

мору 82-83
84-85, 86, 87

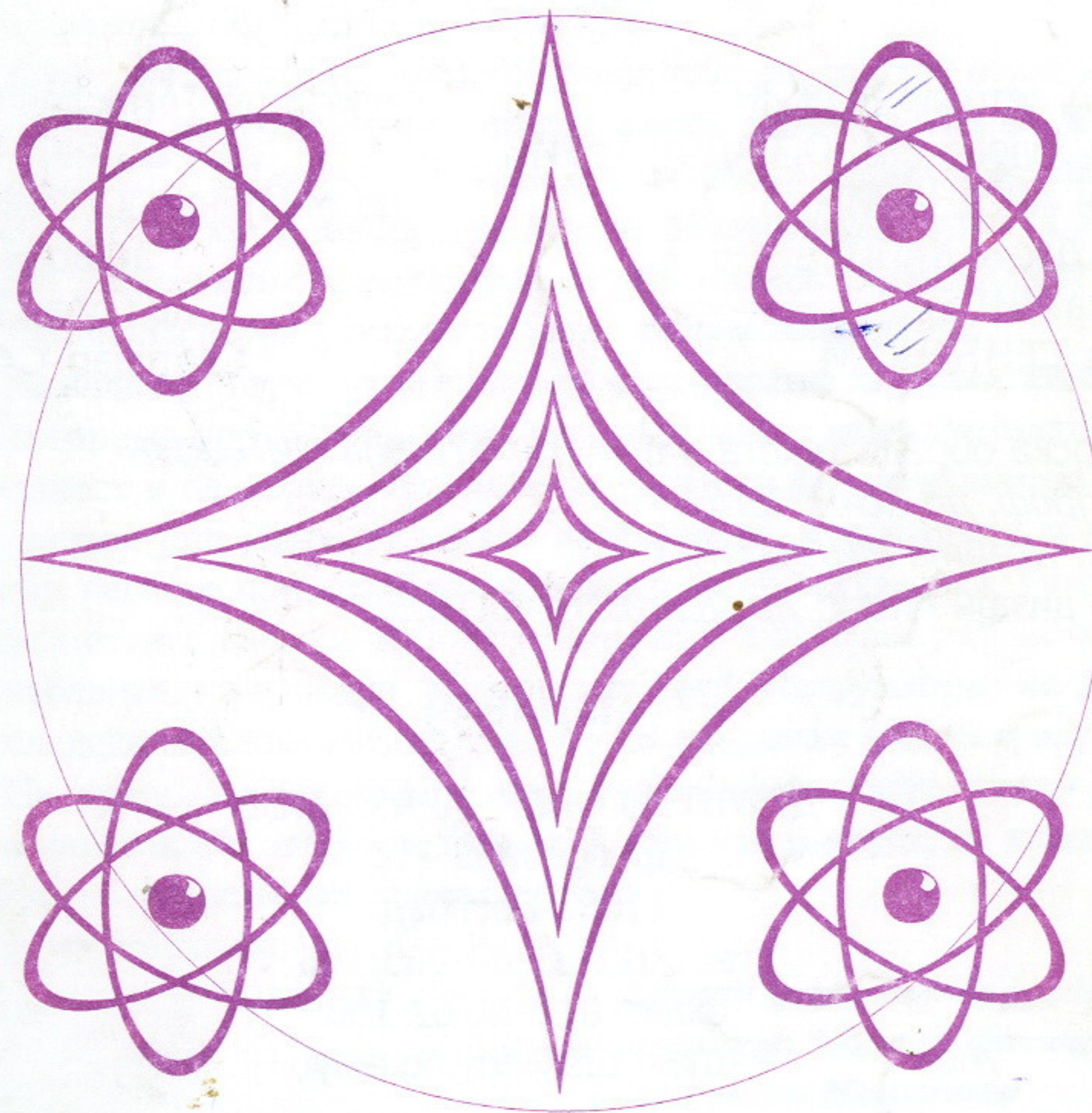
280 рч
150
430

ТЕМА БРОЈА: ЗАШТО СУНЦЕ СИЈА?

млади 99/00 79 "0"
ФИЗИЧАР

ИЗДАВАЧ ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

YU ISSN 0351-5575



Да ли знате...: Како раде детектори дима?

- 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"

ГЛАВНИ И ОДГОВОРНИ УРЕДНИК

др Драган МАРКУШЕВ

УРЕДНИШТВО

проф. др Светозар БОЖИН
 проф. др Јелена МИЛОГРАДОВ-ТУРИН
 др Душан АРСЕНОВИЋ
 проф. др Дарко КАПОР
 Ратомирка МИЛЕР
 Томислав СЕНЋАНСКИ

проф. др Томислав ПЕТРОВИЋ
 др Радомир ЂОРЂЕВИЋ
 др Мирјана ПОПОВИЋ-БОЖИЋ
 др Борко ВУЈЧИЋ
 др Горан ЂОРЂЕВИЋ
 Светозар СТАНОЈЕВИЋ

Компјутерска обрада текста и цртежа: *Ксенија МИЛАКИЋ*
 Лектор: проф. др Асим ПЕЦО
 Коректор: *Ксенија МИЛАКИЋ*
 Корице и дизајн листа: *др Драган МАРКУШЕВ*

ИЗДАВАЧ

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
 Прегревица 118
 11080 Београд
 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 преводјења задржава Друштво физичара Србије

Тираж: 800 примерака

УРЕДНИКОВА СТРАНА

Поштовани читаоци!

Пред вама је четврти редовни број нашег часописа, последњи за ову школску годину. Трудили смо се да сакупимо текстове и прилоге таквог типа који ће вас заинтересовати, забавити, али пре свега научити нечем новом. Последњу реч о томе да ли смо у овоме успели, или не, даћете ви кроз претплату и сарадњу. Читав овогодишњи планирани тираж је распродат, што нам даје подстрек, и воље, да наставимо да радимо онако како смо то чинили и до сада. Позив за сарадњу је стално отворен. Немојте се устручавати, већ комуницирајте са нама, било обичном или електронском поштом. На располагању вам је телефон Редакције, сваког радног дана од 11 до 15h.

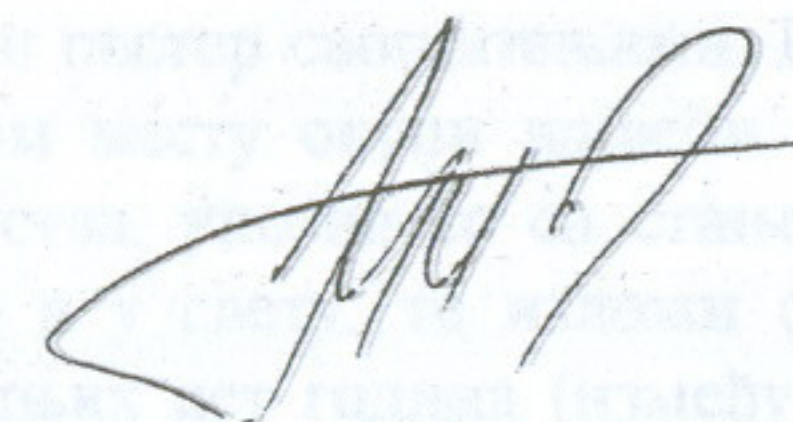
Крај ове школске године потрудићемо се да обележимо изласком другог издања посебне свеске нашег часописа под насловом "Летња забава са физиком". Аутори ове свеске су чланови Редакције Томислав Сенћански и проф. др Јелена Милоградов-Турин. Свеска садржи низ занимљивих примера из обичног живота. Надамо се да ћете уз њу искористити летњи распуст на један сасвим нови начин.

Нажалост, ситуација је таква да увек морамо да размишљамо и о неким стварима које се тичу свих нас: повећањем цена претплате. То је неминовност и од тога зависи хоћемо ли наставити да излазимо или не. Зато желим још једанпут да вас подсетим да је претплата и даље најјевтиније решење при набавци часописа и посебних свезака. Уколико се часописа сетите када се нађете у Београду, имајте на уму да се он можете набавити у књижари "Студентски трг". Потрудићемо се да се часопис следеће школске године нађе и у књижарама у вашем граду.

На крају, желим вам, у име Редакције, и своје лично име, срећан завршетак ове школске године и пријатан распуст, са надом да ћемо ово наше дружење наставити и даље.

С поштовањем,

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



САДРЖАЈ

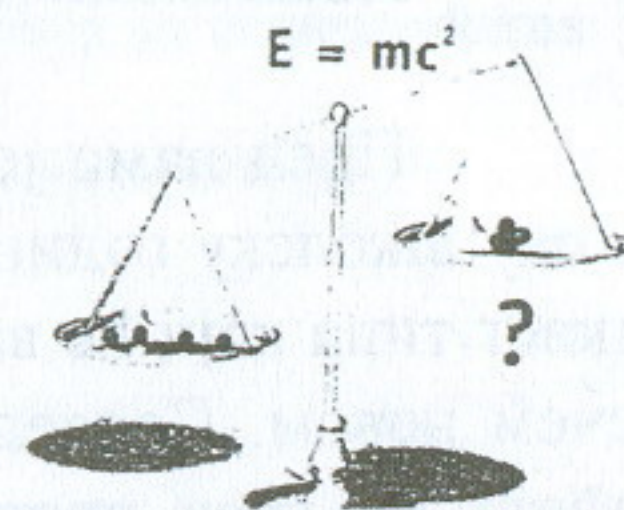
3 УКРАТКО

5 ТЕМА БРОЈА

5 О пореклу енергије у звездама
или - зашто Сунце сија?

Стеван Јокић,

ИНН "Винча", Београд



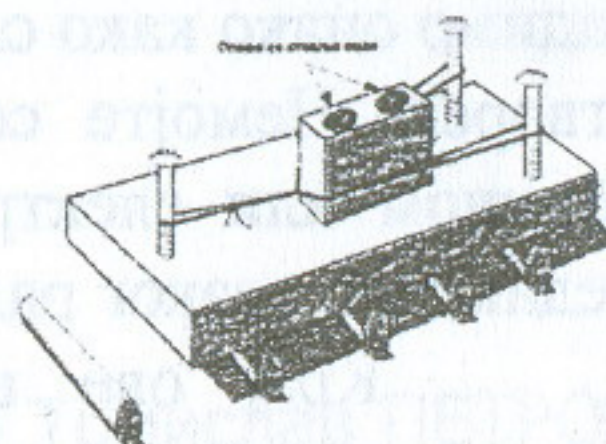
11 УРАДИ САМ

11 Њути у свемиру

Дејан Урошевић

Катедра за астрономију,

Математички факултет, Београд

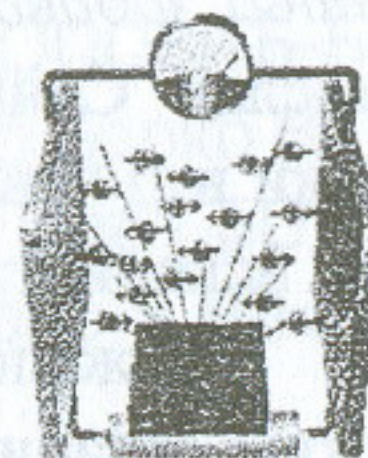


23 ДА ЛИ ЗНАТЕ...

23 Како раде детектори дима?

Драган Маркушев

Институт за физику, Земун



26 ДА СЕ ЛАКШЕ НАУЧИ

26 Најједноставнији експерименти
у вези са притиском

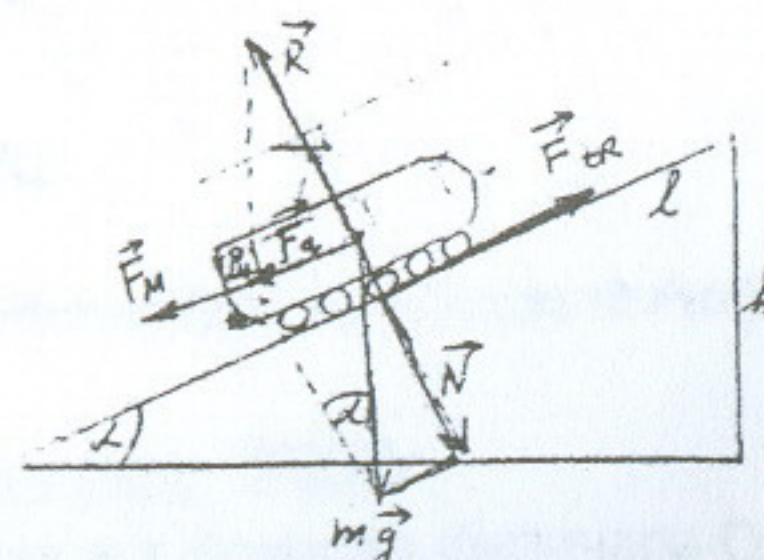
Томислав Сенћански

ОШ "Краљ Петар I"

Београд



28 РЕШЕЊА ЗАДАТАКА



УКРАТКО

Дуги репови комета

Познати истраживач комета Дејвид Леви (*David Levy*) волео је да каже: "Комете су као мачке. Обе имају реп, и обе раде само оно што желе". И стварно, опет се показало колико су комете, те међупланетарне луталице, непредвидиве. Пре четири године, тачније 01.5.1996, сателит за посматрање и истраживање Сунчевих активности прошао је, крећући се по својој стандардној орбити, кроз слој (сличан прамену) плазме који уопште није личио на нешто што би потицало од Сунца. Од чега потиче тај "прамен" плазме астрономи дуго нису могли да открију, све док почетком ове године тим предвођен Гериеном Џонсом (*Geraint H. Jones*) са Лондонског краљевског колеџа (*Imperial College*), није утврдио да прамен лежи на линији кретања комете Хјакутак (*Hyakutake*), која је била удаљена 550 милиона километара од Земље. То је значило да прамен представља кометин реп који је, супротно до тада важећим претпоставкама о дужини репова комета, био скоро четири пута дужи од растојања између Земље и Сунца, а седам пута дужи од онога што су до тада забележиле фотографије. У ствари, садашња истраживања указују на то да реп комета може бити и много дужи, чак се може протезати и до краја Сунчевог система, насупрот ранијим очекивањима да реп врло брзо исчезне. О овом најновијем открићу, које је открило нове начине истраживања комета, можете више прочитати у часопису *Nature* од 06.4.2000. године.

