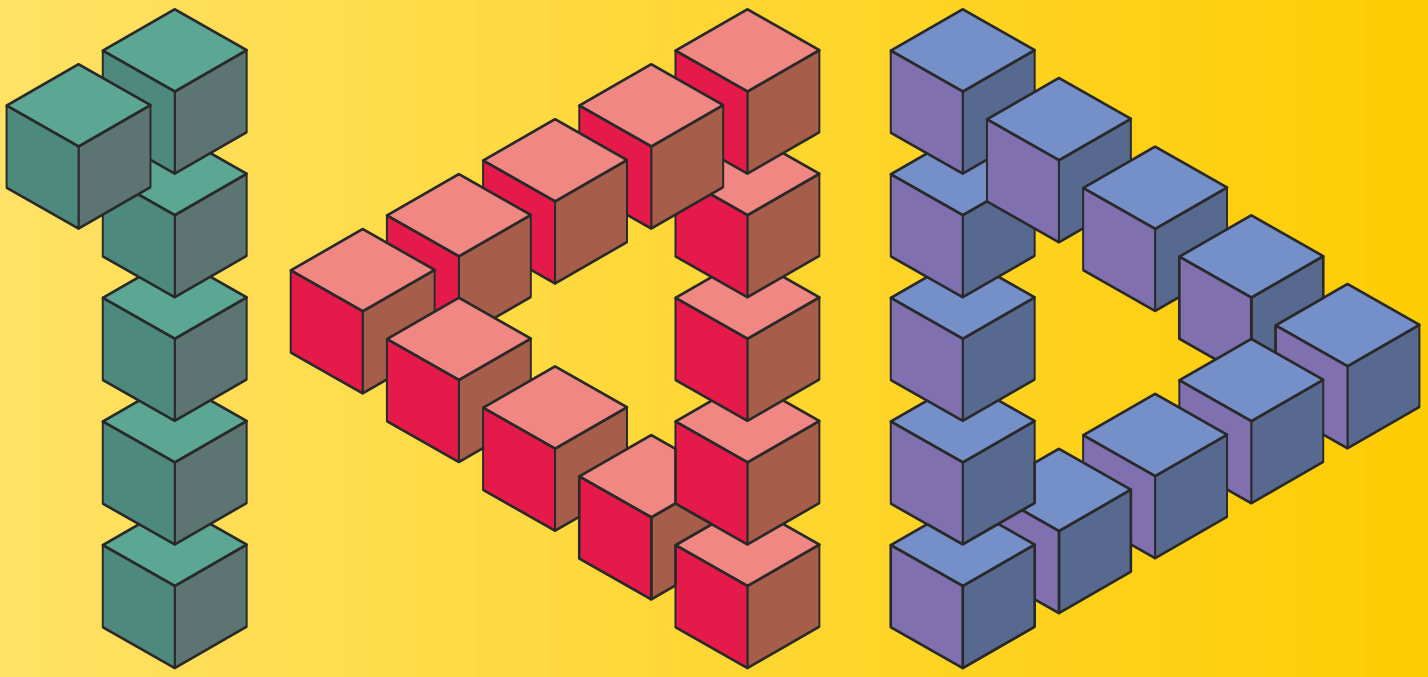
младифизичар

Часопис за све пријатеље физике и уметности
Издавач Друштво физичара Србије
Школска година 2005/06
http://mf.dfs.org.yu
Цена: 175 дин

100



Тема броја **ФИЗИКА И УМЕТНОСТ**

ISSN 0351-5575
9 770351 557003

Прва страна 1

Мф вести 2

Мф рекорди 4

Мф колумна 35

Велики млади физичар 37

Истина о 41

Додатни час 44

Велика физике 50

Будућност физика 56

Економофизика 60

Перпетуум мобиле 66

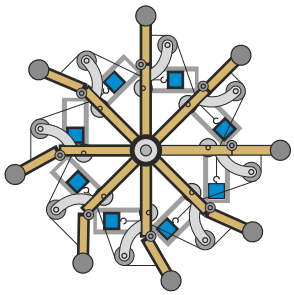
Проблеми парадокси 69

Млади астрофизичар 70

Мф репортажа 74

Мф линкови 83

Последња страна 84



Тема броја **Физика и уметност**

Наука и уметност

Уметник, инжењер, научник

Симетрија

Боје у физици и уметности

Детективски посао за физичаре

Ешер: Човек који је насликао бесконачност

Слике из димензије X

Пенроузово апериодично поплочавање равни

Физика и фотографија

младифизичар

Садржај

Задаци

Контролни задаци

Задаци за самосталан рад

Олимпијада

младифизичар
Часопис за све пријатеље физике

Издавач
Друштво физичара Србије
Прегревица 118, 11080 Београд-Земун
тел: 011/3160-260 лок. 166, Факс: 011/3162-190
mail: mf@dfs.org.yu
web: http://mf.dfs.org.yu

За издавача:
проф. др Илија Савић, Председник Друштва физичара Србије

Главни уредник и арт директор
Душко Латас

Заменици уредника
Бранислав Цветковић и Зорица Пајовић

Уредник web издања
Антун Балаж

Редакција
Слободан Бубњевић, Марко Војиновић, Ненад Вукмировић, Драгана Илић, Владимир Јовановић, Славица Малетић, Катарина Матић, Предраг Миленовић, Марија Митровић, Бојан Николић, Новица Пауновић, Зоран Ристивојевић, Владимир Шамара, Милован Шуваков

Спољни сарадници
проф. др Јарослав Лабат, проф. др Дарко Капор, проф. др Милан Димитријевић, проф. др Вукота Бабовић, др Александар Богојевић, др Борко Вујичић, др Горан Ђорђевић, др Љубиша Нешић, Наташа Каделбург, Наташа Чалуковић, Славиша Станковић, Дејан Крунић, Слободанка Раковић, Милан Жежељ, Огњен Илић, Добросав Обрадовић, Коста Ристић, Димитрије Малетић, Феђа Хаџић, Јелена Станковић, Милија Јовичић

Претплата
Весна Вучић (011)3160-260/143

Штампа
САВПО, Стара Пазова

ISSN 0351-5575
COBISS.SR-ID 53980423

Претходни уредници "Младог физичара":
1976/77 Ђорђе Басарић и Слободан Жегарац; 1977/78 Душан Ристановић и Драшко Грујић; 1978/79-1981/82 Љубо Ристовски и Душан Коледин; 1982/83 Душан Коледин, Драгана 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; 1998/99-2003/04 Драган Маркушев

Млади физичар пред своје читаоце излази стоти пут, али први пут му се посрећило да изађе у боји. То свакако не би било могуће да није било подршке и разумевања Министарства за науку и заштиту животне средине, на чему смо јако захвални.

Тема овог броја је физика и уметност. Век иза нас с правом се може сматрати веком и физике и уметности. То знају готово сви, али маленом броју људи је познато у којој мери је физика утицала на уметности и обрнуто. Све је почело пре око сто година. У Париз, тада центар културног и научног развоја дошао је млади, надобудни сликар – Пабло Пикасо. Једна од академских тема тога доба је био проблем истовремености: када за два догађаја можемо рећи да су се заиста десили у истом тренутку. То је заинтересовало и Пикаса, који је сазнао од свог пријатеља Мориса Принса да је млади службеник патентног завода у Берну Алберт Ајнштајн решио тај проблем уводећи нов концепт четвородимензионалног простор-времена. Пикасо је био фасциниран и убрзо је насликао чувену слику Госпшоћице из Авињона на којој је приказао истовремени поглед из различитих углова. Тиме је најавио нову еру у сликарству, која ће обележити уметност у веку који је почињао, баш као што је и Ајнштајново откриће обележило науку XX века. Данас, сто година касније подсећамо се Ајнштајнових открића, зато што знамо колики је њихов значај, али и због тога што волимо округле бројеве. И баш сто година након Ајнштајнове 1905. са задовољством можемо да вам представимо 100. број Младог физичара. Надам се да ћете са ужитком читати о везама физике и уметности.

Није било лако издавати часопис о физици у протеклих 30 година. Да би се дошло до броја 100 многе наше колеге су напорно радиле на овом часопису. На жалост, између два броја, двојица су нас заувек напустили: Светозар Божин и Томислав Петровић. Њима дугујемо велику захвалност за све што су нам оставили.

Душко Латас

Астрофизика

Откривена велика популација брзорастућих црних рупа скривених иза звезданих маглина

Тим астронома са Оксфордског универзитета утврдио је постојање велике популације брзорастућих црних рупа (квазара) скривених у облацима космичке прашине и звезданих маглина. Први подаци указују да је популација ових скривених црних рупа далеко већа од популације до сада уочених црних рупа и довољна да надокнади број недостајућих црних рупа предвиђен на основу анализа космичког позадинског X зрачења.

Квантна физика

Колико времена је потребно једном електрону да са једног атома пређе на суседни?

С обзиром да је овако кратка времена немогуће мерити директним методама, тим немачких и шпанских физичара је, усавршавајући индиректну методу одређивања времена трансфера наелектрисања између суседних атома утврдио да ово време износи 320 атосекунди. Једна атосекунда се односи према једној секунди приближно као једна секунда према двоструком веку универзума (процењено на 14 милијарди година)!

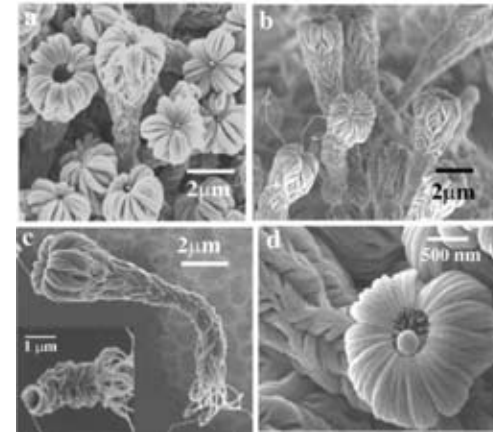
Наноматеријали

Нанотехнологија и нови извор енергије

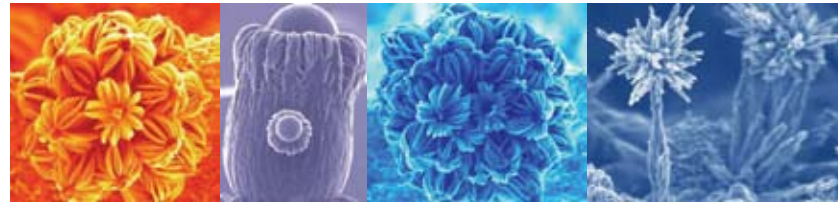
Нанотехнологијом произведен је нови дво-компонентни материјал који, топлотно побуђен, ослобађа десетине џула топлотне и механичке енергије у микросекундном периоду на површини величине микрочипа. Усавршавање ове технологије и поступка претварања ова два облика енергије термоелектричним и пиезоелектричним ефектима у електричну енергију погодну за напајање микрочипова је у току.

