_1$ .

Временски размак у приспећу звучних сигнала, који је уочен на броду, одговара разлици времена  $t$  и  $t_1$ , односно  $\Delta t = t - t_1$ , где та разлика износи 30 s. Ако се у последњу релацију замене изрази за времена, добија се:

$$\Delta t = \frac{S}{v} - \frac{S}{v_1} = S \frac{(v_1 - v)}{vv_1}$$

Одавде је удаљеност брода од светионика:

$$S = \frac{vv_1 \Delta t}{(v_1 - v)} = 13,324 \text{ km}$$

Треба још напоменути да је овде претпостављено да је брод за време простирања звучних сигнала мировао или се кретао малом брзином у поређењу са брзинама  $v$  и  $v_1$ .

6.6 Обележићемо са  $v$  брзину чамца у односу на реку, а са  $u$  брзину реке. Пошто сплав може ићи само низводно, то значи да се чамец кретао узводно од места В ка месту А. То значи да је прешао пут:

а сплав

$$S = ut_2, \quad (2)$$

Крећући се низводно, чамец прелази исто растојање

$$S = (v + u)t_3, \quad (3)$$

Комбинацијом једначина (1) и (2), добијамо:

$$(v - u)t_1 = ut_2,$$

$$(v - u) \cdot 6 \text{ h} = u \cdot 12 \text{ h},$$

$$v = 3u.$$

На исти начин, изједначавањем десних страна једначина (2) и (3) добијамо:

$$ut_2 = (v + u)t_3,$$

$$ut_2 = 4ut_3,$$

$$t_3 = \frac{t_2}{4},$$

$$t_3 = 3 \text{ h}$$

6.7 Обележићемо унутрашњу запремину коцке са  $V_1$ . Укупну тежину чине тежина коцке  $Q_1$  и воде  $Q_2$ .

$$Q_1 = \rho(V - V_1)g,$$

$$Q_2 = \rho_1 V_1 g,$$

$$Q = \rho(V - V_1)g + \rho_1 V_1 g,$$

$$V_1 g(\rho - \rho_1) = \rho V g - Q,$$

$$V_1 = \frac{(\rho V g - Q)}{g(\rho - \rho_1)} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3,$$

6.8 Запремина живе у епрувети износи:

$$V = \frac{3}{4} \cdot SL = 113 \text{ cm}^3 = 0,000113 \text{ m}^3$$

Разлика тежине живе на Земљи и Месецу износи:

$$\Delta Q = Q_z - Q_m,$$

где су те тежине

$$Q_z = \rho V G_z,$$

$$Q_m = \rho V G_m = \frac{Q_z}{6},$$

$$\Delta Q = \frac{5}{6} Q_z = 12,81 \text{ N}.$$

## VII разред

7.5 Означимо индексима "1" величине које се односе на тело које пада кроз воду а индексима "2" величине које се односе на тело које се у води креће вертикално навише. На тело "1" делује сила Земљине теже  $Q_1$  и сила потиска  $P_1$ . Резултантна сила је

$$F_r = Q_1 - P_1.$$

Под дејством ове силе тело масе

$$m_1 = \frac{Q_1}{g},$$

добија убрзање  $a_1$ , вертикално наниже

$$Q_1 - P_1 = m_1 a_1 = \frac{Q_1}{g} a_1.$$

На тело "2" делује сила Земљине теже  $Q_2$  и потисак  $P_2$ . Резултантна сила је  $P_2 - Q_2$ . Под дејством ове силе тело масе  $m_2 = \frac{Q_2}{g}$  добија убрзање  $a_2$  вертикално навише

$$P_2 - Q_2 = m_2 a_2 = \frac{Q_2}{g} a_2.$$

Како су запремине датих тела једнаке, следи да су силе потиска које делују на њих једнаке  $P_1 = P_2 = P$ . С обзиром на последњи закључак, следи да је:

$$Q_1 = \frac{P}{(1 - \frac{a_1}{g})},$$

$$Q_2 = \frac{P}{(1 + \frac{a_2}{g})}.$$

Одавде се лако добија тежина другог тела:

$$Q_2 = Q_1 \frac{(g - a_1)}{(g + a_2)},$$

$$Q_2 = \frac{Q_1}{3} = 3,33 \text{ N}$$

7.6 Пут који тело пређе у току четврте секунде је разлика путева које оно пређе на крају четврте и треће секунде:

$$\Delta S = S_4 - S_3.$$

Обележићемо времена са:

$$t_4 = 4 \text{ s,}$$

$$t_3 = 3 \text{ s.}$$

$$\Delta S = (v_0 t_4 + \frac{at_4^2}{2}) - (v_0 t_3 + \frac{at_3^2}{2}),$$

$$a = \frac{[2\Delta S - 2v_0(t_4 - t_3)]}{(t_4^2 - t_3^2)} = 4 \text{ m/s}^2.$$

Пут који тело пређе после десет секунди је:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} = 220 \text{ m}$$