X конгрес физичара Југославије

У Врњачкој Бањи је, од 27-29. марта 2000. године, у конгресном центру хотела "Звезда", одржан X конгрес физичара Југославије под покровитељством Југословенског друштва физичара, а у организацији Друштва физичара Србије. Конгрес, коме је присуствовало преко 450 истраживача, универзитетских професора и наставника физике основних и средњих школа из свих крајева наше земље, Републике Српске и Бивше југословенске Републике Македоније (БЈРМ), радио је у пленуму, по секцијама и постер саопштењима. Била је то јединствена прилика да се на једном месту окупи највећи број физичара Југославије, размени своја искуства, упозна се са стањем и трендом истраживања како код нас, тако и у свету, те изложи своје радове са резултатима добијеним у последњих пет година (између два

конгреса). Комплетан радни материјал са Конгреса, са свим предавањима и постер саопштењима, одштампан је у *Зборнику радова* (Књига I и II), који се може набавити како у Друштву физичара Србије, тако и у књижари "Студентски трг" у Београду.

Турбуленција постаје еластична

Турбулентно (вртложно) струјање флуида (течности или гаса) настаје када делићи тог флуида почну да се крећу извесним брзинама око своје осе. Такво струјање обично се јавља као последица унутрашњег трења између слојева флуида, и спољашњег трења са оштрим ивицама чврстих тела разних облика на које наилази флуид током свог кретања. Протекло је више од стотину година од када је Озборн Рејнолдс (*Osborne Reynolds*) открио да је турбулентно струјање контролисано инерцијом или импулсом флуида. Сада су два израелска физичара пронашла такву форму турбуленције која се јавља у еластичним флуидима у одсуству инерцијалних сила. Александар Гројсман (*Alexander Groisman*) и Виктор Стајнберг (*Victor Steinberg*) са Вајсмановог научног института у Рехевоту (*Weizmann Institute of Science*), уочили су тзв. еластично турбулентно кретање у полимерном флуиду "заробљеном" и између два ротирајућа диска. Повећањем брзине ротације једног од дискова долази до нагле промене у брзини флуида, тј. брзина флуида се смањује, а турбуленција ипак постоји (*Nature*, 405, 2000, 53). То је неочекиван резултат, јер се смањењем брзине кретања флуида очекивало да турбуленција престане. То је поменуте истраживаче навело на закључак да узрок турбуленције флуида лежи, уствари, у еластичним особинама полимера (полимерних ланаца) од кога је тај флуид сачињен.

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

ТЕМА БРОЈА

О пореклу енергије у звездама или - зашто Сунце сија?

Стеван Јокић

ИНН "Винча", Београд

За старе Грке бог Сунца Хелиос се возио небом у ватреним кочијама из којих је излазила смртоносна светлост. За физичаре у деветнаестом веку Сунце је било лопта сачињена од материје која се стално хладила. Сматрали су да Сунце није старије од неколико десетина милиона година. Ова претпоставка је, међутим, била у контрадикцији са геолошким мерењима тога времена, јер су она показивала да је Земља знатно старија од неколико десетина милиона година, што би значило да је она старија од Сунца. Тек почетком овог века, коришћењем сазнања из нуклеарне физике, проблем настанка енергије у звездама, односно Сунцу, био је решен на задовољавајући начин.

Сунце је звезда коју чини значајна количина усијаног гаса чију компактност омогућава гравитациона сила која тежи да приближи честице гаса једну другој. Ако је то тако, поставља се логично питање: *Зашто се нека звезда, односно Сунце, услед дејства гравитационе силе не сведе на једну тачку?* Одговор на ово питање постаје једноставан ако се направи аналогија са лоптом напуњеном гасом. Смањењу димензија лопте супротставља се притисак гаса у њој. Нешто слично се дешава и код Сунца. Међутим, код Сунца се поред класичног притиска, као код примера лопте, треба додати и притисак који потиче од зрачења светлости, односно њених честица - *фотона* (познато је да се светлост може представити као електромагнетни талас са одговарајућом таласном дужином, али јој се, према квантној физици, могу приписати и честица својства при чему се честицама светлости сматрају фотони). Фотони настали зрачењем ударају о материјалне честице гаса, па отуда и ова врста притиска. Ако би ова два притиска ишчезла, Сунце би се у врло кратком времену претворило у тачку (аналогна ситуација је при испуштању гаса из лопте или неког балона).

Пошто Сунце опстаје као лопта одређених димензија, значи да је успостављен неки вид равнотеже. Равнотежа се успоставља, јер притисак расте како се иде према центру Сунца. Сваки слој Сунца, који је ближи центру, треба да издржи тежину целокупне материје осталих слојева који га обавијају. (Аналогна ситуација је да услед гравитационе

силе атмосферски притисак расте са приближавањем површини Земље.) Другим речима речено, густина и температура Сунца расту како се иде дубље у његову унутрашњост. Тако је у центру Сунца температура око 15 милиона степени, а густина око 150 g/cm^3 (поређења ради, густина олова као најтежег нерадиоактивног и лако доступног хемијског елемента је 11 g/cm^3). Што је нека звезда масивнија, утолико је већи њен унутрашњи притисак, а њен централни део знатно загрејанији. Овде треба нагласити да притисак зрачења расте брже са температуром него притисак гаса! Тако је за масивне звезде температура централног дела врло висока а притисак зрачења довољно висок да се звезда одржи.

Из претходног излагања се намећу питања попут следећих: одакле потиче светлост, односно енергија звезда и Сунца? Применом којих физичких закона је могуће добити задовољавајуће објашњење овог феномена? Одговоре на ова питања могу, уз мало труда, пратити ученици средњих, а додатним ангажовањем и основних школа.

Зашто светлост Сунца није последица хемијских реакција и гравитационе енергије?

У свакој енциклопедији, или на интернету, могу се наћи следеће основне карактеристике, односно бројни подаци о Сунцу: маса - $M_0 = 2 \times 10^{33} \text{ g}$, луминозност - $L_0 = 4 \times 10^{26} \text{ J/s}$ (под луминозношћу се подразумева укупна енергија зрачења коју емитује Сунце у јединици времена) и старост - $A_0 = 4,5 \times 10^9$ година (око четири милијарде петстотина милиона година). Познат је, такође, податак да живот на нашој планети Земљи постоји бар две милијарде година (2×10^9). Значи да су у том временском периоду услови били приближно константни, односно луминозност Сунца се није знатније мењала, јер би у супротном дошло до уништења живота на Земљи. Када се ове чињенице узму у обзир, могуће је једноставним множењем луминозности и старости Сунца добити енергију коју је оно емитовало у току свог живота, тј. $L_0 A_0 = 6 \times 10^{43} \text{ J}$. Дакле, сваки грам масе Сунца емитовао је енергију од $L_0 A_0 / M_0 = 3 \times 10^{10} \text{ J/g}$, око тридесет милијарди џула. За наше земаљске услове ова количина енергије је огромна. Може се поставити питање да она, можда, не потиче од хемијских реакција које се дешавају на, и у Сунцу? Зашто баш хемијске реакције? На Земљи знатан део енергије, као што је познато из свакидашњег живота, добија се сагоревањем разних материјала. Из хемије је познато да се у процесу сагоревања ослобађа топлота, а такве реакције се у хемији називају

егзотермним. Отуда и једна од првих претпоставки да би енергија у звездама, односно Сунцу, могла да потиче од хемијских реакција које се дешавају у њима. Међутим, максимална енергија која се може ослободити хемијским реакцијама овог типа износи свега $2 \times 10^5 \text{ J/g}$ Сунчеве материје, тј. сваки грам би могао да ослободи око двеста хиљада џула. Ако се сад овај податак искористи да се нађе старост Сунца из израза $L_0 A_0 / M_0 = 2 \times 10^5 \text{ J/g}$, добила би се вредност $A_0 = 10^{12} \text{ s}$, односно 30000 година. То значи да би енергијом која потиче из хемијских реакција садашња вредност луминозности Сунца могла да буде одржана свега 30000 година. Што је занемарљива вредност у односу на четири милијарде петстотина милиона година колика је његова старост. Закључак је врло једноставан: *хемијске реакције не могу бити извор енергије у звездама, односно Сунцу, јер би се оно већ одавно угасило!*

Друга претпоставка се односила на гравитациону енергију. Ту је, опет, аналогија са нашим земаљским условима. Јер, гравитациона сила, поред електромагнетске, делује на наша чула и мислимо да о њој доста знамо. Анализа везана за њу би могла да се оствари уз коришћење следећих претпоставки:

- Материја која сачињава Сунце компримована је од бесконачних димензија, када је почело његово формирање, до полупречника које оно тренутно има.
- Густина материје током ове контракције остаје константна.
- Промена гравитационе потенцијалне енергије, услед смањења димензија, извор је Сунчеве енергије и износи (пошто је за добијање вредности гравитационе потенцијалне енергије потребно користити интегрални рачун, његов израз је дат у крајњем облику који можете наћи у било ком универзитетском, а и неким гимназијским уџбеницима физике) $V = 3GM_0^2/5R_0 = 2 \times 10^{41} \text{ J}$ (где је: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kgs}^2$ гравитациона константа, M_0 и R_0 маса и полупречник Сунца).

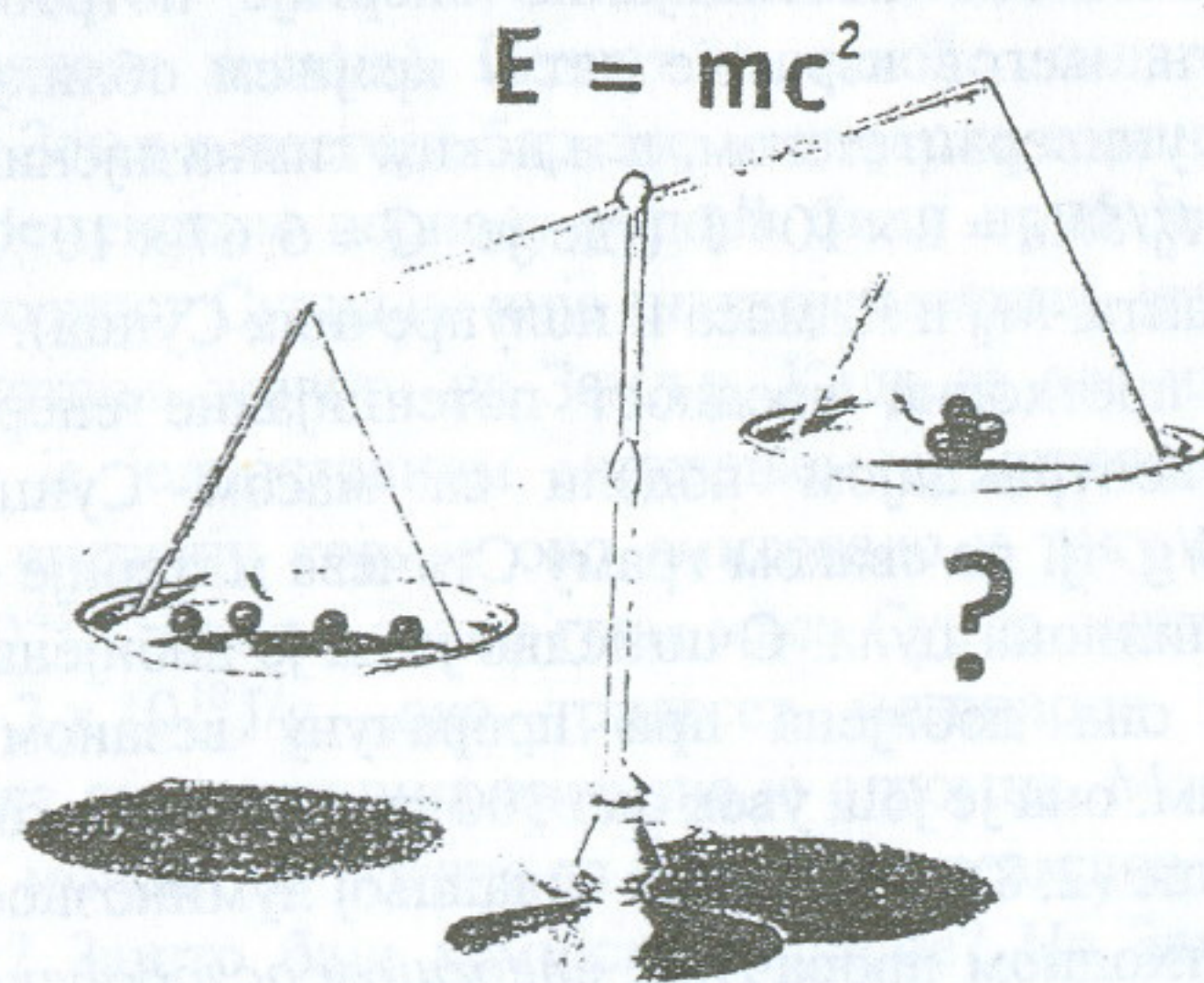
Ако се претходна вредност потенцијалне енергије добијене гравитационом контракцијом подели са масом Сунца, добија се вредност од 10^8 J/g , тј. по сваком граму Сунчеве материје ослободила се енергија од сто милиона џула. Очигледно је да је добијена енергија 500 пута већа него она добијена при прорачуну везаном за хемијске реакције. Међутим, она је још увек око 300 пута мања него енергија коју је емитовало Сунце ($2,8 \times 10^{10} \text{ J}$) при садашњој луминозности. Закључак је исти као у претходном прорачуну: *енергијом ослобођеном при гравитационом сажимању сунчеве материје до садашњих димензија Сунца није се могла добити енергија коју је Сунце до сада емитовало па би се и у овом случају оно одавно угасило!*

Једино је преостала могућност да се објашњење нађе применом закона који важе у нуклеарној физици.