Нанофизика

Тродимензионални силицијум-карбидни нано-цветови



Ове задивљујуће слике нано структура (британски Institute of Physics их је представио као једне од најлепших слика из света науке) направила је Гхим Веи Хо која се налази на докторским студијама из области нанофизике у Центру за нано-науке Универзитета у Кембрицу. Структуре су настале контролисаним формирањем силикон-карбидних наножица на минијатурним капима течног метала (галијум) на површини силицијума у атмосфери метана и њиховим спонтаним удруживањем у овакве нано-структуре. Брзину формирања и облике нано-структура могуће је контролисати подешавањем параметара процеса - притиска и температуре. Силицијум-карбидни нано-материјали са структурама овог типа су првенствено интересантни због својих јединствених механичких и оптичких особина (могућност израде опто-електронских уређаја великих снага и високих фреквенци рада, велике еластичности и механичке чврстоће итд.). Због запањујућих сличности са формама у органском свету, Гхим Веи Хо је структуре назвала нано-букети, нано-дрвеће и нано-цветови. Физика и уметност можда и нису толико различите, зар не?



Астрофизика

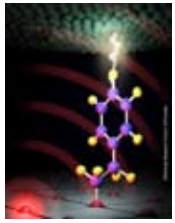
Космички акцелератор – гигантска прстенаста структура

Тим астронома са универзиета у Лесетеру открио је прву гигантску прстенасту структуру у нашој галаксији. Структура се простире на преко 20 светлосних година и први резултати показују да би могла да производи субатомске честице са енергијама 1000 пута већим од енергија истих честица произведених у акцелераторима које је направио човек. Нова структура је примећена у Arches клас-

теру близу центра Млечног пута помоћу Европског сателита за X зраке HMM-Newton. Већина космичких извора дифузних X зрака поседује карактеристичну температуру јер представљају заостало зрачење неког одређног космичког догађаја (нпр. експлозија супернове). Међутим, нова прстенаста структура је нетермалног, тј. нестационарног типа и последица је неког процеса који траје. Претпоставља се да би ова структура и убрзавање наелектрисаних честица до екстремно високих енергија могли бити у вези са процесом формирања звезда у Arches кластеру.

Квантна електроника

Нови концепт једно-молекуларног транзистора



У потрази за новим концептима којима би се превазишли лимити конвенционалне транзисторске технологије израде интегрисаних кола и омогућила даља минијатуризација у микроелектроници, тим научника Националног Института за нанотехнологију Универзитета у Алберти се спустио на молекуларну скалу - и успешно дошао до концепта једномолекуларног транзистора. Тим Др Волкова је успео да изгради силицијумске кристалне структуре са интерконекцијама од само једног молекула и да успешно демонстрира да је могуће контролисано наелектрисати и контролисано разелектрисати само један, конкретан, атом на површини силицијумске решетке, остављајући остале атоме електронеутралне. Тим је потом показао да, ако је интерконекцијски молекул две силицијумске равни (електроде) постављен суседно до једног оваквог "контролисаног" атома, проводност овог молекула је у потпуности контролисана наелектрисањем тог суседног "контролисаног" атома. Тако је сада, на основу транзисторског ефекта базираног на овом новом концепту, довољан само један електрон са "контролног" атома да преведе молекул између две електроде у стање „проводан" или „непроводан". За овакву једну акцију је, у случају транзистора базираних на конвенционалној технологији, потребно око милион електрона. Према томе, интегрисана кола изграђена од транзистора базираним на новом концепту би трошила далеко мање енергије, генерисала далеко мање топлоте и била способна да раде далеко већим брзинама. Обзиром да је ово такође и прва успешна демонстрација новог транзисторског концепта на собним температурама, потенцијал открића је заиста огроман. Тим доктора Волкова верује да ће управо њихова открића решити основне проблеме садашње транзисторске технологије и отворити пут минијатуризацији електронике на нанометарским скалама - наноелектроници.

Вести припремио: Предраг Миленовић

Астрофизика

Откривена 1000-та комета

Хиљадита комета откривена је помоћу заједничког SOHO (SOlar and Heliospheric Observatory) сателита NASA-е и Европске свемирске агенције. Интересантно је да је помоћу претходних свемирских лабораторија, у тренутку његовог лансирања у орбиту пре 9 година, било откривено само 16 комета. SOHO сателит је заслужан за приближно половину свих откривених комета (са израчунатим орбитама) у историји астрономије.

Наноматеријали

Развијена батерија која се напаја из урина

Физичари из Сингапура су успели да креирају прву папирну батерију која генерише електрицитет из људског биофлуида (нпр. урина). Прототип батерије величине 6cm x 3cm x 1mm је у стању да помоћу 0.2ml урина произведе 1.5 волт електричне енергије снаге 1.5 миливат што је довољно за напајање биочипова за анализу људских биофлуида. На овај начин би се биочипови могли напајати енергијом из оног флуида који тестирају.

Физика материјала

Материјали дебљине један атом

Тим британских и руских научника је открио класу нових материјала који су дебљине једног атомског слоја и развио технологију којом издваја атомске слојеве из конвенционалних кристала. Избором основног кристала, могуће је особине ових материјала подешавати готово по жељи – они могу бити метали, полупроводници, изолатори, магнети... Иако се до скоро веровало да овакви материјали уопште не могу постојати, њихова израда је једноставна и прве апликације (ултра брзи транзистори, микромеханички уређаји, наносензори и сл.) се очекују за пар година.

Чврсто тело са највећом густином на Земљи је метал осмијум (Os), који са густином од 22.57 грама по кубном центиметру у фотофинишу побеђује иридијум. Највећа густина у природи је вероватно достигнута у центру неутронских звезда, и упоредива је са густином атомског језгра, са скоро милијарду тона/cm^3. Сингуларитет у центру црних рупа, према општој релативности има бесконачно малу запремину, па се његова густина може сматрати или бесконачном или непостојећом.

Чврсто тело са најмањом густином је тзв. аерогел, једињење силицијума и кисеоника добијено специјалним поступком којим се постиже тродимензионална мрежа нити нанометарских димензија између којих је ваздух. Последње и најпорозније верзије ових супстанци имају густину од само 1.9 mg/cm^3 (густина ваздуха је око 1.2 mg/cm^3).

Метал са најмањом густином је литијум (Li) чија је густина 535 kg/m^3. Због готово дупло мање густине од воде комад литијума би могао да плута на води, међутим, пошто је у питању алкални метал, он лако реагује са водом и ваздухом.

Најтегљивији елемент је злато: 1 грам се може истегнути у нит дужине 2.4 km, или исковати у фолију дебљине само 0.0001 mm.

Најбољи проводник топлоте није бакар или сребро како сте можда помислили, већ веровали или не, дијамант! Најбољи проводници међу металима су сребро, бакар, злато и алуминијум, али је дијамант апсолутни рекордер међу свим познатим материјалима, са топлотном проводљивошћу која је и до 10 пута већа од проводљивости бакра. Док се код метала топлота преноси на исти начин као и електрична струја, електронима, код изолатора се топлота преноси преко осцилација атома у кристалној решетки. Велика јачина веза и мала маса угљеникових атома у дијаманту доводе до врло високих фреквенција вибрирања атома и до овако рекордне проводљивости топлоте. У ово је аутор недавно имао прилике и лично да се увери: ако се плочица вештачког (поликристалног) дијаманта пречника око 50 mm и дебљине око 3 mm ухвати прстима за један крај, а други крај прислони уз лед, хладноћа се готово тренутно (за мање од секунде) осети на прстима! С друге стране, топлота се тако ефикасно преноси кроз плочицу да она кроз лед пролази као кроз путер. Овако велика проводљивост је и један од разлога зашто се врше експериметни за употребу дијаманата уместо силицијума као основе за израду компјутерских чипова.

Најдужи период полураспада од свих до сада измерених изотопа има ^{128}Te, 2.2x10^{24} година.

Елементи са највише изотопа су ксенон (Xe) са 36 (9 стабилних и 27 радиоактивних) и цезијум (Cs) такође са 36 (1 стабилан и 35 радиоактивних).

Часопис који најдуже излази на српском језику, а бави се популаризацијом физике међу ученицима, наставницима и свим пријатељима физике је млади**физичар**. Овај издавачки подухват Друштва физичара Србије излази готово тридесет година и управо се појавио у стотом издању.

Рекорде припремио: Новица Пауновић

тема броја

Физика и уметност

КОЛИКО УМЕТНОСТИ ИМА У ФИЗИЦИ А КОЛИКО ФИЗИКЕ У УМЕТНОСТИ?

Наука и уметност

Пише: Катарина Матић

Иако данашња наука и уметност наизглед живе независно једна од друге, међу њима постоје многе везе, утицаји и сличности.

Наука одвајкада обезбеђује и унапређује технологије које се користе у ратовима, здравству, масовним комуникацијама, саобраћају, производњи хране… Уметност може да изврши велики утицај на јавно мнење, што је давно примећено и често коришћено током историје. Средњовековни феудалци су наручивали своје портрете са пејзажима у позадини, да би убедили посматраче да поседују природно право да владају земљом приказаном на сликама. Дворски сликари су вековима улепшавали портрете принцеза и принчева, не би ли допринели склапању политичких бракова. Тако су питања рата и мира често зависила од вештине сликара, док су питања победника у рату и квалитета живота у миру зависила од вештине научника.

Веома је раширено веровање да је наука, за разлику од уметности, лишена сваке субјективности. Међутим, научници су у својим истраживањима вођени интуицијом. Посвећеност која се граничи са страшћу им омогућава да неуморно, често годинама, прикупљају и анализирају податке.