7.7 Разложићемо силу  $F$  на две компоненте,  $F_1$  и  $F_2$ . Компонента  $F_2$  умањује дејство силе теже  $m_1 g$ , тако да је у случају првог тела резултујућа нормална сила којом тело делује на подлогу:

$$N_1 = m_1 g - F_2.$$

Сила трења између подлоге и првог тела је

$$F_{t_1} = \mu(m_1 g - F_2), \quad (I)$$

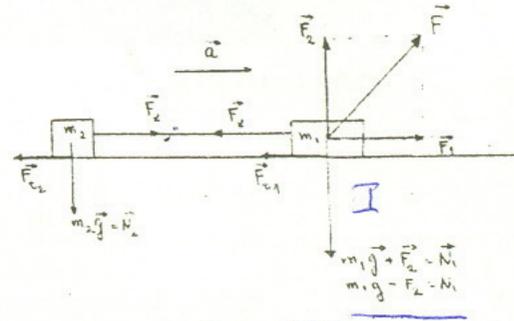
док је друга сила трења

$$F_{t_2} = \mu m_2 g.$$

Компоненте  $F_1$  и  $F_2$  су исте и износе

$$F_1 = F_2 = F \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Према другом Њутновом закону, резултујућа сила која делује



Слика Р7.7

на тело је  $ma$ . Користећи слику Р7.7 применићемо други Њутнов закон на свако тело. За прво тело векторска једначина гласи:

$$m_1 a = F_1 + F_2 + F_{t_1},$$

а скаларна:

$$m_1 a = F_1 - F_2 - F_{t_1}, \quad (1)$$

Слично следи и за друго тело:

$$m_2 a = F_2 + F_{t_2},$$

а скаларна једначина гласи:

$$m_2 a = F_2 - F_{t_2}, \quad (2)$$

Сабирањем једначина (1) и (2) добијамо:

$$a(m_1 + m_2) = F_1 - F_{t_1} - F_{t_2},$$

$$a(m_1 + m_2) + \mu m_2 g + \mu m_1 g = F \frac{(1 + \mu)}{\sqrt{2}},$$

$$F = \sqrt{2} \frac{(m_1 + m_2)(a + \mu g)}{(1 + \mu)} = 14,1 \text{ N.}$$

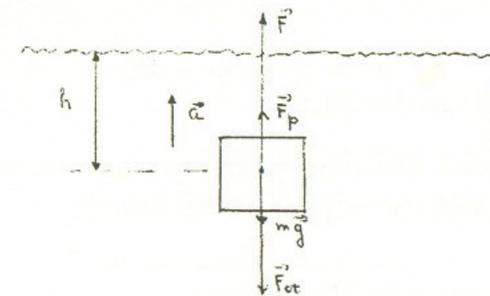
$$F_2 = 4 \text{ N}$$

7.8 На тело делују четири силе: вучна сила  $F$ , сила теже  $mg$ , сила потиска  $F_p$  и сила отпора  $F_{ot}$ . Последње две силе су:

$$F_p = \rho_v g V,$$

$$F_{ot} = \rho_v g \frac{V}{4}.$$

Применићемо други Њутнов закон у скаларном облику (види сл. Р.7.8):



Слика Р7.8

$$ma = F + F_p - mg - F_{ot},$$

$$\rho_t V a = F + \rho_v V g - \rho_t V g - \rho_v g \frac{V}{4},$$

$$V = \frac{F}{\rho_t a + g(\rho_t - \frac{3\rho_v}{4})} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$h = \frac{at^2}{2},$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = 2 \text{ s}$$

$$v = at = 8 \text{ m/s}$$

VIII разред

8.5 Обележићемо са  $\phi_1$  потенцијал кугле на великом растојању (у бесконачности), а са  $\phi_k$  на површини кугле. Електрично поље кугле врши рад смањујући кинетичку енергију наелектрисања  $q$ . Пошто је електрични потенцијал у бесконачности нула, а унутар кугле је константан и једнак потенцијалу на површини кугле, можемо написати:

$$q(\phi_1 - \phi_k) = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2},$$

$$q\phi_k = \frac{m(v_0^2 - v^2)}{2},$$

$$\phi_k = 23437,5 \text{ V.}$$

Напомена: брзина наелектрисања од тренутка уласка у куглу је константна (све док не удари у зид кугле), јер нема више успоравајућег електричног поља кугле (јер је ел. поље унутар кугле нула).