Светлост, односно енергија звезда и Сунца може се објаснити применом закона нуклеарне физике!

За разлику од хемијских реакција, у нуклеарним реакцијама долази до интеракције између атомских језгара при чему се ослобађа неупоредиво већа количина енергије. Познато је да је већина звезда, па и Сунце, сачињена од 98% водоника и хелијума. Зато је вероватноћа да два језгра водоника спајањем, односно нуклеарном реакцијом *фузије*, дају изотоп водоника, деутеријум, уз ослобађање одређене значајне количине енергије. Деутеријум се, пак, даље, опет реакцијом фузије, сједињује у хелијум уз ново ослобађање енергије, итд. Ови процеси су познати у литератури као *нуклеосинтеза* и сматра се да је помоћу њих добијена већина хемијских елемената периодног система. За објашњење светлости, односно енергије у звездама, и Сунцу, довољно је анализирати процесе фузије који воде до стварања хелијума. (Познато је да је хелијум добио назив по грчкој речи *helios*, јер је методом спектроскопске анализе прво пронађен на Сунцу па тек касније у Земљиној атмосфери).

Одакле та енергија која се ослобађа при фузији два лакша језгра у једно теже? Да бисмо дали одговор на ово питање замислимо



Слика 1.

једне теразије на чији је један тас стављено језгро атома хелијума, а на други одвојено четири језгра атома водоника, како је то приказано на Сл. 1. Као што се види, теразије не би биле у равнотежи. Претегао би тас са четири језгра атома водоника, што указује да је у процесу њиховог сједињавања у хелијум дошло до губитка масе. У нуклеарној физици се овај феномен губитка масе назива *дефект масе*! Ово значи да би био нарушен један од основних закона физике - *закон одржања масе*. Проблем је решен применом Ајнштајнове релације о еквивалентности између енергије и масе, $E=mc^2$, у којој је $c=300000\text{km/s}$ брзина светлости у вакууму, а m је одговарајућа маса. Када би се, на пример, један грам материје могао потпуно претворити у енергију, онда би се, према претходној Ајнштајновој релацији добила вредност од $E=2 \times 10^{13} \text{ J/g}$. Та енергија је око 1000 пута већа него енергија коју зрачи Сунце при садашњој луминозности. Дакле, *нуклеарна реакција фузије би могла бити извор енергије звезда, односно Сунца*! Илуструјмо овај закључак конкретним прорачунима формирања језгра хелијума из четири језгра атома водоника. При сваком процесу фузије четири језгра атома водоника у једно језгро атома хелијума, ${}^4\text{He}$, ослободи се енергија од $Q=26 \text{ MeV}$ (познато је да је $1\text{MeV}=1,06 \times 10^{-13} \text{ J}$). Знајући однос цула и мегаелектронволта може се израчунати, по аналогiji са прорачунима за енергију коју емитује Сунце, *ефикасност* стварања енергије у фузионим процесима. Она се добија тако што се подели ослобођена енергија, $Q=26 \text{ MeV}$, са енергијом која би се добила када би се маса четири језгра атома водоника потпуно претворила у енергију. Према Ајнштајновој релацији, у којој треба заменити масу језгра атома водоника, која износи $m_p = 1,67 \times 10^{-24} \text{ g}$, и вредност за брзину светлости у вакууму добила би се вредност ослобођене енергије $E = 4m_p c^2 = 4 \times 1,67 \times 10^{-24} \text{ g} \times 9 \times 10^{20} (\text{cm/s})^2 = 6 \times 10^{-10} \text{ J}$. Бројна вредност ефикасности ослобађања енергије у процесу фузије у звездама и Сунцу би, дакле, износила $\epsilon = Q/4m_p c^2 = 7 \times 10^{-3}$. Добијена бројна вредност се интерпретира на следећи начин: при процесу фузије у Сунцу само део водоника "сагорева" у хелијум, при чему се ослобађа енергија која до нас долази у виду Сунчевих зрака. Вредност до сада "сагорелог" водоника у односу на укупну количину водоника у Сунцу се добија тако што се нађе ефикасност сагоревања, односно фузије, једног грама водоника у хелијум ($\epsilon \times mc^2 = 7 \times 10^3 \times 9 \times 10^{13} \text{ J/g} = 6,3 \times 10^{11} \text{ J/g}$). Упоредивањем добијене вредности са енергијом коју је до сада емитовало Сунце ($3 \times 10^{10} \text{ J/g}$) добија се фактор од 0.047. Односно, свега око 5% водоника на Сунцу је, до сада, сагорело у хелијум да би се добила енергија коју је Сунце до сада израчило. Закључак је: *енергија*

коју зраче звезде, односно Сунце, током највећег дела свога живота може се, за сада, једино објаснити нуклеарним реакцијама фузије!

На овај начин, поред одговора на постављено питање, долазимо до још неких у астрофизици добро познатих чињеница:

- Сунце ће емитовати светлост, и тиме омогућити услове за живот на нашој планети Земљи док буде горивних хемијских елемената, попут водоника и хелијума у њему. На крају свог развојног пута оно ће се постепено гасити и постати бели патуљак.
- Као нуспродукти у таквим фузионим процесима стварају се хемијски елементи између угљеника и гвожђа. То је процес познат као нуклеосинтеза који може бити тема неког наредног броја "Младог физичара".

Напомена: При писању овог чланка аутор је, поред остале литературе, посебно користио следећа два чланка:

1. R. Lehoucq, *Pourquoi le Soleil Brille-t-il?*, Pour la Science 261 (1999) 100
2. E.B. Norman, *Stellar Alchemy: The Origin of the Chemical Elements*, Journal of Chemical Education 71 (1994) 813.

ИСПРАВКЕ ИЗ ПРЕТХОДНИХ БРОЈЕВА

МФ 76 "О" и "С"

СТРАНА 20, Табела 1.

Стоји:симболи елемената са $Z \geq 100$ су привремени.

Треба:симболи елемената са $Z \geq 110$ су привремени.

СТРАНА 20, ред 11, од врха.

Стоји: ...унунхексијума ($Z=106$) и унунквадијума ($Z=104$).

Треба: ...унунхексијума ($Z=116$) и унунквадијума ($Z=114$).

УРАДИ САМ

Њутн у свемиру

Дејан Урошевић

Катедра за астрономију

Математички факултет, Београд

Поштовани читаоци! Текст који се налази пред вама представља још један покушај да вас на један занимљив и приступачан начин упутимо у "тајне" примене основних Њутнових закона. Читајући га, имаћете прилике не само да се упознате са дефиницијом тих закона, већ ћете наићи и на конкретне експерименте који те законе чине применљивим и очигледним. И ви их можете врло лако извести како у школи, тако и код куће, без већег напора и издатака. Основу за овај текст чини брошура "Њутн у свемиру" (*Newton in Space*) групе аутора, која је изашла поводом изласка истоимене видеокасете Америчке националне агенције за истраживање свемира (NASA), а може се наћи и на интернет адреси <http://education.nasa.gov>.

Колега Дејан Урошевић је део те брошуре прорадио и прилагодио вама, са надом да ћете у овом тексту пронаћи доста инспирација да нешто урадите сами. Пишите нам да ли су експерименти успели.

За разумевање на који су начин свемирска путовања уопште могућа, неопходно је познавање појма масе и Њутнових закона кретања.

Масу је Њутн дефинисао као количину материје садржану у неком објекту. Данас знамо да та дефиниција није у потпуности тачна, и зато кажемо да је маса мера за инерцију тела, а инерција је својство (карактеристика) тела да се противи (опире) промени стања кретања. Да би тело натерали да промени стање кретања морамо на њега деловати неком силом, а што је тело масивније, оно се више противи промени стања кретања, тј. неопходна је већа сила да би га уопште померили. Овај принцип се може приказати гурањем празног аутомобила на равном путу, а после тога гурањем истог аутомобила који је пун терета. Празан аутомобил је лакше покренути, због тога што има мању масу.

Маса тела се не мења у зависности од места где се то тело налази. Наравно, увек имајте на уму да ово важи само онда када

посматрамо кретања тела са брзинама много мањим од брзине светлости. Маса објекта на површини Земље је иста као и у бестежинским условима у свемиру. Тежина тела, са друге стране, није увек иста јер је, по дефиницији, *тежина сила којом тело делује на подлогу или на тачку вешања услед привлачног дејства Земље*. Астронаут који хода по Месечевој површини има шест пута мању тежину него на површини Земље, зато што је гравитациона сила на површини Земље шест пута већа, док му је маса и у првом и у другом случају иста.

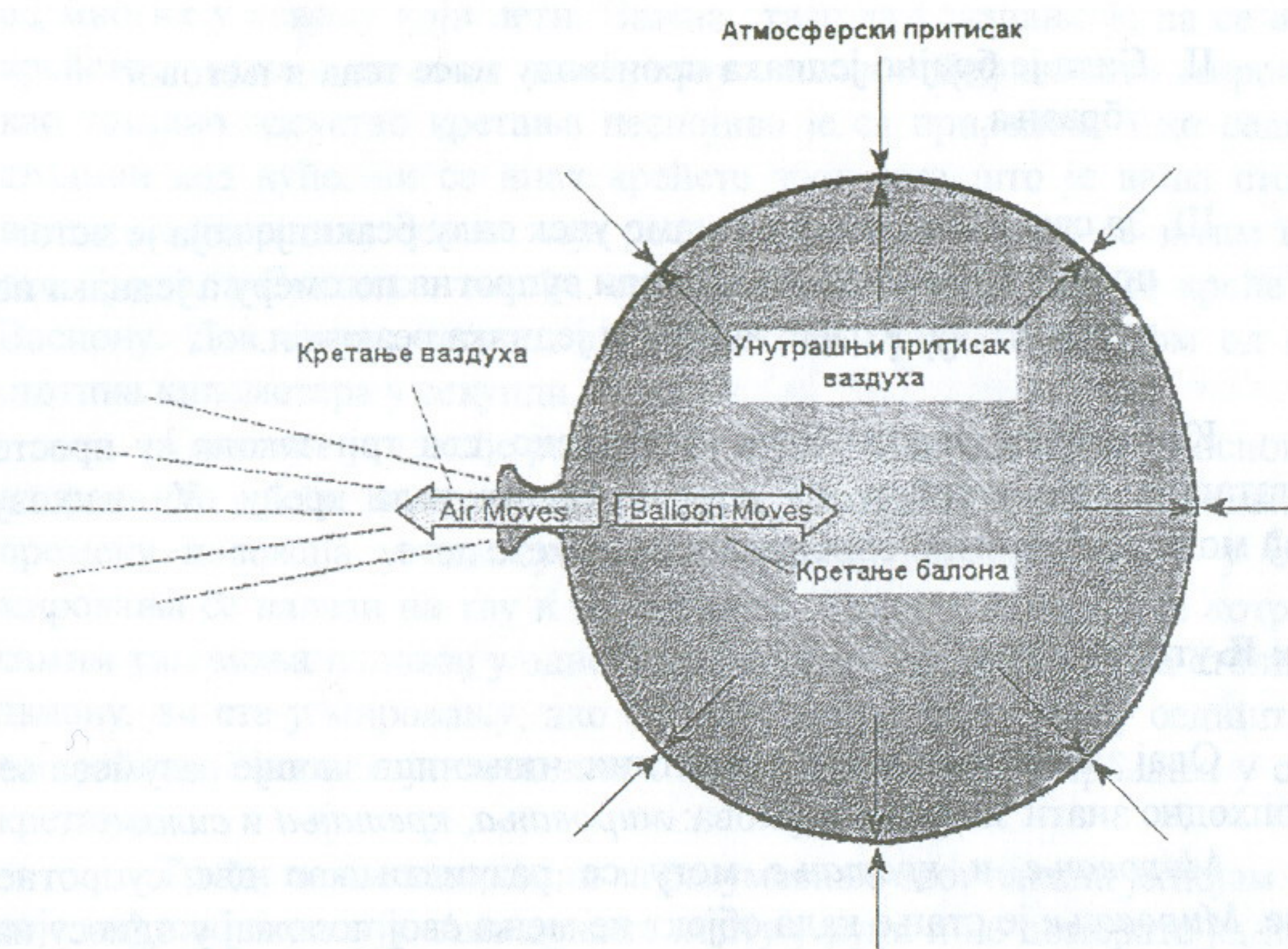
Једна од заблуда коју многи људи имају у вези ракета је та да је за њено покретање неопходна атмосфера. Пре много година, Роберт Годард (*Robert Goddard*), проналазач ракетног мотора на течни погон, оштро је критикован у штампи зато што су аутори чланака (у којима је био критикован) били у заблуди да је за покретање ракета неопходна атмосфера.