Подела на субјективну уметност и објективну науку настала је тек у Њутново време. Њутново дело је представљало прекретницу у развоју науке. Његов метод се састојао у поједностављивању природних појава и њиховом описивању помоћу математике. Њутн је чак, да би успешно решио физичке проблеме којима се бавио, засновао нове области математике (диференцијални и интегрални рачун). Овакав приступ се показао веома успешним, тако да је убрзо постао опште прихваћен, а физика је доживела процват. Наравно, то је утицало и на остале природне, а касније и друштвене науке.

У доба романтизма се појавио страх да ће овако устројена наука и друштво у коме она има велики утицај потпуно занемарити човека као јединку и да ће разум угушити романтику. Један од поборника оваквог мишљења је био и Гете. Он је сматрао да научници треба да дозволе већи утицај осећања, маште и интуитивног мишљења у својим истраживањима, и противио се упрошћавању природних појава. Гете је чак формулисао сопствену теорију боја, пошто га је веома интересовало на који начин сликари приказују светлост и сенку. Ипак, Њутнов приступ се показао успешнијим, тако да и данашња

наука примењује његове методе.

Развој науке, који је започео током ренесансе а веома се убрзао у Њутново доба, имао је велики утицај на уметност. Уметници су се бавили "научним" проблемима коришћења боје и перспективе, са циљем да што верније прикажу тродимензионални физички свет на дводимензионалним сликама. Њихов рад је подразумевао много експериментисања. Експерименти који су вршени да би се унапредила технологија сликања имали су за резултат откриће уљаних боја, које се споро суше и омогућавају уметнику да слике ради дуже, а тиме и да више пажње посвети детаљима, којима се постиже реалистичност. Сликари су користили сва доступна научна достигнућа (сочива, огледала, камере) да проуче и успешно прикажу перспективу, наборе на драперијама, одсјаје светлости на раскошном накиту… Неки од њих успели су да постигну готово фотографску реалистичност. Импресионисти су у центру пажње имали боју и светлост, а постимпресионисти су у томе отишли корак даље. Они су показали да није потребно приказивати свет "реално", пошто се реалност формира у оку посматрача. Неке њихове слике се састоје од блиских мрља чистих боја, а посматрач који је довољно удаљен од слике види преливе боја. До мешања боја долази тек у оку посматрача.

Оно што опажамо чулом вида веома је важно и у уметности и у науци. Понекад за извођење веома важних закључака у науци није неопходно вршити компликоване огледе, већ само посматрати појаве које нас окружују. Стари Грци су, на пример, схватили да је Земља округла само на основу посматрања бродова који упловљавају у луку (увек се на видику прво појави врх јарбола). Сликари често приказују на својим платнима оно што су видели. Они помоћу линије, боје, облика, текстуре и контраста настоје да посматрачу дочарају свет који нас окружује.

Постоји још једна сличност између уметности и науке: Ни уметници ни научници не могу избећи утицај културног и друштвеног окружења у коме живе. И једни и други се школују годинама, да би били оспособљени да појаве које запазе прикажу на одређени начин. И за једне и за друге је експериментисање веома важно. Али, док експеримент науку "држи на земљи", у уметности је његова улога да спречи учмалост. И велики уметници и велики научници морају да имају маште. Али, уметници данашњице имају потпуну слободу у изражавању своје креативности, док се научницима намећу строга ограничења. Од научника се очекује да пронађу нов поглед на свет, који се мора слагати са свиме што је познато, али се негде мора разликовати у предвиђањима. Те разлике се морају слагати са природом, а то све заједно је веома тешко.

Научници се труде да њихов рад буде заснован искључиво на доказима и разуму, а уметници да кроз свој рад искажу шта осећају, али и да побуде осећања других. Посматрач може осетити неугодност ако уметник намерно употреби нескладне боје, или гнушање ако је приказан непријатан призор. Међутим, субјективност се не може потпуно искључити ни из научног рада. Обично се каже да се генијалност састоји од 1% инспирације и 99% рада. За тај један проценат не постоји разумно објашњење, а у тражењу нових путева у науци и уметности је он обично најважнији.

Леонардо да Винчи

Уметник, инжењер, научник...

Пише: Славица Малетић

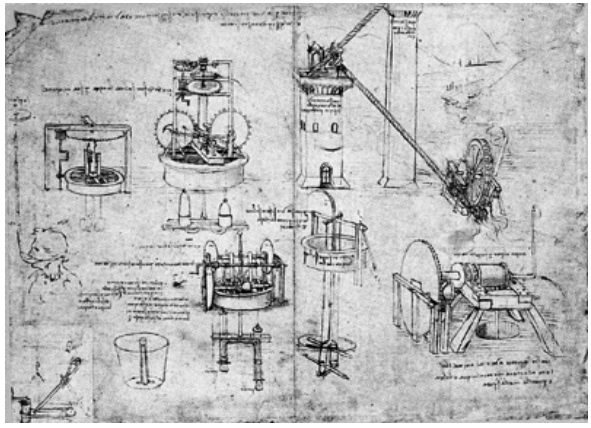
Леонардо је рођен 1452. године недалеко од Винчија, у близини Фиренце. Детињство и младост је провео у кући свог оца, Пијера Антонија, чувеног фирентинског правника. У овом дому, поред маћехе, нежне и образоване Албиере ди Ђовано Амодори, Леонардо је стекао прва знања. Као младић он већ поседује многе вештине и таленат: одличан је јахач и вичан свим спортовима, познаје добро музику, математику и природне науке и прави прве цртеже који ће бити пресудни за његов даљи живот. Одушевљен оваквим различитим талентима свога сина, Леонардов отац је однео ових неколико цртежа фирентинском славном сликару и вајару, Андреју Верокију. Било је то 1470. године. У овој радионици, поред талентованог и искусног Верокија, млади Леонардо је брзо улазио у тајне сликарског посла, тако да је ускоро постао омиљени Верокијев ученик.

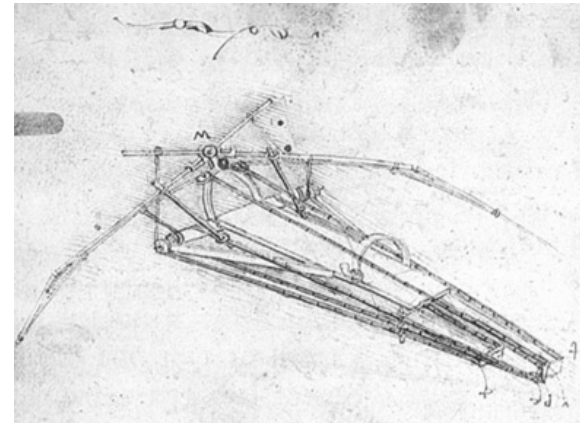
Обдарен многим врлинама, одличан познавалац физике и хемије, проналазачког духа и склон експериментисању, он је брзо савладао сложени сликарски занат и лако освојио највећа знања.

Први фирентински период Леонардовог живота и његове уметности показују сазревање тежње да се свет и сликарство објасне науком. Треба све измерити, прорачунати не препустити ништа случају. *Један је онај мајстор*, пише Леонардо, *чије дело иде испред његовог расуђивања; онај пак чије расуђивање иде испред дела напредује ка савршеној уметности.* Овај разумски моменат преовлађује на свим Леонардовим сликама.

Слика је за њега, проналазачки, научно и уметнички била завршена оног тренутка кад су сви проблеми у њој јасно постављени; даља разрада и завршетак дела су били само ствар технике и стрпљења. Зато и Леонардове незавршене слике дају утисак готових дела, пошто су проблеми у њима потпуно целовити. Из ових раних година три дела најбоље илуструју његова тражења: Благовести, Поклоњење краљева и Свети Јероним.

Ова дела завршавају Леонардову уметничку младост, а и његов први боравак у Фиренци. Са препоруком Лоренца Медичија, кога је одушевио проналаском једног инструмента, сликар је пошао на север Италије да тамо нађе посао који му је више одговарао. Из Фиренце Леонардо је дошао у Милано и 1482. године ступио у службу Лудовига Мора. До наших дана сачувало се једно писмо које је Леонардо упутио Лудовигу у коме је изнео шта све може да ради за њега. «*Ја знам*, пише он, *да градим мостове који се могу лако преносити... Знам начин како се може порушити било каква тврђава, само ако није изграђена на стени... Умем да лијем топове... знам начин како да се путем поткопавања и вијугавих ходника подиђе до одређене тачке... могу направити затворена, сигурна и непробојна кола са артиљеријом... У мирно доба мислим да могу бити раван било ком мајстору у грађењу јавних и приватних зграда... могу изграђивати вајарска дела у мермеру, бронзи и глини, а исто тако, као сликар, ја сам кадар да урадим све*





оно што је у стању било који други сликар да уради.

Године проведене у Милану благотворно су утицале на Леонардово сликарство, оно је постало још хуманије и уметнички још зрелије. Из овог периода најпознатије су две слике: Богородица међу стенама и Тајна вечера. Познато је да је 1498. у Милану одржан «научни дуел» између уметника и научника и да је Леонардо већ тада имао готову књигу о сликарству. У тој форми она се до наших дана није очувала. Па ипак, према његовим рукописима и белешкама његових ученика састављен је *Трактат о сликарству*, једна од најмудријих књига ренесансе у којој су сакупљена сва њена знања о уметности. Многим својим деловима *Трактат* превазилази ниво обичног сликарског дневника и често залази у филозофију и науку, оперише са математиком и геометријом.

Срећне године проведене у Милану, испуњене радом у науци и пуним стваралаштвом у уметности, прекинуте су 1499. За Леонарда настају тешки дани. Ради као сликар и инжењер и 1503. године се враћа у Фиренцу. Била је велика разлика између Фиренце коју је напустио као младић и ове у коју се вратио као педесетогодишњак. Његов повратак у Фиренцу се десио баш у време кад су у граду постављали Микеланђелов кип Давида, тако да су се за извесно време у истом граду нашла два највећа уметника Италије.

Изгледа да су најсрећнији часови овог другог фирентинског периода били везани за једну слику, надалеко чувену Мона Лизу. И данас се расправља о њеном загонетном осмеху.

Концентрисан на своје списе и дубоко усамљен, Леонардо је умро 2. маја 1519. године.

Научно и уметничко Леонардово наслеђе заиста је огромно. Ренесансана мисао добила је у њему најизразитијег представника, његово дело је значило препород човечанства. Његове књиге: о отпору, машинским елементима, удару, тежи, лету птица, као и студије из ботанике, геологије, астрономије, анатомије и инжењерије представљале су визије које је будућност човечанства потврдила. Нажалост, мало је његових дела очувано, али оно што је успело да прође кроз време и дође до нас, открива нам сву генијалност овог уметника, научника и филозофа.