8.6 Код паралелног везивања кондензатора, укупна количина наелектрисања једнака је збиру појединачних количина наелектрисања на кондензаторима.

$$q = q_1 + q_2,$$

$$q = C_0 U + \epsilon_r C_0 U,$$

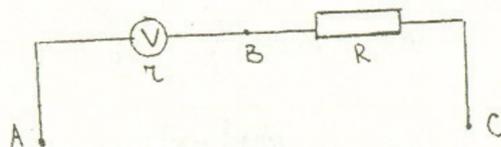
$$U = \frac{q}{C_0(1 + \epsilon_r)} = 500 \text{ V.}$$

Сада можемо наћи и количине наелектрисања:

$$q_1 = C_0 U = 4 \times 10^{-4} \text{ C},$$

$$q_2 = 2,4 \times 10^{-3} \text{ C}.$$

8.7 Опсег волтметра представља напон  $U$  између тачака А и В при коме казаљка волтметра скрене до краја скале. Ако се додавањем отпорника  $R$  опсег волтметра повећа  $n$  пута, онда то значи да казаљка



Слика P8.7

инструмента треба да скрене до краја скале када је напон  $U_{AC}$  (види слику P.8.7) између тачака А и С  $n$  пута већи од напона  $U$ , тј. када је  $U_{AC} = nU$ . Тада кроз отпорник  $R$  и инструмент тече нека струја јачине  $I$ , па је, према Омовом закону, за део кола АВ:

$$U = Ir,$$

а за део кола АС:

$$U_{AC} = I(R + r).$$

Из последње три релације следи да је отпор једнак:

$$R = r(n - 1) = 200 \text{ W}.$$

8.8 Због симетрије везе, потенцијали тачака С и D су исти, тако да отпорност  $R$  не треба узети у обзир. Тада је еквивалентна отпорност грана:

$$R_e = \frac{2R}{2} + \frac{4R}{2} = 3R.$$

Према Омовом закону за цело коло, интензитет струје у колу износи:

$$I = \frac{E}{(3R + r)} = 2,4 \text{ A}.$$

**Задатке припремила:**

*Ратомирка Милер*  
дипломирани астрофизичар, Београд

**Рецензент:**

*др Душан Арсеновић*  
Институт за физику, Београд-Земун

### ПРЕПОРУЧУЈЕМО

"Међународне олимпијаде из физике, I-XXVII 1967-1996, Збирка задатака са решењима", Издање Друштва физичара Србије  
Превод и припрема: Борис Грбић, Марко Ђорђевић, Мирјана Поповић-Божичић и Марко Стошић  
Збирка садржи задатке и решења са свих двадесет и седам међународних олимпијада из физике одржаних између 1967. и 1996. године

Цена: 180 дин. + ППТ

Часопис "Млади физичар" излази у четири броја током једне школске године. Путем претплате обезбедићете себи нижу цену од оне у малопродаји. Можете се претплатити како за редовне бројеве, тако и за посебне свеске, током читаве године по следећим ценама које важе од 01.10.2000. године:

#### за школе и установе:

годишња (четири броја)	300 дин
полугодишња (два броја)	150 дин

#### за појединце:

годишња (четири броја)	225 дин
полугодишња (два броја)	112,5 дин

#### за ученике преко школа\*:

годишња (четири броја)	180 дин
полугодишња (два броја)	90 дин

\*уколико има више од пет претплатника

Цене редовних бројева, како за основну ("О"), тако и за средњу школу ("С"), су исте. Претплата се врши на жиро рачун Друштва физичара Србије:

40806-678-7-77766

Копију уплатнице са потпуном адресом и назнаком сврхе уплате (свеска "О", свеска "С" или посебна свеска) обавезно послати поштом или факсом на адресу:

Редакција часописа "Млади физичар"  
Прегревица 118, 11080 Београд-Земун  
факс: 011-31-62-190  
e-mail: mf@phy.bg.ac.yu

За сва питања у вези претплате, и часописа, можете се обратити Редакцији и телефоном 011-31-60-260, локал 166. Часопис можете набавити и у књижари "Студентски трг", тел: 011-185-295. Издавач задржава право промене цена претплате због поремећаја на финансијском тржишту.