"Тај професор Годард, заједно са својом "Катедром" на Кларк колеџу (*Clark College*) и истомишљеницима са Смитсонијан (*Smithsonian*) института, не схвата однос сила акције и реакције, и свима њима треба нешто боље, као што је вакуум, у односу на који ће ракета бити потиснута - једном речју то је апсурдно. Наравно, он показује недостатак знања које се усваја у средњој школи ..." - [Уредништво часописа "Њујорк тајм"-са (*New York Times*), 1921.]

Аутор претходног текста у суштини није разумео појам масе и Њутнове законе. Ракета има чиме да се потисне - има материју која је избачена из мотора.

Ракета је, у најпростијој форми, комора испуњена гасом под притиском. Мали отвор на једном крају коморе допушта да гас побегне ван, и овај процес омогућује да се ракета креће у супротном смеру. Дobar пример за овакав процес је балон. Гас унутар балона је под притиском и задржан је гуменим зидовима балона. Ваздух притиска изнутра и споља зидове балона тако да су силе на зидовима једнаке. Када се "чеп" извади из балона, ваздух "бежи" из њега и силе постају неравнотежне. Потисак избаченог гаса претвара балон у ракетну летилицу. Лет балона је јако нестабилан зато што он (балон) нема облик који омогућује стабилан лет, рецимо нема крила ...

Када размишљамо о ракети, ретко мислимо о балону. Уместо балона одмах замишљамо огромно возило које избацује сателите у орбиту и омогућује свемирске походе на Месец и друге планете. Ипак, основни принципи који важе за силе, масе и убрзања су исти. Важна разлика је у томе на који начин се гас под притиском ствара. Код ракета



које се користе за свемирска путовања, гас се ствара сагоревањем горива које је течено или чврсто, или је њихова комбинација.

Једна од занимљивих чињеница за историјски развој ракета је да су ракете и уређаји на ракетни погон коришћени већ више од две хиљаде година, мада тек у последњих триста година ракетни експерименти имају научну основу. Наука о ракетном погону у суштини почиње са објављивањем књиге највећег енглеског научника сер Исака Њутна (*Isaac Newton*) 1687. године. Његова књига *Математички принципи природне философије* описује физичке принципе по којима природа функционише. Данас се често за Њутнову књигу користи скраћени назив *Принципи*. У *Принципима* Њутн је дефинисао три основна закона кретања. Знајући ове законе, који се данас називају Њутнови закони кретања, градитељи ракета су били у стању да конструишу савремене циновске ракете као што су Сатурн V (*Saturn V*) и многе друге, од којих неке лансирају и Спејс Шатл (*Space Shuttle*) у орбиту. Овде ћемо, у простој форми, изложити Њутнове законе кретања.

- I. Свако тело тежи да остане у стању мировања или једноликог праволинијског кретања све док на то тело не делујемо неком силом која ће то стање кретања да промени.

II. Сила је бројно једнака производу масе тела и његовог убрзања.

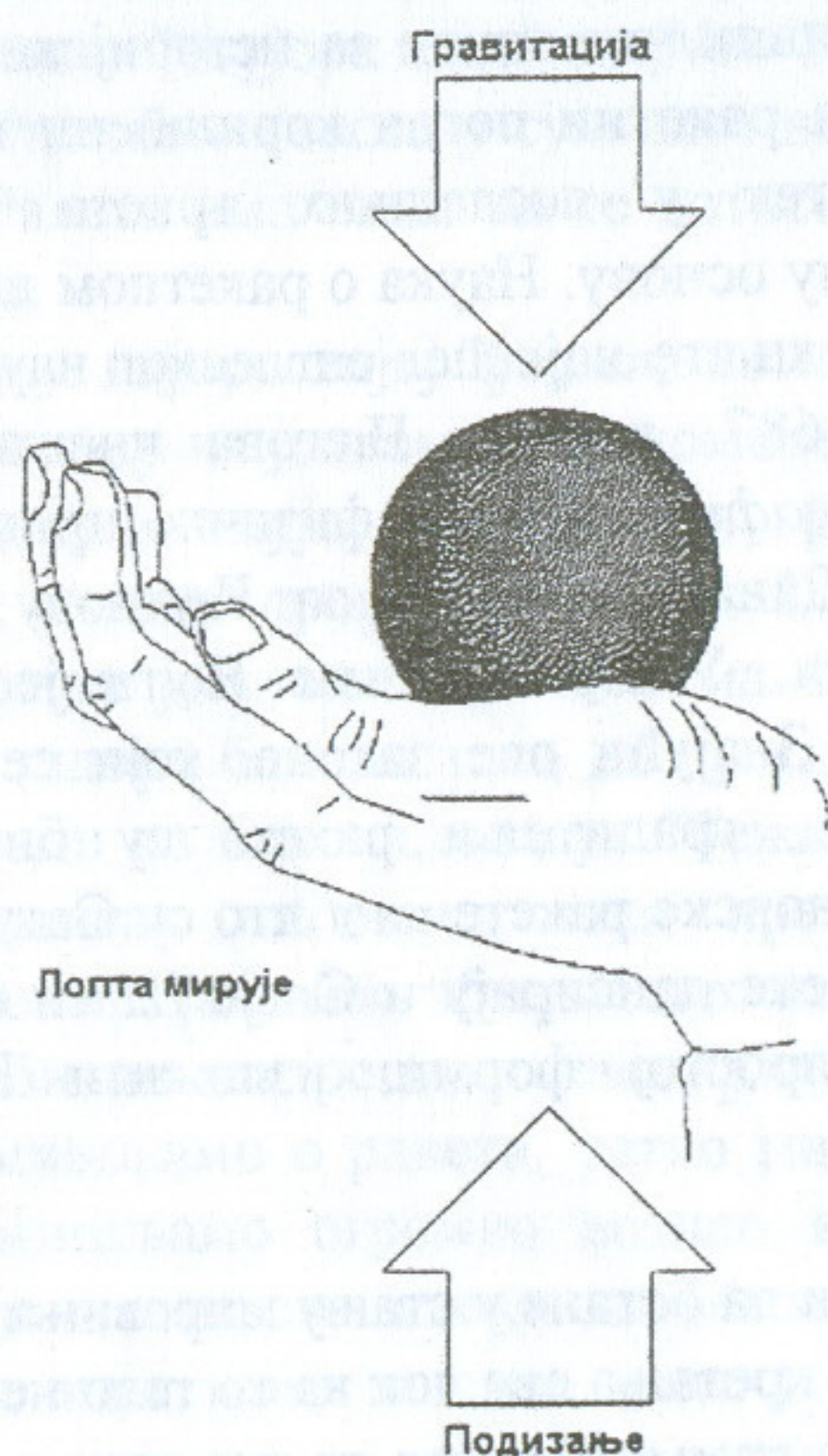
III. За сваку силу акције имамо увек силу реакције која је истог правца као и сила акције, али супротна по смеру а једнака по интензитету. Краће, акција је једнака реакцији.

Као што ће ускоро бити објашњено, сва три закона су просте констатације које утврђују на који се начин тела крећу. Уз њихову помоћ можемо прецизно одредити како ракете лете.

Први Њутнов закон

Овај закон кретања је, у суштини, чињеница за чије разумевање је неопходно знати значење појмова: *мировања, кретања и сила*.

Мировање и *кретање* могу се разумети као две супротне појаве. *Мировање* је стање када објект не мења свој положај у односу на своју околину. Када седите мирно у својој столици, можете рећи да мирујете. Ова појава је ипак релативна. Ваша столица може бити једна



од многих у авиону који лети. Важна ствар за уочавање је да се ви не крећете у односу на своју непосредну околину. Дефинисати мировање, као тотално одсуство кретања неспојиво је са природом. Ако седите у столици код куће, ви се ипак крећете због тога што је ваша столица везана за површину Земље која ротира око своје осе, па се затим креће око Сунца, а Сунце се, такође, креће кроз Галаксију која се креће кроз Васиону. Док мирно седите, ви у суштини путујете брзином од више стотина километара у секунди.

Кретање је такође релативна појава. Сва материја у Васиони се непрекидно креће по првом Њутновом закону и кретање представља промену положаја у односу на непосредну околину. Лопта у стању мировања се налази на тлу и не креће се. Лопта у кретању се котрља и самим тим мења положај у односу на околину. Када седите на столицу у авиону, ви сте у мировању; ако се мало прошетате између седишта, ви се крећете. Ракета која се лансира мења своје стање мировања у стање кретања.

Трећи појам неопходан за разумевање овог закона је појам *сила* које међусобно делују. Ако држите лопту у руци и не померате је, лопта мирује. Све време лопта остаје у миру, јер на њу делујете силом. Сила гравитације тежи да лопту повуче на доле док ви вашом руком делујете на лопту и не дате јој да падне. Силе које делују на лопту су уравнотежене. Пустите ли лопту да пада, или је баците увис, силе постају неуравнотежене - лопта мења своје стање мировања и почиње да се креће.

Ако посматрамо ракету, силе које делују на њу су повремено у равнотежи, а повремено ван ње. Ракета на лансирној рампи је у равнотежи. Површина рампе гура ракету навише, док је гравитација све време вуче наниже. Када се мотори стартују, потисак разбија равнотежу сила и гура ракету навише. Касније, када ракети нестане горива, она прво успорава, заустави се у највишој тачки лета и затим почиње да пада ка Земљи.

Објекти у свемиру, такође, реагују на силе. Свемирска летилица се креће кроз Сунчев систем константном брзином. Летилица ће се кретати праволинијски ако су силе које делују на њу у равнотежи. Ово се догађа увек када је летилица веома далеко од неког већег извора гравитације као што је Земља, нека друга планета или неки од планетских сателита. Ако летилица приђе неком великом телу у свемиру, гравитација тела ће довести летилицу у неравнотежно стање, што се сила тиче, и њена путања ће се променити. Ово се дешава, у ствари, када се уз помоћ ракете пошаље летилица на путању паралелну

површини Земље. Ако ракета довољно избаци летилицу, она ће се окретати око Земље. Све док неке силе (атмосферско трење или покретање ракетних мотора у неком другом смеру) не поремете кретање летилице, она ће се кретати око Земље на исти начин. Пошто смо објаснили три главна термина везана за први Њутнов закон, можемо га поново навести. Ако објекат, као што је ракета, мирује, на њега мора деловати нека сила да би га покренула. Ако се објекат већ креће, силом га можемо зауставити или променити његов правац кретања, или брзину.

Трећи Њутнов закон

За сада ћемо прескочити други Њутнов закон и прећи прво на трећи. Овај закон тврди да свака акција има једнаку и супротно оријентисану реакцију. Ако сте икад закорачили у мањи чамац који није чврсто везан за док, онда знате о чему нам у ствари овај закон говори.

Ракета напушта лансирну рампу само када мотор избацује гасове. Ракета гура гас и обрнуто, гас гура ракету. Цео процес је сличан вожњи скејтбордом. Замислите да су скејтборд и његов возач у стању мировања (не крећу се). Возач се одгурне од скејтборда. По трећем закону овај поступак се зове *акција*. Скејтборд одговара на акцију кретањем у супротном смеру. Кретање скејтборда се назива *реакција*. Када су растојања која су прешли и возач и скејтборд неупоредива, може се помислити да је скејтборд имао много већу реакцију него што

је акција возача. Ово просто није добар закључак. Разлог због ког је скејтборд даље доспео је зато што има много мању масу од возача.

Код ракете, акција је избацивање гаса из мотора, а реакција је кретање ракете у супротном смеру. Да би ракета напустила лансирну рампу, акција из мотора, сила потиска, мора бити већа од тежине ракете. У бестежинским условима у Земљиној орбити, пак, незнатни потрес може довести до тога да ракета промени правац кретања.

Једно од основних питања, које готово сви постављају у вези са ракетама, је, како ракете могу да функционишу у свемиру када тамо нема ваздуха у односу на који ће се ракета гурати. Одговор на ово питање долази из трећег Њутновог закона. Замислите поново скејтборд. На глаткој подлози само ваздух игра улогу у успоравању возача и скејтборда. При кретању кроз ваздух, такође, имамо трење, научници га називају отпором ваздуха. Околни ваздух смета процесу акције и реакције.

У ствари, ракете боље функционишу у свемиру, јер тамо нема ваздуха. Како избачени гас напусти мотор, он мора погурати околни ваздух; тако се троши део енергије ракете. У свемиру избачени гас "бежи" слободно.