Веза физике и уметности

Симетрија

Пише: Марко Војиновић

Симетрија је један од централних појмова у модерној физици. Из постојања симетрије у неком физичком систему може се закључити веома много о његовим особинама, понашању и структури. Но симетрија није везана искључиво за физику, већ има много општији карактер и може се сматрати једним од фундаменталних појмова уопште.

Шта је симетрија? Каже се да је објекат који посматрамо симетричан у односу на неку трансформацију ако није могуће уочити разлику на објекту пре и после трансформације. У овом смислу, појам симетрије је везан за неки скуп трансформација које неће променити изглед објекта.

На пример, ако посматрач гледа у коцку на столу, уочиће њену оријентацију у односу на остале предмете који се ту налазе. Нека тај посматрач окрене леђа столу, а ми заротирамо коцку за 90 степени. Када посматрач поново погледа коцку, неће на основу њеног положаја умети да каже да ли смо је окренули или не, на коју страну и за колики угао. Зато кажемо да је коцка симетрична у односу на трансформације ротације око свог центра за 90 степени око одговарајућих оса.

Чињеница да се неки објекат није променио након одређене трансформације указује на то да је објекат на неки начин правилан, односно да поседује неку особину на коју трансформација не може да утиче. Тада се каже да је та особина очувана, и закључујемо да у том случају постоји одговарајући закон одржања. Наравно, важи и обратно: ако уочимо да постоји неки закон одржања, онда можемо да закључимо да је објекат који посматрамо симетричан у односу на неке трансформације.

Ова еквиваленција између појма симетрије и закона одржања представља темељ на коме је сграђена практично сва модерна физика. Ако задамо симетрију која важи у природи, онда следе информације о томе од чега се материја састоји (тј. појам и особине елементарних честица), како интерагује са другом материјом (тј. закони силе међу елементарним честицама) и како се мења са временом (тј. закони кретања елементарних честица). А пошто се од елементарних честица састоји све остало, задавањем симетрије ми заправо задајемо комплетан опис свега што постоји у природи. Зато је основни задатак физике да што прецизније одреди која симетрија влада у природи. Све остало следи одатле.

На основу овога можемо видети да је моћ коју симетрија има веома велика, и да је она веома фундаменталан појам. Са друге стране, симетрија се не појављује само у физици.

Сликарство је један од примера где симетрије има веома много. Сви правилни геометријски ликови и

јесу правилни зато што су симетрични у односу на одређене трансформације. Појам перспективе и идеја осликавања тродимензионалних предмета у равни је везана за пројекције тела на раван, што је заправо тзв. централна симетрија. Осим ње, често се јављају и аксијална и ротациона симетрија. Композиција боја и осветљености на слици је такође често веома симетрична, иако неупућени посматрач на то не обраћа пажњу. Појам комплементарних боја је везан за симетрију "допуни до беле" (или црне, зависно од дефиниције).

Вајарство, архитектура и урбанизам такође обилују симетријама, као и сликарство. Људско тело, на пример, поседује симетрију рефлексије у односу на раван која дели леву и десну половину, што се веома много експлоатише у вајарству, нарочито кад је у питању лице. За разлику од сликарства, у вајарству и архитектури више долазе до изражаја просторне симетрије него планарне.

За овако честу појаву симетрије у уметности постоје и објашњења. Психолози су, истраживајући појам лепоте, вршили разне тестове, међу којима је било неких следећег типа: испитаницима је приказиван низ фотографија разних људи, и сваки испитаник је бирао једну особу са слике која је по њему визуелно најлепша. Трик је био у томе да нису све фотографије биле природне, већ су се међу њима налазиле и неке компјутерски обрађене, и то тако што је симетризована лева страна лица са десном, и/или је више ликова разних људи стављено један преко другог а резултујућа слика затим "усредњена".

Резултат испитивања је био да су испитаници чешће бирали вештачки генерисане слике него обичне, на основу чега је закључено да им се више свиђају људи који имају "просечно" и симетрично лице. А то је управо одраз симетрије. Лице коме се лева половина не разликује од десне је евидентна симетрија, а "просечно" лице је заправо скуп оних анатомских особина које се неће променити када мењате конкретне ликове, односно у питању је закон одржања, који је опет последица симетрије (ово је, наравно, све приближно, јер не постоји анатомска особина лица која је егзактно иста за све људе).

Тиме долазимо до одговора на питање откуд толико симетрије у уметности. Људи симетрију доживљавају као одраз лепоте, у овом или оном смислу, већ у зависности од тога шта је предмет посматрања.

Теорије које покушавају да опишу функционисање људске свести (превасходно у циљу развоја вештачке интелигенције) често полазе од тога да људско биће своје чулне утиске сортира и уређује тако што уочава правилности, понављања, склад, односно симетрије у тим утисцима, чиме олакшава себи обраду великог броја података. Сем тога, уочавање правилности омогућава операцију апстраховања неважних детаља чиме се утемељује пут дефинисању појмова (шта је дрво, столица, птица, зелено, врућe, итд…). Природно је, стога, да људима високосиметрични објекти и појмови пријају (јер их мозак лакше обрађује), па их зато доживљавају као лепе.

Ако се сада вратимо физици, видимо да трагање за симетријом природних закона представља човекову природну тежњу да уочи склад у свету око себе, како би га боље и лакше разумео. Тај склад и симетрија природе представљају у исто време и њену лепоту.

Боје у физици и уметности

Пише: Зорица Пајовић

Видљива светлост постоји у релативно уској зони електромагнетног спектра. У њој је смештен скоро бесконачан низ нијанси које дају боје потребне за потпун свет људског доживљаја. Боје видимо свуда око нас, уметници их користе да би се изразили, али шта су то заправо боје, најбоље знају – физичари.

Светлост је много општији појам од боје: то је енергија која путује кроз простор брзином од триста хиљада километара у секунди. Још у предисторији, људи су користили моћ светлости кроз ватру, а касније кроз открића уређаја за осветљење као што су свеће и гасне лампе. Пред крај деветнаестог века, откривена је електрична природа светлости. Каснији технолошки развој је довео до револуционарне промене у људским животима. Ако хоћете да видите који су резултати тих открића, покушајте бар један дан да живите без електричне енергије и свега што она покреће. А како је све почело?

Прво опажање које се односи на светлост потиче од старих Грка, који су препознали да светлост путује кроз ваздух у зрацима. Грчки научници су запазили и да када светлост обасјава неку средину попут стакла или воде долази до преламања или рефракција. Други тип контакта светлосних зрака са површином је одбијање или рефлексија, када се светлосни зраци враћају назад уместо да се апсорбују.

Грци су извели основне законе који се односе на преламање и одбијање светлости, предвиђајући да је при одбијању упадни угао приближно једнак углу под којим се светлост одбија. Међутим, они су долазили и до погрешних закључака као што је веровање да светлосни зраци потичу из ока и путују

према објектима чинећи их видљивим. Неких 1500 година после процвата Грчке цивилизације, Арапски физичар Алхаусен, понекад називан најзначајнијим научником средњег доба, показао је да светлост долази из извора као што је Сунце, а до ока долази тако што се рефлектује од предмета.

Следећа велика ера у проучавању светлости почиње са ренесансом. Мора се признати да су у то доба сликари били знатно успешнији у проучавању боја од научника. Научни метод се тек рађао, а сликарство је било у процвату.

Током раног седамнаестог века Галилеј и Кеплер су направили први рефракциони телескоп, док је холандски физичар и математичер Снелијус даље објаснио законе преламања.

Исак Њутн је дао велики допринос у истраживању теорије боја. Био је заинтригиран светлошћу, једнако као и гравитацијом. Његов рад у оптици (грани физике која проучава стварање и простирање светлости) иако не епохалан као онај у механици, свакако је био значајан. У то време, физичари су схватили да призма може бити коришћена за дифузију светлосних зрака, а нарочито за стварање низа боја из снопа беле светлости. Преовлађујуће мишљење у то време било је да је бела боја појединачна боја као и друге, док је Њутн сматрао да је она комбинација свих осталих боја. Да би доказао своје мишљење усмерио је сноп беле светлости кроз призму, а онда дозволио дифундованим бојама да прођу кроз другу призму, где су се оне поново стопиле у белу светлост.

Њутн је дао низу боја у видљивој светлости назив спектар. Распоред боја у спектру је следећи: црвена-наранџаста-жута-зелена-плава-љубичаста. Као додатак овим основним бојама Њутн је додао седму боју, индиго, која се налази између плаве и љубичасте. Разлог за овакав распоред боја у спектру, који је објашњен касније у контексту електромагнетног спектра, Њутну није био познат. Један од разлога био је и то што је живео у времену када се о електромагнетизму није много знало, а свет је схватан као високо рационалан, уређен механизам. Његова интерпретација спектра као низа од седам боја, била је повезана са постојањем седам нота у музичкој скали.

Нема очигледне повезаности између светлости и електромагнетне силе опажене у електричним и магнетним интеракцијама. Ипак, светлост је пример електромагнетног таласа и део електромагнетног спектра. Пробој у разумевању и утврђивању електромагнетне природе светлости приписује се двојици великих физичара - Максвелу и Херцу.

Максвел је предложио да електромагнетна сила може имати аспект таласног феномена и његови експерименти потврђују да електромагнетни таласи треба да путују истом брзином као светлост. Сматрао је да ово није само случајност и да електромагнетна интеракција укључује не само електрицитет и магнетизам, већ и светлост. Нешто касније Херц је потврдио Максвелову хипотезу показујући да електромагнетни таласи задовољавају исти закон рефлексије, рефракције и дифракције као и светлост.

Виђење боја са становишта физике тј. светлости са једне стране и из уметничког угла са друге стране се донекле разликује. Бела боја је комбинација свих боја, док црна боја представља одсуство боја. Када се говори о мастилу, нијансирању или другим облицима уметничке пигментације, црна је "права" боја, али у смислу светлости није. На исти начин,

осећај хладноће је реалан, али "хладно" не постоји као физички феномен: то је просто одсуство топлоте.

Смеша пигментација је потпуно другачија од смеша светлости. У уметничкој пигментацији примарне боје су: црвена, плава и жута. Црвена помешана са плавом ствара љубичасту боју, плава и жута стварају зелену, а црвена и жута наранџасту. Црна и бела боја се обично стварају коришћењем природних супстанци те боје, нпр. креда за белу или различити оксиди за црну. Са друге стране, за светлост плава и црвена су примарне боје, док је трећа примарна боја зелена, а не жута. Од ове три примарне боје могу се направити све друге нијансе видљивог спектра.

Механизам људског ока одговара на три примарне боје видљивог дела спектра: очна мрежњача је снадбевена са сићушним купама које одговарају на

црвену, плаву и зелену светлост. Купе реагују на светлу свестлост, док други шипкасти делови мрежњаче реагују на тамну светлост. Зеница регулише количину светлости која улази у око.

Свој допринос у развоју теорије боја дали су многи уметници међу којима су запажену улогу имали Жорж Серат и Василиј Кандински.

Серат је нарочито остао упамћен по проучавању теорије "оптичког стапања", тј. двама начинима сликања - поентилизму и илузионизму. Ова проучавања започео је Птолеми још у другом веку када је изнео два начина за постизање оптичког стапања. Један је говорио да је угао гледања створен зрацима светлости од веома малих узорака боје, сувише мали да би се те боје могле независно видети оком, тако да тачкице различитих боја заједно посматране изгледају као иста боја. Други начин се односио на покретне слике. Ови закључци су поновљени у 19. веку и назначени као правац у уметности - неоимпресионизам.

Сератова обузетост теоријом боја и њена примена на модерно сликарство је имала велики утицај на друге уметнике током и после његовог живота. На основу бројних истраживања закључио је да треба да задржи боје одвојено да би добио већу осветљеност и бистрину, које онда повећавају ефекат хроматичности. Серат је за бојење неба користио плаву и белу боју, са веома малим примесама рефлектоване боје у води. Боју лишћа је постизао са љубичастом, наранџастом и бледоцрвеном са зеленом, а сенке са љубичастом и плавом.

Идеја да боја носи унутрашњу лепоту и размишљање је потекло од Василија Кандинског преко његовог сликања и писања. Врло је интересантно да је физика значајно утицала на рад Кандинског, што се може видети из његових аутобиографских бележака између 1901. и 1913. године. Рентгеново откриће X-зрака и прављење првих снимака унутрашњости организма утицало је на Кандинског да покуша и он да види "невидљиво". Тврдио је да у његовој души распад атома представља синоним за распад читавог света. Открића у квантној механици су га навела да му се читав свет учини неодређеним и непредвидљивим, тако да га не би зачудило чак ни да се камен испред њега распадне у парчиће.

Кандински је веровао да боја има директан утицај на душу. Остала је забележена његова мисао: *"Боја је клавијатура, очи су бубањ, душа је клавир са много струна. Уметник тј. његове руке које свирају додирују једну дирку за другом, што изазива вибрације у души."*

Већ одавде је јасно да је Кандиски имао потпуно другачији поглед на живот и рад од Серата. Серат је на неки начин био обуздан у свом стварању, док је Кандиски ишао према потпуној апстракцији у смислу свог погледа на околни свет. Велики део његовог рада је директно био повезан са другим облицима уметности као што је музика. Доминантне боје на његовим сликама су жута и црна. Огромне црне форме су повезане са великим клавиром који је играо важну улогу на Шонберговим концертима, а са којих је црпео надахнуће за своју уметност. Кандински је веровао да боје имају моћ у изражавању и да је звук боја животан.

Боје су свуда око нас и то је срећа о којој мало ко размишља. Довољно је да посматрамо нијансе зелене траве или плавог неба и да уживамо. Ако хоћемо још више да се одушевимо бојама можемо да погледамо неко уметничко дело. Али ако желимо да разумемо шта су то боје, онда треба да учимо физику.

Поглед у историју уметности

Детективски посао за физичаре

Пише: Слободан Бубњевић

Управо физичари решавају тајне из историје уметничких дела које су дуго мучиле историчаре, конзерваторе или археологе. Истраживачке технике из физике често спашавају драгоцене артефакте, омогућују хватање фалсификатора или отварају неке нове видике на сасвим обичне детаље из прошлости.

Недавно су физичари открили како је у старом Египту прављена шминка за очи. Физичар Тамаш Унгар и његов тим са Универзитета у Будимпешти, расветлио је како су стари Египћани правили сенку за очи, карактеристичну за староегипатски *make-up*. Помоћу дифракције X зрака на ситним кристалима у 39 узорака археолошког козметичког праха, Унгар и његове колеге израчунали су димензије, расподелу по величини и густину деформација у кристалима. Поређењем тих података са природним кристалима истог хемијског састава, закључено је како су Египћани добијали своје боје за шминку. Сјај је настајао пажљивим скидањем праха са крупнијих, рефлексивних кристала. Црна мат боја добијала се после сат времена гњечења кристалног праха у туцанику, а жута и плава нијанса загревањем кристалног праха на ватри.

Сличан случај догодио се и пре неколико година. Тим физичара са Универзитета у Перуђи разрешио је тајну боје италијанске керамике из периода ренесансе. Историчарима уметности није било јасно како су ренесансни мајстори у XVI веку успевали да начине глазуру специфичних црвених и златних боја које у то доба уопште нису постојале. Рецепт ренесансних уметника није био познат све док физика није почела да испитује чувену италијанску керамику. Истраживање је показало да се у површинском металном слоју налазе сребрне и бакарне наночестице које изазивају преламање и рефлексију златних и сребрних боја. Пошто су процеси којим су честице сребра и бакра уграђене у глазуру врло слични онима који се користе у прављењу метал-стакло композитних материјала, закључено је да су боје ренесансне керамике настале спонтано, у процесу који је трајао вековима пошто је керамика испечена. Ово сазнање расветлило је стару тајну, а може да се користи и за прецизније утврђивање старости, такозвано датовање керамике.

Датовање је одређивање времена настанка старих уметнина, археолошких предмета или културних слојева. Већина метода којима се врши датовање неког предмета преузете су из физике. Посебно је занимљив ангажман физике на утврђивању ауторства уметничких дела. Суме које антиквитети и уметничка дела достижу на аукцијама мотивишу преваранте да праве све више фалсификата чија је израда све вештија и прецизнија. Зато се трговци уметнинама често обраћају физичким лабораторијама у жељи да утврде старост и порекло

предмета који продају или купују.

Све методе датовања деле се на апсолутне и релативне, што зависи од тога да ли одређују старост у годинама појединог материјала или упоређују два узорка по старости. Различити материјали захтевају различите технике датовања. За датовање материјала органског порекла (дрво, угљен, папир) користи се врло популарна метода радиоактивног угљеника или метод изотопа C^{14}. Она је заснована на такозваном угљениковом циклусу у живим организмима, као и на спонтаном распаду изотопа C^{14} у времену. Поред ове, има још неколико радиоактивних метода датовања, попут датовања узорака помоћу фисијских трагова, када се броје дефекти у материјалу настали као последица распада радиоактивног изотопа урана, U^{238}. За утврђивање старости уметничке керамике или других предмета који су настали печењем од глине, обично се користе термолуминисцентни тестови.

Продавци керамике данас не могу да обаве купопродају ако немају потврду да је керамички артефакт прошао тест старости преузет из физике, познат као термолуминисцентно датовање. Овакви тестови махом се обављају на универзитетима и физичким институтима, али су неки физичари основали и специјализоване компаније у којима се обављају термолуминисцентни тестови. Компанију Oxford Authentication основали су научници који већ 30 година обављају испитивање старости керамике за највеће трговце уметничких дела као што су Сотеби и Кристи. Ова компанија годишње обави преко 3000 тестова, у којима се обично проверава неколико узорака узетих са испитиваног материјала. Тако добијен прах, са зрном величине 4-12 микрона, доноси се у лабораторију где бива загрејан, а затим се мери износ термолуминисцентног зрачења, које настаје у керамици као последица подизања температуре. Интензитет зрачења директно говори о старости праха узетог са артефакта, што омогућује његово датовање.

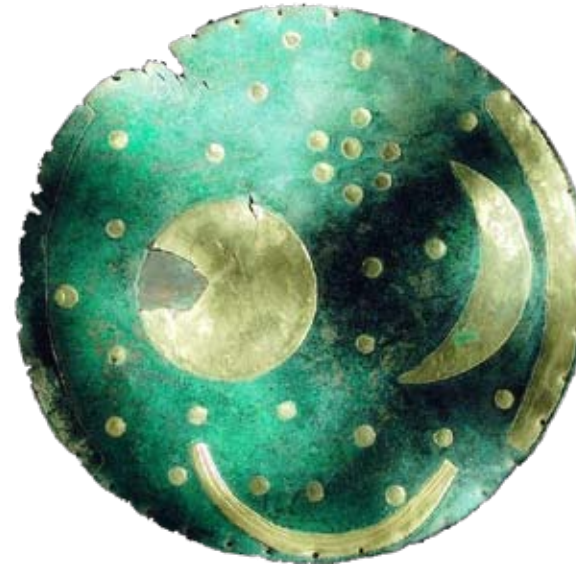
Обично се на проверу ставља кинеска, стара јужноамеричка и ренесансна керамика, али се тест може применити и на неке артефакте направљене од бронзе – то је могуће код бронзаних фигурина из Југоисточне Азије, у чијој изради се користи керамика око које се поставља бронзани облог. Термолуминисцентни тестови нису рутински, јер фалсификатори све чешће покушавају да им доскоче. Научивши лекцију-две из физике, преваранти у своје копије уграђују комадиће старе керамике на местима где очекују да ће бити скинути узорци, своју керамику праве од глине ископане у близини археолошких налазишта или пак, сами изводе поступак израчивања, покушавајући да вештачки учине керамику старијом. За сада, овакви покушаји лако се откривају у физичким лабораторијама.

Поуздано утврђивање година старости онемогућује препродају и других фалсификата. После разоткривања велике афере која се претходне године у Израелу догодила са лажном Соломоновом таблом, наводним доказом библијског текста, тестови датовања ће вероватно постати предуслов за признавање аутентичности било ког археолошког налаза. Организована мрежа фалсификатора толико је добро припремила превару и тек је други тест датовања показао да плоча, процењена на 10 милиона долара, није начињена пре 3000 година, када је подигнут Соломонов храм, већ да је направљена од обичног камена из једне крсташке тврђаве.