Други Њутнов закон

Овај закон кретања је математичка једначина која објашњава трећи Њутнов закон. Три саставна чиниоца једначине су маса (m), убрзање (a), и сила (F). Употребљавајући слова која симболизују сваки део, једначина се може написати на следећи начин:

$$F = m a$$

Једначина се чита: сила је једнака производу масе и убрзања. Сила је и "акција" и "реакција" у трећем Њутновом закону кретања. Употребимо пушку као пример другог закона. Када пушка "опали", експлозија потисне метак кроз цев, док особа која пуца осети удар на раме на које је пушка наслоњена. То је пример акције и реакције. Сила која делује на метак и на пушку - која делује на особу која пуца, иста је. Шта се догађа са метком и пушком одређено је другим Њутновим законом кретања. Погледајте следеће две једначине.

$$F = m (\text{метка}) a (\text{метка})$$



$$F = m \text{ (пушке)} a \text{ (пушке)}$$

Прва једначина се односи на метак, а друга на пушку. У првој једначини, маса је маса метка, а убрзање се односи на убрзано кретање метка. У другој једначини, маса је маса пушке, а убрзање је убрзање које добија пушка и ствара удар у раме особе која пуца. Како је сила иста у оба случаја, једначине могу бити написане:

$$m \text{ (метка)} a \text{ (метка)} = m \text{ (пушке)} a \text{ (пушке)}$$

Како две стране једнакости морају бити једнаке, промена убрзања је условљена масом објекта. Метак је мале масе; због тога је његово убрзање велико. Пушка је веће масе; њено убрзање је мање.

Применимо овај принцип на ракете. Заменимо масу метка масом гаса избаченог из ракетног мотора. Заменимо масу пушке масом ракете која се креће у супротном смеру у односу на избачени гас. Сила је потисак створен контролисаним експлодирањем горива унутар ракетног мотора и избацивањем гаса у једном смеру, а самим тим ракете у другом.

Нешто интересантно се догађа са ракетом, што се иначе не догађа са пушком из нашег примера. Маса ракете је збир њених делова. Ти делови су: ракетни мотор, резервоари за гориво, капсула, контролни системи и гориво. Занимљиво је да се количина горива мења док мотор ради. То значи да маса ракете није константна. Постаје све мања и мања. Да би лева страна наше једначине остала изједначена са десном, убрзање ће морати да расте. То је објашњење зашто ракета почиње своје кретање малом брзином, а како се удаљава, њено кретање је све брже и брже.

Сва три Њутнова закона кретања заједно

Нека сила мора нагнати ракету да напусти лансирну рампу, или летилицу у свемиру да промени своју брзину или правац кретања (*први закон*). Кретање (убрзање) ракете одређено је релацијом између силе створене ракетним мотором и масама саме ракете, као и гасом који је избачен из мотора (*други закон*). Реакција, кретање ракете, једнака је, у супротном је смеру у односу на акцију, створену гасовима избаченим из мотора (*трећи закон*).

АКТИВНОСТИ У УЧИОНИЦИ

Следећи, руком направљени експерименти, приказате вам неке ефекте који смо поменули у претходном тексту.

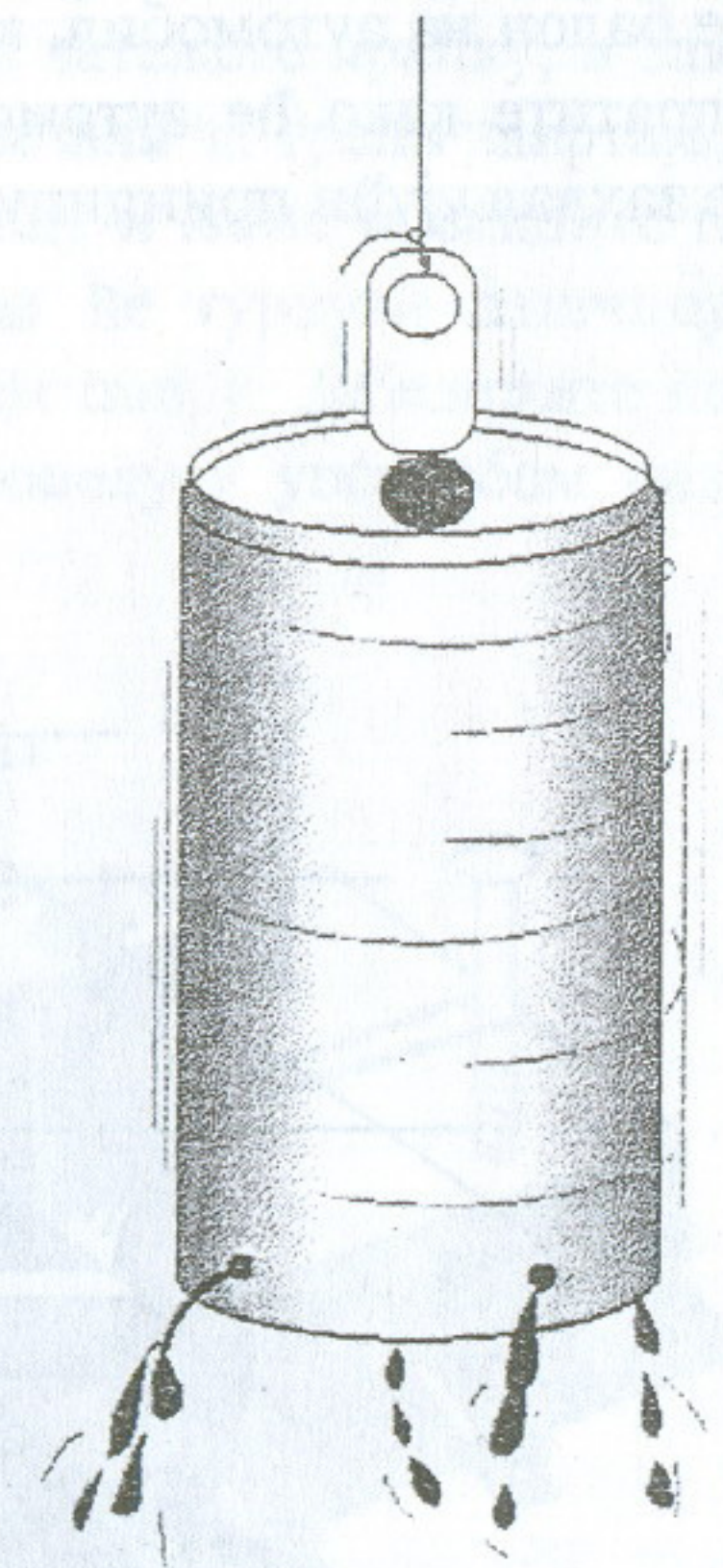
Мотор од конзерве киселе воде

Материјал:

Празна конзерва, рецимо киселе воде, са још увек закаченом полутом за отварање, ексерчић или шило, риболовачки најлон или конач, кофа са водом.

Инструкције:

Показаћемо сада трећи Њутнов закон тако што ћемо направити верзију Херонове машине (парни уређај који се окреће када пара из њега избија у једном млазу) користећи слободни пад воде. Поставите конзерву на страну и пробушите ексерчићем или шилом врло пажљиво рупе, тако да буду на истом растојању једна од друге непосредно изнад дна конзерве и дуж целог њеног обима. Онда, пре него што извадите алат за бушење из неке од рупа, гурните га, рецимо, на десно (паралелно дну конзерве) тако да рупа постане закошена. Закачите краћи конач или риболовачки најлон за конзерву и убаците је у воду. Држите је у њој док се потпуно не напуни. Извуците конзерву из воде користећи конач или најлон. Вода која тече из конзерве нагнаће конзерву да се окреће због принципа акције и реакције



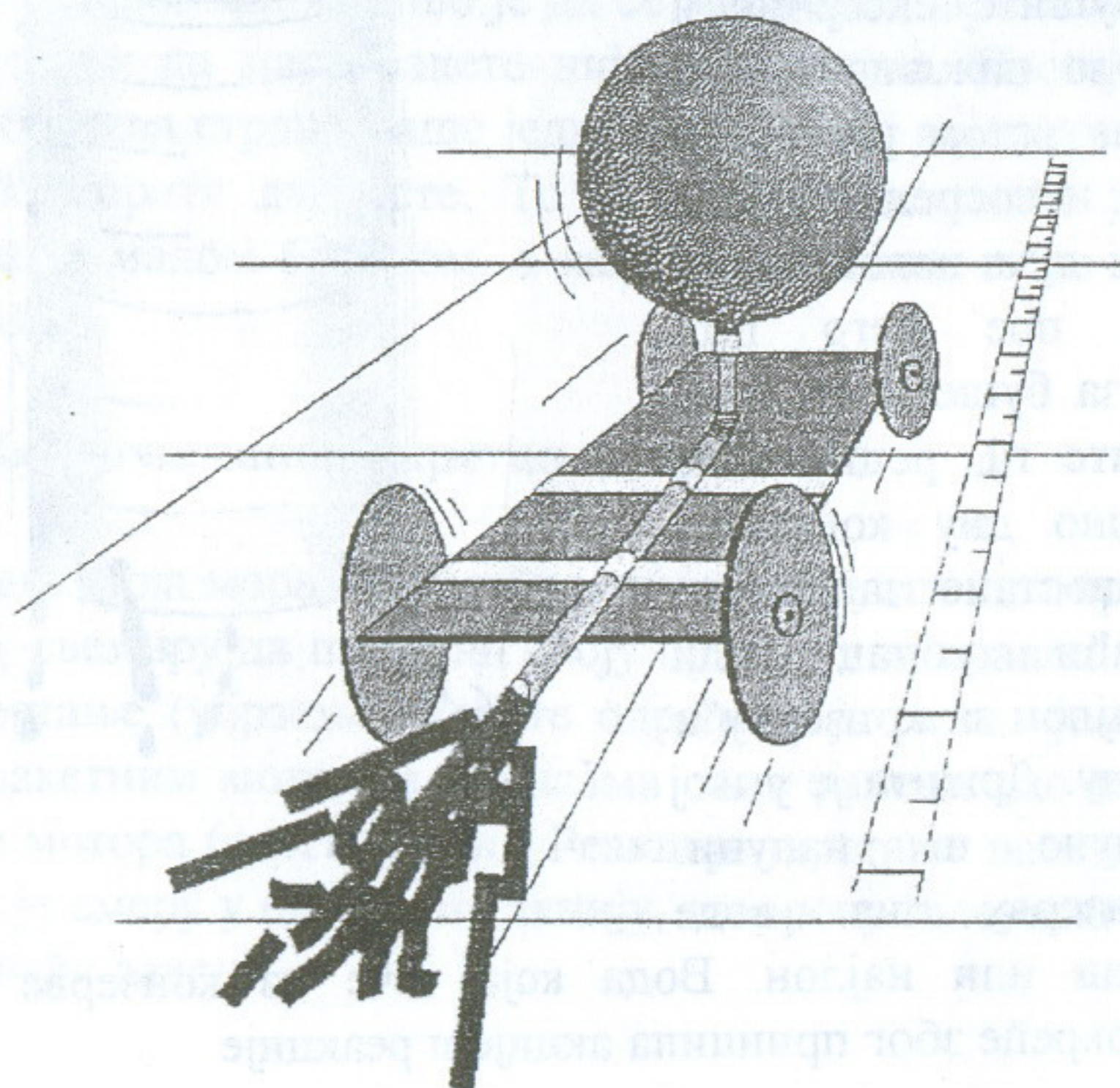
Ракетни аутомобил

Материјал:

4 чиоде, стиропор, лепљива трака, савитљива сламка, маказе, шестар, оловка за обележавање, мали балон, лењир.

Инструкције:

Конструисаћемо једноставно возило које се покреће уз помоћ балона да бисмо приказали трећи Њутнов закон. Изрежите правоугаоник величине 7.5×18 cm и четири точића пречника 7.5 cm од што је могуће равнијег стиропора. Угурајте по једну чиоду у центар сваког точка од стиропора и онда сва четири заборите у ивицу правоугаоника од стиропора. Чиоде ће постати осовине за точкове. Угурајте сламку у балон и залепите дуваљку балона лепљивом траком за сламку. Поставите балон на аутомобил, као што је показано на слици. Надувајте балон и пратите како ће аутомобил почети своје кретање дуж глатке површине захваљујући принципу акције и реакције.