Но, кључна линија сарадње физике и хуманистичких дисциплина креће се око финих процедура анализе и заштите културних споменика, што се назива конзервација и рестаурација. Пошто при обради уникатних примерака културног наслеђа постоји потреба за добро контролисаним и недеструктивним техникама, модерна рестаурација постала је зависна од савремених инструмената и метода физике. Уместо превазиђених механичких техника, за контролу и обраду драгоцене културне баштине данас се користе ласери, нуклеарна резонанца, X зрачење и друге спектроскопске методе. Ове недеструктивне методе не оштећују материјал, а могу да понуде поузданије одређивање старости, стања и просторне расподеле оштећења на материјалу. Уз помоћ физичара, данас се конзервирају таписерије, фреске, сликане иконе, разне фигурине, па чак и старе књиге.

Један скорашњи случај показује како физика може да помогне и у откривању несталих цивилизација. Почетком 2001. године за један метални диск се на црном тржишту тражило 250 хиљада фунти. Када је доктор Харалд Мелер постављен за управника Музеја у Халеу, показана му је фотографија чудноватог металног диска, величине 30 центиметара у пречнику, украшеног златним представама Сунца, Месеца и 32 звезде. Наводно искован још у Бронзаном добу, предмет је ископан ноћу усред шуме, 180 километара јужно од Берлина, недалеко од немачког града Небре, због чега је већ био познат као "диск из Небре". После пуних годину дана драматичне истраге, доктор Мелер је уз помоћ швајцарске полиције уловио поседнике диска у хотелу Хилтон у Базелу.

Међутим, тек када је диск пренет у Музеј у Халеу,



Диск из Небре

за археологе су настале дилеме. Диск без порекла, пронађен у чудним околностима, мимо било каквог академског истраживања, није се могао сматрати релевантом ископином. Зато су позвани стручњаци за датовање. Доктор Хајнрих Вундерлих је уз помоћ кристалографских метода испитао слој корозије који је током времена настао на површини бакарног диска.

Ови тестови на диску, као и неки потоњи, потврдили су претпоставке да је стар 3600 година. То је диск из Небре учинило једним од најзначајнијих открића последње деценије, пошто је показало постојање развијене цивилизације на европском тлу, знатно раније него што се мислило. Звездана мапа, уцртана на диску, сматра се најстаријом коју је човек направио, настала пуних 200 година пре него што то учинили Стари Египћани.

Морис Корнелис Ешер

Човек који је насликао бесконачност

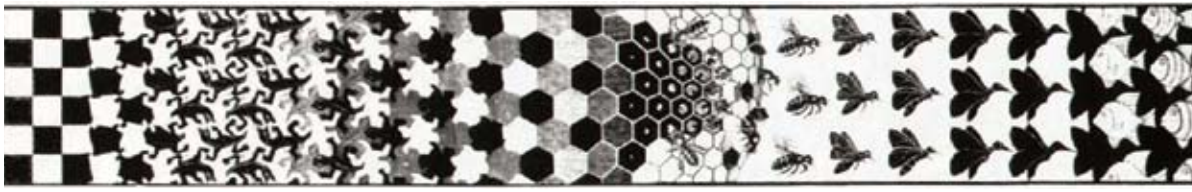
Пише: Владимир Јовановић

»Упорно се суочавајући са загонеткама које нас окружују, и разматрањем и анализом опажања које сам направио, завршио сам у домену математике. Иако немам апсолутно никакву обуку или знање из егзактних наука, често ми се чини да имам више заједничког са научницима него са својим колегама уметницима.«

М. К. Ешер (Maurits Cormelis Escher, 1898-1972), славни холандски графичар, је човек чији се радови најчешће помињу када се говори о вези науке и уметности. У току свог живота направио је 448 литографија, дрвореза и дубореза и преко 2000 цртежа и скица. Најпознатији је по својим студијама правилне поделе равни, графичким остварењима "немогућих структура", које је су идеја Роберта Пенроуза, чувеног британског физичара и математичара, графикама познатим као *Трансформације и Метаморфозе*. Оштрим оком и мирном руком графичара на феноменалан начин приказивао је ефекте рефлексије (сферна огледала), перспективе и симетрије, конкавности и конвексности. Предмет његових интересовања, које је вешто преточио у дрворезе и литографије, биле су и математичке занимљивости као што су полиедри и Мебијусова трака - површина са само једном страном! Осим ових визуализација неких математичких и физичких принципа, његова очараност пејзажима (посебно градовима, лукама и планинама на југу Италије) исказана је прелепим графикама.

Аутопортрет са сферним огледалом, 1935.

Када је 1922. године Ешер први пут посетио Алхамбру, маварски замак из XIV века у Шпанији, постао је опчињен проблемом правилне поделе равни. Запањен периодичношћу мотива (који су били различите правилне геометријске фигуре) на мозаицима у замку, почео је да развија идеју да се



Детаљ са Метаморфозе III, 1967/68.

раван може "поплочати" шарама које су периодично распоређене тако да између њих нема празног простора или преклапања (слично плочицама у кухињи). Шара се може поделити на неколико фигура, између којих, такође, не постоји празан простор. При формирању шара, прво падају на памет правилне геометријске фигуре, као што је квадрат. Међутим, Ешер је одлучио да уместо ових апстрактних фигура користи оне које имају више смисла-анђеле и ђаволе, гуштере, рибе, птице, коње, инсекте... Ове фигуре нису повезано само графички, већ и концептуално, тако да је њихово значење много дубље него сама подела равни. Он тиме изражава идеје као што су дуалност, симетрија, трансформација, метаморфоза и проналази дубоке везе између наизглед неповезаних објеката. Довољно је бацити поглед на било које дело из серије *Метаморфоза*. Његова страст дељења равни проширила се и на сферне површине, које је приказивао резбарењем на површинама дрвених кугли.

Граница круга III, 1959.

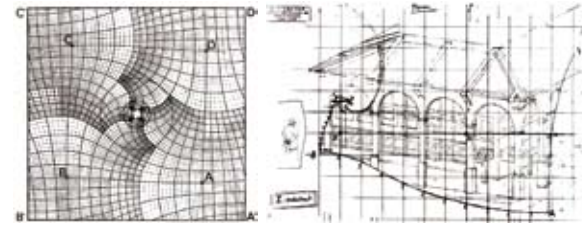
Нарочито интересовање за правилну поделу равни на фигуре које се међусобно преплићу имали су у Ешерово доба кристалографи зато што кристали имају сличну структуру (кристали расту по сличној шеми). Осим размене мишљења са кристалографима, Ешер је на овом пољу сарађивао и са математичарима. Канадски математичар Коксетер је развио систем поделе равни који је веома заинтересовао Ешера. На основу тог система створио је Границу круга, серију која се састоји од четири дрвореза. Уколико се крене из центра, јавља се све више шарених створења, која су све мања. У идеалном случају, на самој ивици круга требало би да буде бесконачно много бесконачно малих животиња.

Фигуре које се јављају на графикама су конкавне. Теже је, међутим, наћи које конвексне фигуре поплочавају целу раван. Математичари су дали класи-

Галерија отисака

фикацију конвексних геометријских фигура које могу поплочати раван. За сада је доказано да од свих полигона то могу сви троуглови и четвороуглови, правилни и још три класе неправилних шестоуглова и четрнаест класа петоуглова. Било који полигон са седам или више страница не може савршено поплочати раван. Овде није лоше рећи да је неколико оваквих класа конвексних петоуглова пронашла Марџори Рајс, домаћица и мајка петоро деце из Сан Дијега, која налик Ешеру, није имала много знања из математике.

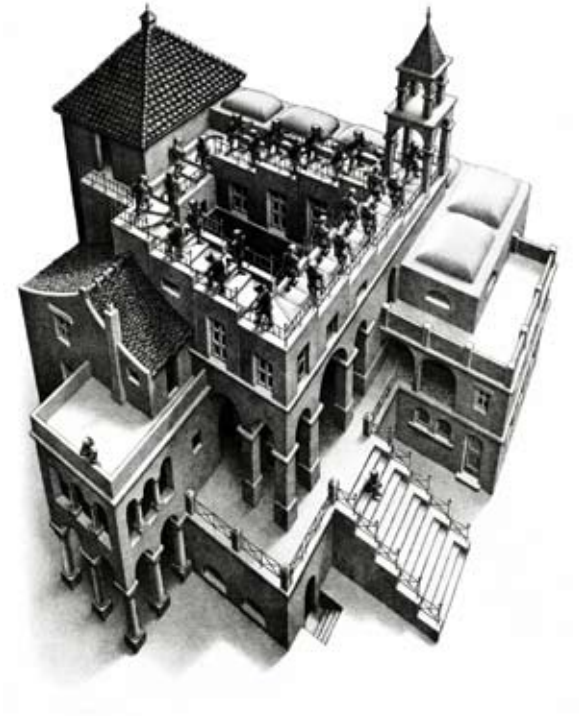
У мају 1956. године Ешер је, завршио своју литографију *Галерија отисака*. На њој је приказан младић који на изложби у галерији са интересовањем гледа у слику медитеранске луке. Док његове очи, са лева на десно, прате зграде и куће поређане на кеју,



Скице за побољшање галерије отисака

које су приказане на слици, он међу њима открива исту галерију у којој и сам стоји. У писму свом најстаријем сину написао је: *Мислим да никад у животу нисам урадио нешто овако чудно... Како је ово могуће? Можда нисам далеко од Ајнштајновог закривљеног универзума.* На средини ове литографије налази се бела кружна флека у којој је Ешер написао своје иницијале. Има ли бољег решења од ове беле флеке на средини слике? Испоставило се да су се математичари бавили и овим питањем и закључили су да има "бољег" решења. Не треба подценити Ешера зато што није насликао "боље" решење, јер га је вероватно знао, али хтео је свету да постави загонетку, као што је то и имао обичај. У побољшаној верзији ове литографије уместо беле флеке требало би да стоји иста ова литографија ротирана за око 158 степени и умањена око 23 пута. Идеална верзија би вероватно била она у којој се цела слика понавља бесконачно много пута.

Чувени физичар Роберт Пенроуз је први пут видео неко Ешерово дело 1954. године на конгресу у Амстердаму. То дело било је *Релативност* и инспирисало га је да, заједно са својим оцем дође до идеја о чувеном "немогућем троуглу" и "Пенроузовом степеништу". Своје идеје су отац и син објавили и копију рада послали Ешеру. На основу рада Пенроузових, Ешер је потом урадио две



Пењање и силажење

литографије, *Пењање и силажење* и *Водопад*, на којима је представио ове две идеје. Од тада су Пенроуз и Ешер у сталном контакту. Последња подела равни коју је Ешер направио годину дана пре смрти била је по загонетци коју му је задао управо Пенроуз.

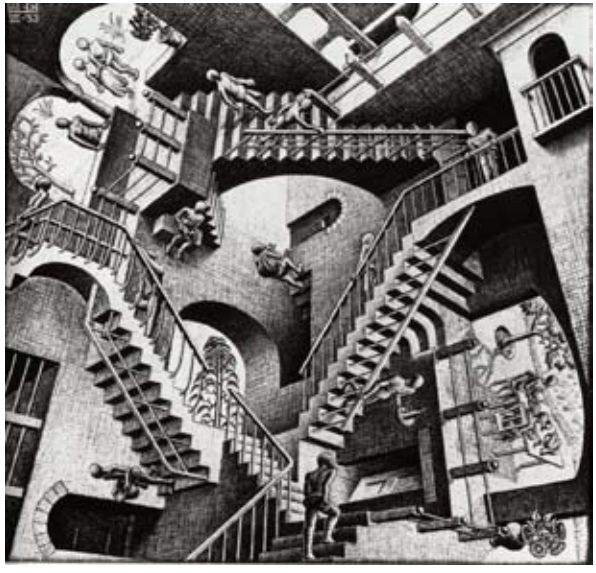
Ешер се бавио и питањем људског опажања конвексних и конкавних предмета, што је приказао на литографији Конвексно и конкавно, која је у уској вези са литографијом *Релативност*. Раме уз раме са немогућим структурама, ова дела изазивају наше поимање стварног света извртањем перцепције простора, и чине својеврсну целину. Многи су мислили да се Ешер у њима бавио оптичким илузијама, али није. То је само још један у низу примера у којима опажања гледаоца и тумачења поруке које је уметник хтео да пренесе својим делом могу бити веома различита од уметникових.

Ешерово дело не повезује се само са научницима, већ и са уметницима. Добар пример је и књига "Гедел, Ешер, Бах": Једна бескрајна златна нит Дагласа Хофштетера, у којој се Ешерово дело повезује са Баховим фугама и Геделовом теоремом. Када је у јануару 1966. године Хофштетер посетио Ота Фриша, једног од физичара који су играли главну улогу у откривању нуклеарне фисије, у његовој канцеларији је први пут у свом животу видео неки Ешеров рад. Графика је приказивала јато црних и јато белих птица које лете у супротним смеровима

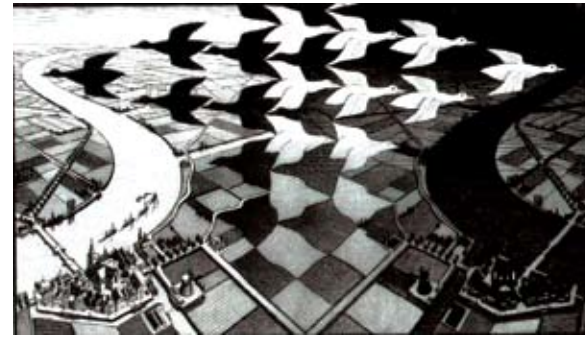
Сунце и месец

изнад градића на реци која вијуга кроз терен "поплочан" пољима и њивама. Дело се звало *Дан и ноћ*, а име које му је Фриш наденуо било је *Теорија поља*. Присећајући се тога Хофштетер каже: *Знао сам да је један од кључних принципа у срцу теорије поља такозвана CPT теорема, која каже да су закони релативистичке квантне механике инваријантни када се три "обртања" направе заједно: простор се рефлектује у огледалу, време тече обратно, и све честице замене са својим античестицама. Овај диван и дубок физички принцип био је у дубоком слагању са Ешеровом графиком...* И заиста, птице би се могле посматрати као честице и античестице, цела слика има огледалску симетрију, а супротан проток времена представљен је тако што је на једној половини слике дан, а на другој ноћ.

За Ешера је карактеристично да су његову уметност највише ценили и схватали пре свега



Релативност



Дан и ноћ, 1938

научници . Играо се са архитектуром, перспективом и немогућим просторима. Био је врло прецизан у посматрањима, а као мислилац био је неуморан и дубок. Његове графике у гледаоцу изазивају дивљење, поштовање и занесеност, али исто тако усмеравају на потпуно другачији поглед на свет око себе путем детаљних представа симетрије, дуалности парадокса, хармоније и пропорције. Ешер нам приказује стварност која је разумљива, у којој још има места за дивљење и чуђење. Оне маме машту да открива и истражује везе између ствари. Зато није чудно то што га многи сврставају међу »мислеће уметнике« заједно са Да Винчијем, Дирером или Пиером дел Франческом.

Његова вера почивала је на идеалу природног поретка. Када је прихватао награду за културу холандског града Хилверсена 1965. године, рекао је: *»Закони појава које нас окружују-ред, правилност, циклична понављања и обнављања су од све веће и веће важности за мене. Свест о њиховом присуству даје ми мир и обезбеђује ми подршку. Покушавам да својим принтовима посведочим да живимо у прелепом и уређеном свету, а не у безобличном хаосу, као што се понеки пут чини.«*

Фрактали

Слике из димензије X

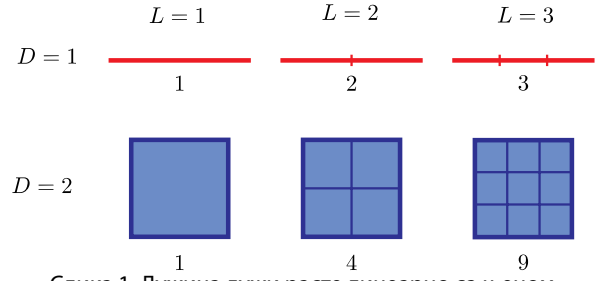
Пише: Милован Шуваков

Основни научни проблем са којим су се уметници вековима бавили је како представити тродимензионалан свет у којем живимо на дводимензионалном папиру. Неки су у двадесетом веку покушали да превазиђу тај проблем и да направе тродимензионалне слике, али нико није био толико креативан као научници који су открили нове просторе у којима живе објекти који нису ни дво- ни тро-димензионални, а уз то јако лепо изгледају.

До почетка прошлог века термин димензија је у науци имао два значења. Прво је везано за број реалних бројева (понекад и неких других) који је потребан да се једнозначно одреди положај тачке у неком простору (за наш простор овај број је три, зато кажемо да живимо у тродимензионалном свету). Друго значење је везано за број променљивих који се користи у опису неког динамичког система. Да бисте описали воз који се креће довољно је да у сваком тренутку знате његов положај и брзину, дакле потребне су две величине. Примећујете да је у оба случаја димензија природан број. Појава нових геометријских објеката захтевала је увођење и трећег значења, што је урадио Хаусдорф 1919. године.

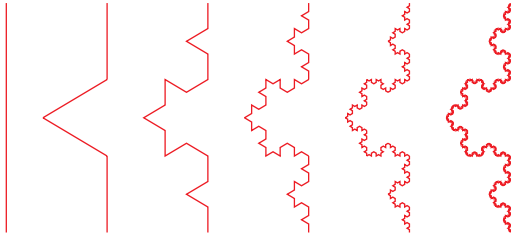
Хаусдорфова (фрактална) димензија

Ако страницу коцке повећамо 2 пута, њена запремина се повећа 8 пута. Ако је пак повећамо 3 пута, њена запремина се повећа 27 пута. Можемо закључити да се запремина коцке повећава са кубом увећања њених линеарних димензија. На слици 1. је илустровано шта се дешава са дужи и квадратом када се повећавају њихове линеарне димензије. Видимо да важи формула $M = M_0 L^D$, где M представља меру увећаног тела (дужину, површину или запремину), M_0 меру тела пре увећања, L линеарно увећање, а D димензију (за дуж је 1, за квадрат 2, код коцке 3).



Слика 1. Дужина дужи расте линеарно са њеном величином, а површина као квадрат

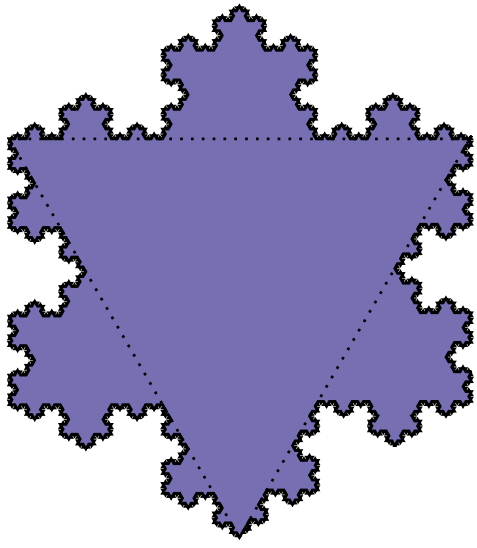
Сада размотримо објекат који се добија процедуром приказаном на слици 2. Крећемо од дужи, којој у следећем кораку одузимамо средњу трећину и додајемо друге две ивице једнакостраничног троугла конструисаног над њом. У сваком следећем кораку понављамо ово са сваком од новонасталих дужи. Тело које се добија након бесконачно корака приказано је на слици 3 и зове се Кохова пахуљица. Можда вам на први поглед не личи на пахуљицу, но



Слика 2. Рађање Кохове пахуљице

ако замислите три таква објекта поређана у круг ствар се драстично мења (слика 3.). Ипак под термином Кохова пахуљица, у даљем тексту, подразумеваћемо последњи објекат из низа са слике 2.

Сада означимо меру једне четвртине Кохове пахуљице са M_{m}, а целе са M_{v}. Шта год та мера била, од ње очекујемо да је мера више објеката једнака збиру мера појединачних објеката (ова особина се зове адитивност). Пошто се велика Кохова пахуљица састоји од 4 мале тако да важи $M_{\mathrm{v}} = 4M_{\mathrm{m}}$. Са друге



Слика 3. Кохова пахуљица

стране велика пахуљица је 3 пута већа од мале (зато што је конструисана на 3 пута већој дужи) па важи $M_{\mathrm{v}} = M_{\mathrm{m}}3^D$. Из претходне две једначине добијамо $3^D = 4$ односно $D = 1,262$! Колико год чудно звучало димензија овог објекта није целобројна! Пошто је димензија између један и два пахуљица нема ни дужину, ни површину (дужина је бесконачна, а површина је нула)!