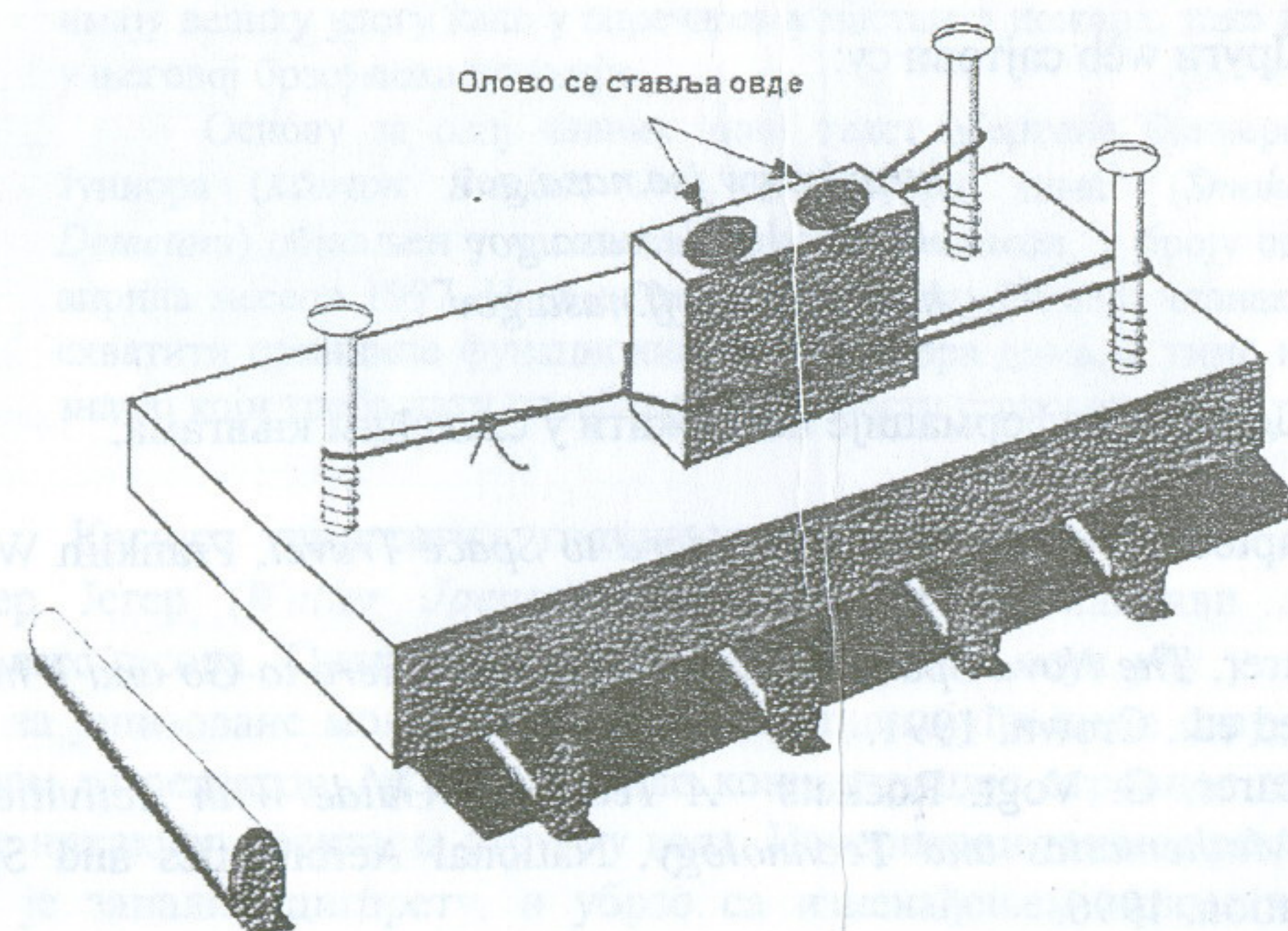
Њутнов аутомобил

Материјал:

Дрвена даска величине $10 \times 20 \times 2.5$ cm, дашчица величине $7.5 \times 5 \times 2.5$ cm, 3 завртња за дрво (округле главе) број 10 од 3 инча (7.5 cm), 12 облих оловака или кратких и танких дрвених облица, 3 гумене траке, памучни конац (пар метара), шибице, 6 комада риболовачког олова (око 14 g свако), бушилица, стега, одвијач.

Инструкције:

Приказаћемо Њутнове законе кретања покретањем даске са "праћкасте" лансирне рампе. Употребите кратке дрвене облице као ролере. Поставите аутомобил као што је на слици приказано и привезите концем гумице које се напињу уз помоћ два завртња (као на слици). Повуците гумицу назад као када затежете праћку, и закачите је петљом од конца који сте претходно завезали за трећи завртњак, тако да гумица остане затегнута. Запалите шибицу и њоме прекините петљу од конца. Када се конац прекине, гумица ће гурнути дашчицу, а цео аутомобил ће се откотрљати у супротном смеру. Забележите колико ће аутомобил далеко отићи. Поновите процедуру употребом различитог



броја гумица. Проверите какве ћете резултате добити ако убаците олово у рупе које се налазе у дашчици. У овом експерименту, убрзање и дашчице и аутомобила ће се мењати променом масе дашчице и променом броја гумица које сте употребили.

Литература

Интернет сајт *NASA*-е намењен образовању обезбеђује текуће информације и инструкције наставницима и ученицима. Доступна је велика количина информација у вези са природним наукама, математиком, техником, наставним плановима, историјским информацијама које се односе на аеронаутику и истраживање свемира, информације о текућим *NASA* пројектима, најновије вести о *NASA* образовним програмима и кориснички софтвер. Наставници и ученици могу да користе *NASA* изворе: као наставно средство, за коришћење интернета, за приступ информацијама о стипендијама, за сарадњу са другим школама, за учествовање у заједничким пројектима путем Интернета, за контактирање са *NASA* научницима, инжењерима и другим члановима разних тимова, и на крају да бисте осетили узбуђење првих *NASA* пројеката.

Приступ овим изворима путем *NASA* сајта за образовање:

<http://education.nasa.gov>.

Други web сајтови су:

<http://www.jsc.nasa.gov>

<http://shuttle.nasa.gov>

<http://www.wff.nasa.gov>

Додатне информације потражити у следећим књигама:

1. C. Lampton, *Rocketry, From Goddard to Space Travel*, Franklin Watts, 1988.
2. R. Maurer, *The Nova Space Explorer's Guide: Where to Go and What to see*, revised ed., Crown, 1991.
3. D. Shearer, G. Vogt, *Rockets - A Teacher's Guide With Activities in Science, Mathematics and Technology*, National Aeronautics and Space Administration, 1996.

ДА ЛИ ЗНАТЕ...

Како раде детектори дима?

Драган Маркушев

Институт за физику



Време у коме живимо носи са собом не само благодети којима нас обасипују нове технологије и модеран начин живота, већ и доста опасности којима смо свакодневно, у мањој или већој мери, изложени. Необазривост и неправилно руковање савременим машинама и кућним апаратима један је од основних узрока незгода које се могу десити у кући или стану. Некако по навици, ту се осећамо најсигурније, спокојно, те се у складу са тим и понашамо. То, међутим, може довести до непажње да не водимо довољно рачуна о безбедности те несвесно можемо довести у неприлику како себе, тако и друге који живе око нас. У овом тексту ћемо усмерити пажњу на један од основних безбедносних уређаја који је постао саставни део простора у којима се живи и ради у Америци и највећем делу земаља западне Европе, детектор дима. Један од основних разлога зашто смо се одлучили да пишемо баш о њему јесте и чињеница да је у нашој земљи култура становања на врло ниском нивоу, те се детектори дима ретко користе, поготово у стамбеним објектима, што за последицу има велике штете које скоро свакодневно изазивају пожари изазвани људском грешком. Искуство је показало да детектори дима имају велику улогу како у спречавању настанка пожара, тако и у његовој брзој локализацији.

Основу за овај чланак чини текст Мертон Банкера Јуниора (*Merton Bunker, Jr.*) "Детектори дима" (*Smoke Detectors*) објављен у часопису *Scientific American*, у броју од априла месеца 1997. Надамо се да ћете, читајући овај чланак, схватити принципе функционисања детектора дима, а тиме и значај који треба дати повећању безбедности становања.

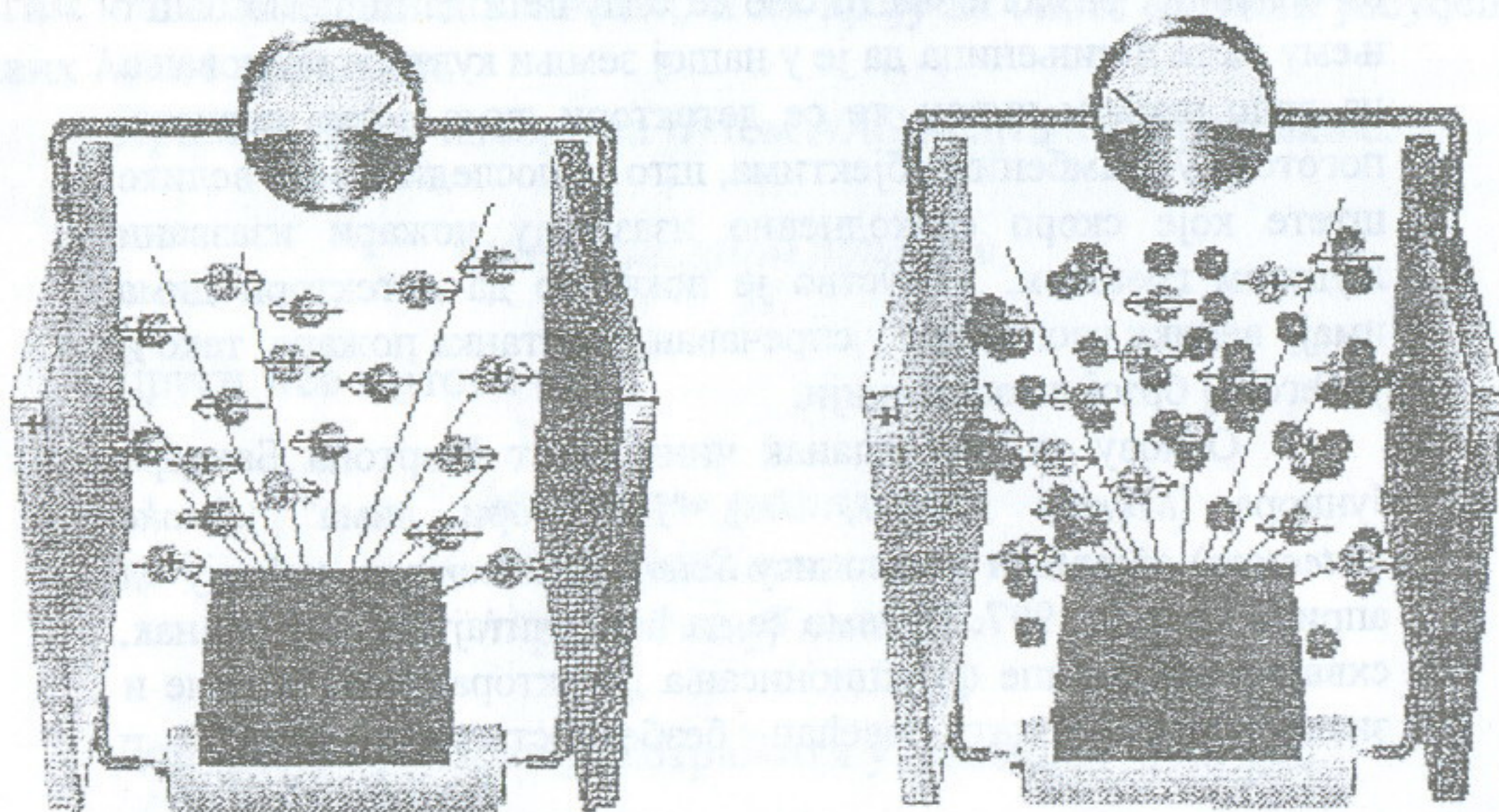
Касних тридесетих година овога века швајцарски физичар Валтер Јегер (*Walter Jaeger*) покушавао је да направи детектор отровних гасова. Очекивао је да се честице гаса који уђу у детектор вежу за јонизоване молекуле ваздуха заустављајући тиме струју у колу везаном за детектор. Међутим, мале концентрације отровног гаса нису имале никаквог ефекта на струју у колу. Изнервиран таквим резултатом, Јегер је запалио цигарету, и убрзо са изненађењем приметио да су инструменти за мерење струје у колу показали њен пад. Било је

очигледно да су честице дима урадиле оно што честице отровног гаса нису биле у стању.

Јегеров експеримент је представљао велики напредак који је утро пут модерним детекторима дима. Имајмо у виду чињеницу да је после тога требало тридесет година развоја електронике, нуклеарне физике и хемије да би се добио јевтин детектор. Први комерцијални детектори дима појавили су се у Америци 1969. године, где их је данас постављено у више од 93% стамбених објеката.

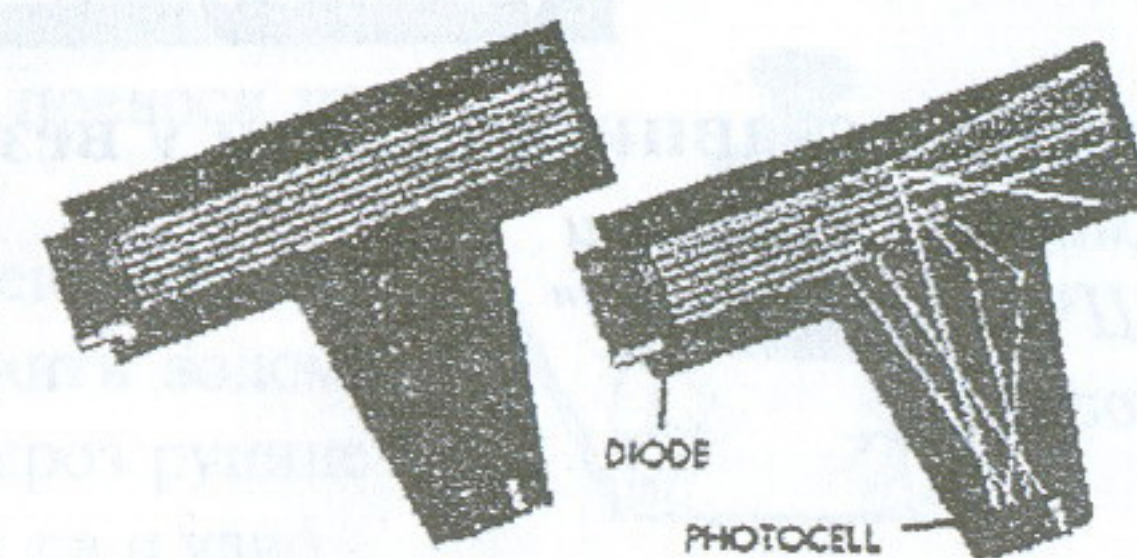
Детекторе делимо у две главне групе. У прву спадају јонизациони детектори, који раде на принципу активирања аларма када дође до пада струје у колу проузрокованог захватањем честица дима од стране јонизованих молекула гаса у самом детектору. У другу групу спадају фотоелектрични детектори, чији се принцип рада састоји у активирању аларма у оном тренутку када фотоћелија детектује светлосне зраке расејане на честицама дима. Аларм се у овом случају искључује када фотоћелија престане да детектује расејану светлост.

Основна намена ових детектора је откривање и превенција пожара. Јонизациони детектори су ефикаснији у случају када је пожар у



ЈОНИЗАЦИОНИ ДЕТЕКТОР ради тако да јонизује молекуле ваздуха (+ и - лоптице) алфа зрачењем из радиоактивног материјала (праве линије). Захваљујући јонизацији молекула ваздуха, кроз коло везано за електроде у детектору тече струја (слика лево). Честице дима се (слика десно) везују за јоне ваздуха смањујући проток струје кроз коло до нивоа када се укључује аларм.

фази великог пламена, док фотодетектори брже реагују на тињајући пожар. Због различите осетљивости на различите врсте пожара, данас се углавном детектори дима праве као комбинација јонизационог и фотоелектричног типа. Посебна пажња посвећена је неким од просторија у стану, као, на пример, кухиња. Кувањем се ствара доста дима који врло лако може изазвати лажне аларме, па је неопходно детекторе дима користити у комбинацији са аларм.



ФОТОЕЛЕКТРИЧНИ ДЕТЕКТОР се састоји од диоде која емитује светлосне зраке унутар детекторске ћелије (лево). Када честице дима уђу у детектор, светлост се на њима расејава на све стране, падајући тако и на осетљиву фотоћелију активирајући при томе аларм.

детекторима топлоте који реагују на повећање температуре у просторији. Што се самог аларма тиче, развијен је метод комбинације звучног и светлосног аларма. Светлосни аларм даје вишеструки интензиван блесак као код фотоапарата, и првенствено је намењен особама оштећеног слуха. Статистички показатељи оправдавају употребу детектора дима, јер су они, према америчким подацима, смањили стопу смртности од пожара и гушења димом у становима скоро за половину.

Литература

1. Merton Bunker, Jr., *Scientific American*, April 1997
2. И.В. Савелев, *Курс общей физики*, Том 3, Наука - Москва, (1982)
3. Д.В. Сивухин, *Общий курс физики*, Том V-2, Наука - Москва, (1989)
4. Е.Н. Wichmann, *Berkeley Physics Course*, Volume 4, *Quantum Physics*, McGraw-Hill, Inc., (1985)

ПРЕПОРУЧУЈЕМО

"Међународне олимпијаде из физике, I-XXVII 1967-1996, Збирка задатака са решењима"

Превод и припрема: Борис Грбић, Марко Ђорђевић, Мирјана Поповић-Божич и Марко Стошић

Збирка садржи задатке и решења са двадесет и седам међународних олимпијада из физике одржаних између 1967. и 1996. године.

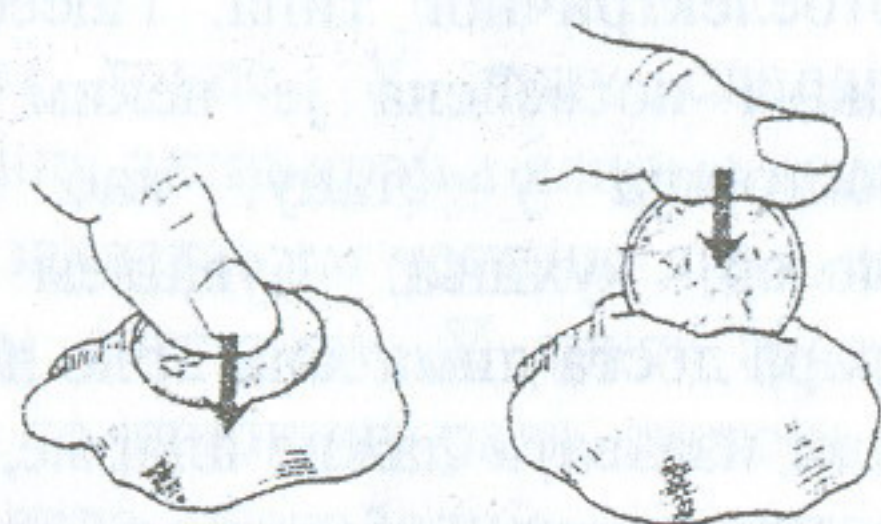
Цена: 180 дина. + ППТ

ДА СЕ ЛАКШЕ НАУЧИ

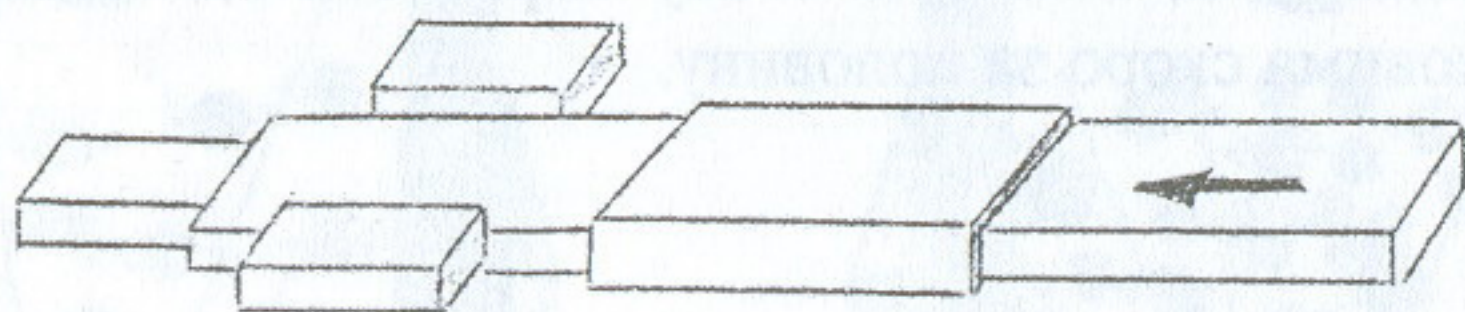
Најједноставнији огледи у вези са притиском

Томислав Сенћански
ОШ "Краљ Петар I"
Београд

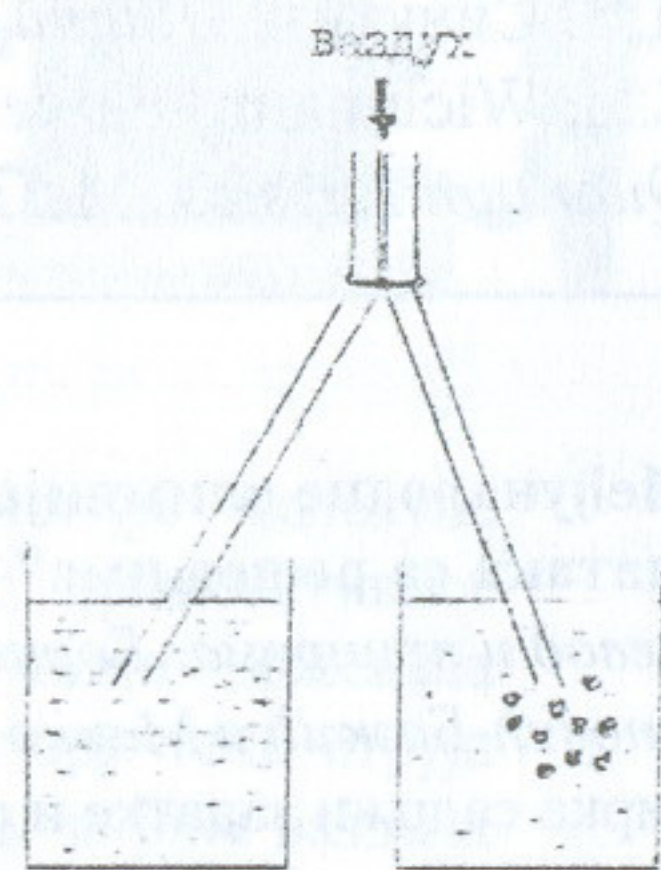
Помоћу металног новчића и пластелина једноставно се може показати (према датој слици) зависност притиска чврстог тела од његове додирне површине.



Преношење притиска кроз чврста тела се може демонстрирати справом показаној на слици. Она се састоји од лењира, граничника лењира и три плочице. Када се делује силом на лењир (у смеру означеним стрлицом), он ће померити само плочицу постављену у правцу његовог кретања.



При изучавању хидростатичког притиска огледима се показује зависност притиска од висине течности, али не и од густине течности. Огледом датим на слици се може показати зависност хидростатичког притиска од густине течности. У два суда сипати течности различите густине, до једнаке висине. Затим, заронити две једнаке цеви до исте дубине. Кроз цеви (у смеру стрелице) дувати ваздух. У суд, где је течност мање густине, односно где је мањи хидростатички притисак, излазиће мехурићи ваздуха.



Како показати да се спољашњи притисак кроз затворену течност преноси на све стране подједнако?

Ставити тег на избушену гумену лопту коју претходно треба испунити водом. Деловањем силе (тежином тега) кроз рупице лопте избијаће вода на све стране, па и увис.



Анегдота

Једном је неки новинар упитао Ајнштајна:

- Да ли записујете своје велике мисли и где - у блокчић, у посебну бележницу или у специјалну картотеку? Ајнштајн је погледао у дебелу бележницу новинара и одговорио:

- Драги мој, праве мисли настају тако ретко у глави, па се лако и памте!

Занимљивост

Необичан пут до открића

У Кембриџу, у другој половини 19. века, теоријску физику предавао је Џорџ Стокс (*George Stokes*).

Испит код њега био је веома тежак. Обично је давао 10 задатака, а сам студент је могао да бира задатке које ће решавати.

Стокс се није устручавао и често је давао нерешиве задатке да би увидео зна ли студент зашто је задатак нерешив. Тако је једном дао на испиту овакав задатак: наћи расподелу молекула по брзинама у гасовима. У то време се сматрало да су брзине молекула приближно једнаке.

Том приликом је Стоксу пришао млади студент који је решио овај задатак. Његово име је било Максвел (*Maxwell*).

Тако је откривен Максвелов закон расподеле брзине молекула гасова, дат као питање на испиту!

Преведено са руског, из књиге *Внеклассная работа по физике*, Москва "Просвещение", 1977.

РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

VI разред

Р6.1.

Измерити дужину (a) и ширину (b) посуде и разлику нивоа воде када је тело изван воде и када тело плива (Δh). Запремина уроњеног дела тела једнака је запремини истиснуте воде:

$$\Delta V = a \cdot b \cdot \Delta h \quad (1)$$

Сила потиска која делује на уроњени део тела једнака је тежини тела:

$$\rho_{\text{воде}} \cdot g \cdot \Delta V = m \cdot g \quad (2)$$

Из (1) и (2) следи да је

$$m = \rho_{\text{воде}} \cdot a \cdot b \cdot \Delta h \text{ [kg]}$$

Р6.2.

Како су тежине воде и живе једнаке, једнаки су и њихови хидростатички притисци $P_1 = P_2$, односно

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2,$$

одакле је

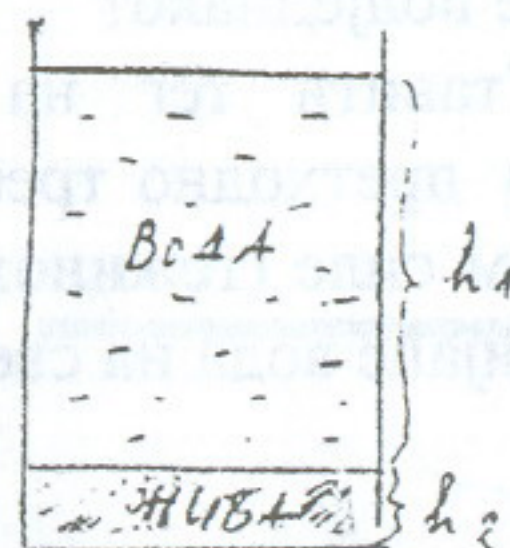
$$h_1 = \frac{\rho_2 h_2}{\rho_1}$$

Сменом за $h_2 = 29,2 \text{ cm} - h_1$, добијамо да је

$$h_1 = \frac{\rho_2 (29,2 \text{ cm} - h_1)}{\rho_1}$$

Сређивањем израза добија се висина

$$h_1 = \frac{\rho_2 \cdot 0,292 \text{ m}}{\rho_1 + \rho_2} \Rightarrow h_1 = 0,272 \text{ m}.$$



Слика Р6.2.

Хидростатички притисак воде је

$$P_1 = \rho_1 g h_1 \Rightarrow P_1 = 2668,32 \text{ Pa}.$$

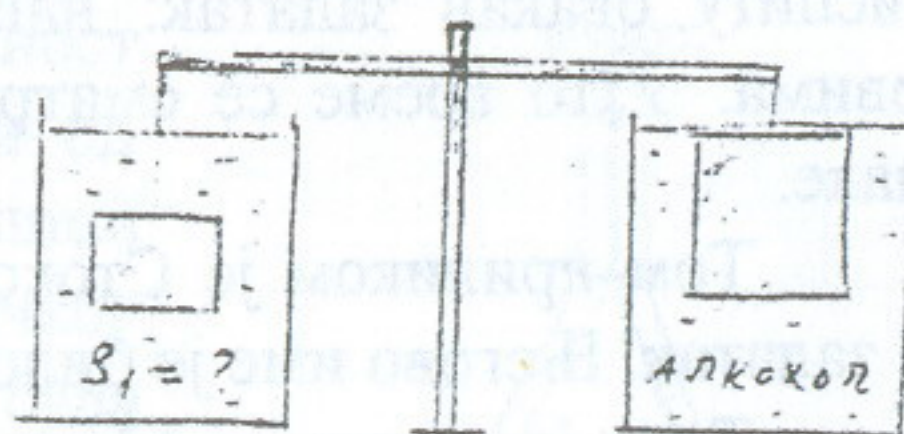
Укупни хидростатички притисак је

$$P = P_1 + P_2 \Rightarrow P = 2P_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = 5336,64 \text{ Pa}$$

Р6.3.

Да би теразије остале у равнотежи, силе потисака које делују на ова тела морају бити једнаке $F_{p1} = F_{p2}$, односно $g \rho_1 V_1 = g \rho_2 V_2$, одакле је густина непознате течности



Слика Р6.3.

$$\rho_1 = \frac{\rho_2 V_2}{V_1} \Rightarrow \rho_1 = 1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

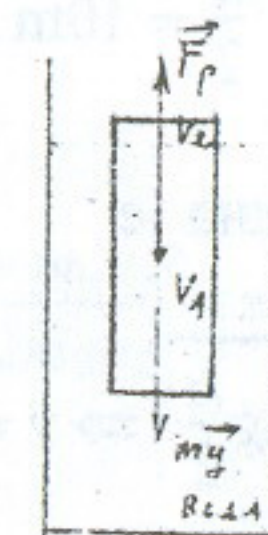
Друго решење (логички): пошто је једно тело по запремини два пута мање од другог тела, то на њега мора деловати два пута јача сила потиска, па се оно мора уронити у течност два пута веће густине, тј. у течност густине $1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Р6.4.

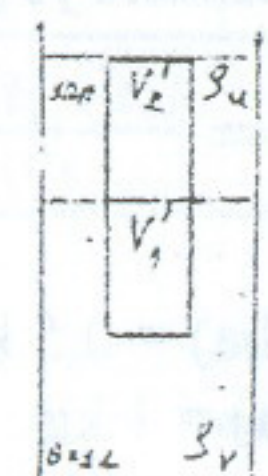
Према задатку, запремина потопљеног дела квадра је: $V_1 = 0,9V$. Пошто квадрат плива, значи да су све силе које делују на њега у равнотежи, тј.

$$\vec{F}_p + m \vec{g} = 0,$$

односно $F_p = mg$. Како је $F_p = \rho_v g V_1$,



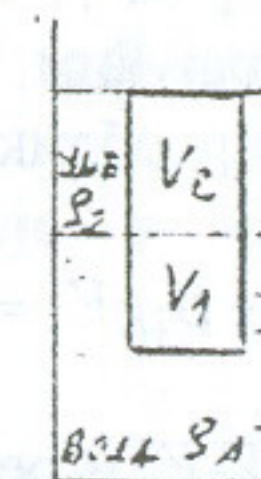
Слика Р6.4.1.



Слика Р6.4.2.

сменом добијамо да је

$$\rho_v \cdot 0,9V \cdot g = mg \Rightarrow m = 0,9\rho_v \cdot V(1)$$



Слика Р6.4.3.

Када се сипа уље тада на квадрат делују две силе потиска, уља и воде, које су уравнотежене тежином квадра:

$$mg = F_{p_u} + F_{p_v} \quad (2)$$

Заменом израза за масу из релације (1) у релацију (2) и израза за силе потиска уља и воде добијамо:

$$0,9\rho_v \cdot V - \rho_u \cdot V = V'_1(\rho_v - \rho_u).$$

Тражена запремина потопљеног дела квадра је

$$V'_1 = V \frac{0,9\rho_v - \rho_u}{\rho_v - \rho_u} \Rightarrow V'_1 = \frac{1}{2}V$$

Значи да је 50% запремине квадра у води.

Могуће је и овакво решење:

Када је квадрат потопљен у води и уљу на њега делују: сила потиска воде и сила потиска уља. Првобитна сила потиска (F), када је квадрат био потопљен само у воду, сада је умањена за силу потиска (F_2) којом и уље делује на део квадра у уљу. Разлика ових сила потисака једнака је сили потиска (F_1) којом сада вода делује на део квадра у води, што се може

написати: $F - F_2 = F_1$. Сменом ових сила одговарајућим обрасцима једначина добија облик

$$0,9\rho_1 gV - \rho_2 gV_2 = \rho_1 gV_1$$

Заменом V_2 са $V - V_1$ и решавањем једначине по V_1 (део запремине квадра који је потопљен у воду), следи да је

$$V_1 = \frac{0,9\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2} \cdot V \Rightarrow V_1 = \frac{1}{2}V$$

VII разред

P7.1.

Тело се кретало равномерно успорено брзином $v = v_0 - gt$. Како је према задатку $v = \frac{1}{3}v_0$, то сменом у почетном (обрасцу) добијамо да је $v_0 = \frac{3}{2}gt$. Сменом v_0 у образац $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ добиће се тражена висина

$$h = gt^2 \Rightarrow h = 62,5 \text{ m.}$$

Почетна брзина тела је $v_0 = 37,5 \text{ m/s}$ (према већ наведеном обрасцу). Она нам је потребна за израчунавање максималне висине до које је тело доспело, а која износи

$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow h_{\max} \approx 70,31 \text{ m}$$

Према томе, тело под наведеним условима неће бити у стању да достигне висину од 150 m.

P7.2.

На почетку кретања кинетичка енергија тела је $E_k = \frac{mv_0^2}{2}$, одакле је

$v_0 = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$. Ако v_0 сменимо у образац $h = \frac{v_0^2}{2g}$, добија се да је тражена висина $h = \frac{2E_k}{2mg}$, односно сменом датим бројчаним вредностима $h = 10 \text{ m}$.

P7.3.

За израчунавање кинетичке енергије потребна је брзина тела на половини пута. Прво треба израчунати висину са које је тело пало:

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow h = 20 \text{ m,}$$

одакле је

$$\frac{h}{2} = 10 \text{ m.}$$

Потребна брзина је

$$v = \sqrt{2g \frac{h}{2}} \Rightarrow v = \sqrt{gh}.$$

Сменом добијене брзине у образац за кинетичку енергију $E_k = \frac{mv^2}{2}$, добија се $E_k = \frac{mgh}{2}$, одакле је $E_k = 20 \text{ J}$.

P7.4.

Дато:

m_2 (маса гвожђа) = 0,5 kg

m_1 (маса бакра) = 1 kg

t_2 (температура гвожђа) = 200 °C

t_v (почетна температура воде) = 20 °C

m_v (маса воде) = 2 kg

$c_2 = 465 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

$c_1 = 382 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

$c_v = 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

тражи се:

t_1 (почетна температура бакра) = ?

t_s (температуре, односно загрејане воде) = ?

Количина топлоте коју гвожђе и бакар предају води, једнака је количини топлоте коју вода прими:

$$Q_g + Q_b = Q_v$$

што се може написати у облику:

$$m_1 c_1 (t_1 - t_s) + m_2 c_2 (t_2 - t_s) = m_v c_v (t_s - t_v)$$

Како је, према условима задатка

$Q_g = Q_b$, горња релација се може написати и у облику:

$$2m_2 c_2 (t_2 - t_s) = m_v c_v (t_s - t_v)$$

одакле је

$$t_s = \frac{2m_2 c_2 t_2 + m_v c_v t_v}{m_v c_v + 2m_2 c_2} \Rightarrow t_s = 29,44^\circ\text{C}$$

Из релације

$$m_1 c_1 (t_1 - t_s) = m_2 c_2 (t_2 - t_s)$$

тражена почетна температура бакра је

$$t_1 = t_s + \frac{m_2 c_2 (t_2 - t_s)}{m_1 c_1} \Rightarrow t_1 = 133,25^\circ\text{C}$$

VIII разред

P8.1.

Укупна електромоторна сила је

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2,$$

а укупни отпор кола је

$$R_u = R + r_1 + r_2.$$

Јачина струје у колу је $I = \frac{\varepsilon}{R_u}$,

односно

$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} \Rightarrow I = 0,31 \text{ A.}$$

Напони на крајевима елемената су:

$$U_1 = \varepsilon_1 - I r_1 \Rightarrow U_1 = 0,57$$

$$U_2 = \varepsilon_2 - I r_2 \Rightarrow U_2 = 0,715$$

P8.2.

Електромоторна сила у првом случају је

$$\varepsilon = U_1 + I_1 r,$$

а у другом

$$\varepsilon = U_2 + I_2 r.$$

Из једнакости електромоторних сила добијамо да је унутрашњи отпор

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} \Rightarrow r = 2\Omega.$$

Заменом добијене вредности у један од горњих образаца добијамо да је електромоторна сила 12 V.

P8.3.

Дато:

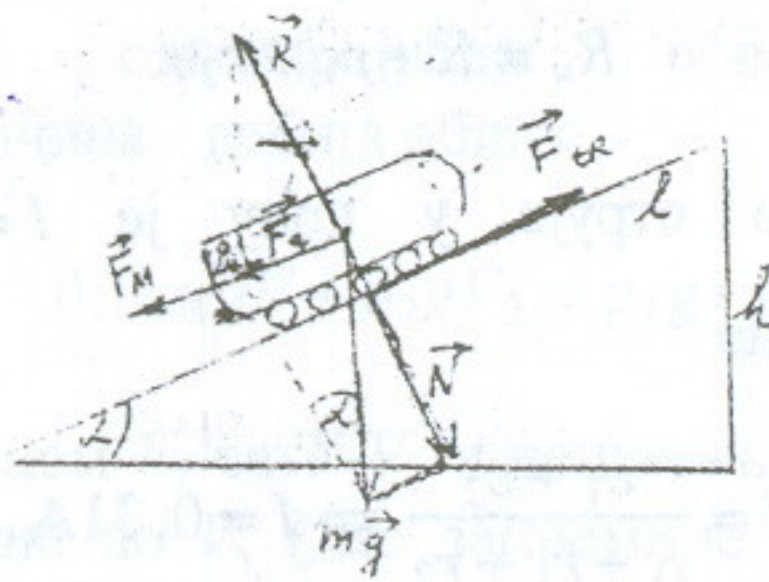
$m = 300 \text{ t} \Rightarrow m = 300000 \text{ kg}$

$u = \frac{h}{T}$; $u = 0,01$

$v = 36 \text{ km/h} \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$

$F_{tR} = 3\% mg \Rightarrow F_{tR} = 0,03 mg$

$U = 3000 \text{ V}$



Слика Р8.3.

$$\eta = 80\% \quad g = 10 \text{ m/s}^2$$

тражи се: $F_u = ? \quad I = ?$

а) Из услова динамичке равнотеже на стрмој равни:

$$\vec{F}_u + m\vec{g} + \vec{R} + \vec{F}_{tr} = 0$$

где је F_u - сила електромотора, mg - сила теже, R - сила реакције подлоге и F_{tr} - сила трења. Како је према слици $\vec{F}_a = m\vec{g} + \vec{R}$, следи

$$\vec{F}_u + \vec{F}_a + \vec{F}_{tr} = 0.$$

У скаларном облику једначина гласи:

$$F_{tr} = F_u + F_a \Rightarrow F_u = F_{tr} - F_a$$

Активна компонента силе теже је:

$$F_a = mg \sin \alpha \Rightarrow F_a = 0,01mg$$

па је сила електромотора:

$$F_u = 0,03mg - 0,01mg \Rightarrow F_u = 6 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

б) Корисна снага је

$$P_k = F_u \cdot v \Rightarrow P_k = 6 \cdot 10^{-5} \text{ W}$$

Укупна снага електромотора је

$$P_u = \frac{P_k}{\eta} \Rightarrow P_u = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ W}$$

Тражена јачина струје је:

$$I = \frac{P_u}{U} \Rightarrow I = 250$$

Р8.4.

Количина топлоте коју грејач преда води једнака је количини топлоте коју вода прими: $Q_1 = Q_2$. Како је

$$Q_2 = mc(T_2 - T_1) \Rightarrow Q_2 = 1680000 \text{ J},$$

то је и

$$Q_1 = 1680000 \text{ J}.$$

На основу Џул - Ленцовог закона:

$$Q = \frac{U^2}{R} t,$$

следи да је

$$R = \frac{U^2}{Q_1} t \Rightarrow R = 17,29 \Omega$$

Задатке припремио:

Томислав Сенђански

ОШ "Краљ Петар I"

Београд

Рецензент:

Ратомирка Милер

VI београдска гимназија

Београд

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 01.6.2000. године:

40806-678-5-308786

81-80-

за школе и установе:

годишња (четири броја)	200 дин
полугодишња (два броја)	100 дин

за појединце:

годишња (четири броја)	150 дин
полугодишња (два броја)	75 дин

за ученике преко школа*:

годишња (четири броја)	120 дин
полугодишња (два броја)	60 дин

*уколико има више од пет претплатника

Цене редовних бројева, како за основну ("О"), тако и за средњу школу ("С"), су исте. Ако су појединачне поруџбине веће од 20 примерака, поручиоци имају 10% попушта.

Претплата се врши на жиро рачун Друштва физичара Србије:

84/85

84-300-280-150

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:

БРОЈЕВИ - 82,83,84,85,86,87(0)

Редакција часописа "Млади физичар"

Прегревица 118, 11080 Београд

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 услед поремећаја на финансијском тржишту.