Објекти попут Кохове пахуљице називају се фрактали. Формална дефиниција фрактала је компликована, стога ћемо под фракталима подразумевати самосличне објекте, тј. објекте чије делове можемо трансформацијом сличности пресликати у цео објекат, као што код Кохове пахуљице уочавамо 4 дела слична целој пахуљици.

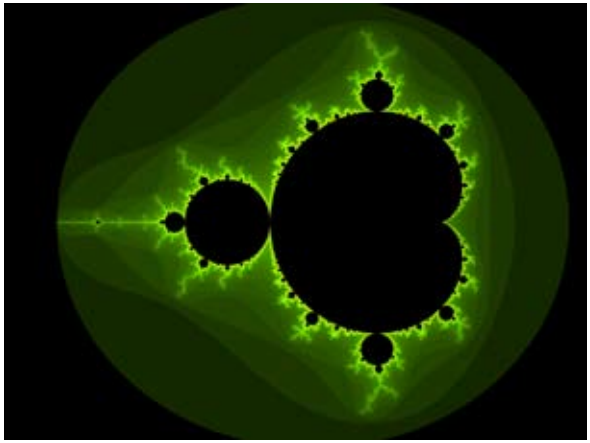
Компјутерски генерисани фрактали

Поред фрактала као што је Кохова пахуљица, која се добија понављањем геометријске фигуре постоје и многи други. Већина таквих фрактала се лако компјутерски генерише. Постоје алгоритми за њихово бојење, врло често без математичког смисла. Употребљавају се у дизајнирању улазница за концерте, амбалажа за разне производе, у веб дизајну, филмској индустрији...

Погледајмо како да генеришемо фрактал. Уколико сте заинтересовани, без пуно труда можете наћи доста алгоритама на интернету. Посматрајмо следећи низ:

$$
\begin{aligned}
z_0 &= 0 \\
z_1 &= z_0^2 + m \\
z_2 &= z_1^2 + m \\
&\cdots \\
z_n &= z_{n-1}^2 + m
\end{aligned}
$$

где је m комплексан број. Скуп параметара m за



Слика 4. Манделбротов скуп

које овај низ конвергира назива се Манделбротов скуп (слика 4.). Његова граница је фрактална са Хаусдорфовом димензијом два. Ово је један од примера да нешто што нам на први поглед изгледа "линеарно" (формално гледано скуп тачака који се добија непрекидним пресликавањем из скупа реалних бројева) има димензију тачно два. То је уједно и максимална димензија објекта смештеног у раван. Уколико неко од вас жели, може да напише компјутерски програм који црта Манделброт скуп. Алгоритам је следећи:

1. За сваку тачку на екрану израчунамо m (узимајући за границе екрана унапред одређен опсег)
2. Генеришемо M чланова низа z_i.
3. Уколико је последњи елемент низа изашао из неког унапред одређеног круга (нпр. $|z_N| > 1000$) ту тачку бојимо у црно, у супротном бојимо је у бело. Ако хоћете да укључите и друге боје, можете да тачку бојите у зависности у којој итерацији је низ "побегао" из задатог круга.

Фрактали у природи

Вероватно ћете помислити: "Све ово је лепо, има ту уметности, али где је физика? Све што смо до сада видели су апстрактни објекти и шарене слике. Где су фрактали у природи?" Уколико сте икада видели дрво, држали у руци пахуљицу, гужвали новине, гледали облаке, сакупљали шкољке и пужеве, удисали ваздух, јели броколи, мирисали јоргован, нисте далеко од одговора. Управо све ово поседује фракталну структуру.

Дрво расте тако што грана испусти пупове из којих израсту нове гране. Ове нове гране се понашају идентично као и она од које су настали, само што су мање. И то је то, сачекате коју годину и имате дрво. Лепота комплексне структуре дрвета управо се састоји у једноставности правила којима је направљено. А зар није тако и са свим осталим?

Одрастао човек након рођења порасте око 4 пута. Ово значи да се његова телесна маса повећа 64 пута

Слика 5. Броколи - пример фрактала у природи

Мерење фракталне димензије згужваног новинског папира

Теоријске напомене:

Маса згужваног новинског папира зависи од линеарних димензија као степена функција где степен представља димензију. Уколико пажљиво гужвамо новине тако да оне поприме лоптаст облик важи $m = cR^D$, где је m маса, R пречник, c и D константе од којих друга представља фракталну димензију. Након линеаризације логаритмовањем добијамо $\ln m = \ln c + D \ln R$. Дакле логаритам масе линеарно зависи од логаритма пречника са фракталном димензијом као коефицијентом правца.

Апаратура и материјал:

- лењир са милиметарском поделом или нонијус
- стара "Политика" или неке друге дневне новине или часопис (никако не покушавати са часописом младифизичар, овај часопис се чува)

Поступак:

Направити куглице од згужваног папира масе: 1, 1/2, 1/4, итд. Овде су масе приказане у релативним јединицама где 1 означава масу највећег папира из новина (4 стране), остале добијате његовим половљењем. Измерити њихове пречнике (више пута на различитим местима, ради увида у грешку мерења која је последица како неидеалности мерења тако и одступања облика куглица од идеалне лопте). Нацртати график зависности логаритма масе у зависности од логаритма пречника. Одредити коефицијент правца (видети додатни час, Млади физичар 99) који представља димензију.

Напомена:

Можете извршити мерења са различитим новинама и видети да ли се и како разликују фракталне димензије. Такође можете мерити константу c, чији је логаритам одсечак на y-оси, и видети како се она понаша и од чега зависи.

и логично је да му је потребно отприлике толико пута више кисеоника него када је био мали. Међутим, ваздух се у плућима апсорбује на површини која је у том случају порасла 16 пута, чак четири пута мање него што је то потребно. Природа је решење за овај проблем нашла у "повећању" фракталне димензије површине плућа са два на екстремних 2.9 чиме се апсорпција кисеоника у нашем примеру повећа са 16 на око 56 пута. Ово је само један од примера где се фракталност у живом свету јавља као решење оптимализације неких функција организма. Крвни судови и мозак су исто примери фрактала.

Приликом настанка снежне пахуљице површински напон тежи да смањи површину и направи сферни облик, док га сама кристализација омета у томе тежећи да постави молекуле воде у тачно одређене међусобне положаје. Борба ових двеју сила за последицу има комплексну структуру пахуљице.

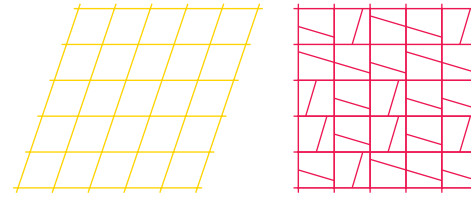
У скоро свакој грани модерне физике се јављају објекти, који имају фракталну структуру. Самосличност као њихова особина помаже физичарима да их проучавају, тако што познавање особина једног дела система даје слику о целом систему. А зар и то није уметност?!

Пенроузово апериодично поплочавање равни

Пише: Милован Шуваков

Ако у неком интернет претраживачу откуцате реч “поплочавање”, на нашем језику, добићете пар хиљада страница које се великом већином односе на почетак неких грађевинских радова у тамо некој улици. Људи су одувек уређивали своју околину користећи се предметима који поседују одређену симетрију. Периодично поплочавање је један пример тога. Развојем уметности, а видећемо да је за ово добрим делом одговорна математика, у употребу су ушле и асиметричне структуре. На први поглед у поплочавању нема ничег интересантног, сам облик плочица диктира како да их ређате. Да ли је заиста тако?

Поплочавање заправо представља покривање равни многоугловима из неког унапред задатог скупа. Уколико желите да користите само један правилан многоугао, то можете учинити на три различита начина: користећи се правилним троуглом, квадратом или шестоуглом. Поплочавање можемо учинити и са паралелограмом. У сваком случају добијате структуру која поседује транслаторну симетрију. Другим речима постоји транслација која ће ово поплочавање да доведе на само себе. Ако постоји једна таква транслација онда њу можемо применити произвољан број пута и самим тим добијамо бесконачну групу симетрија ових поплочавања. Оваква поплочавања називамо периодичним. Класификација група симетрија ових поплочавања је, веровали или не, прво занимала уметнике, а потом математичаре. Најпознатији од њих, који је у својим делима употребљавао свих 17 група симетрије пре него што су их математичари открили, је холандски графичар Ешер.

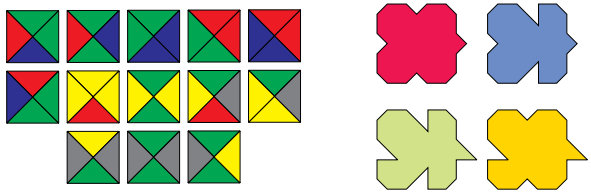


Слика 1. Периодично и апериодично поплочавање равни

Са друге стране апериодична пресликавања су она која немају транслаторну симетрију (могу имати ротациону и рефлексиону). Један од примера ових поплочавања је дат на слици 1. Кренемо од равни поплочане са квадратима, затим квадрате поделимо у подударне трапезе. Сваки квадрат можемо поделити на четири начина, тако да имамо слободу да спречимо периодичност.

Вангове домине

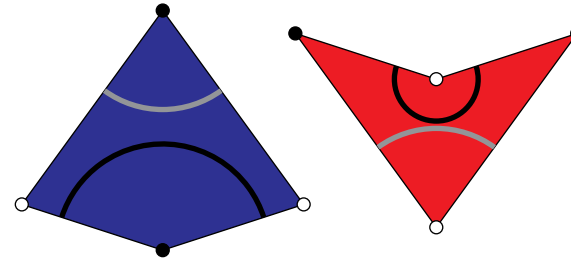
Поплочавање трапезима са слике 1. није нужно апериодично. Ако све поделе квадрата исто орјентишемо



Слика 2. Две верзије Вангових домина

добијамо периодичност. Међутим, постоје скупови плочица који поплочавају само апериодично. Године 1961. Хао Ванг је разматрао поплочавања са скупом квадратних плочица где свака ивица носи одређену боју. Овај скуп се зове Вангове домине.

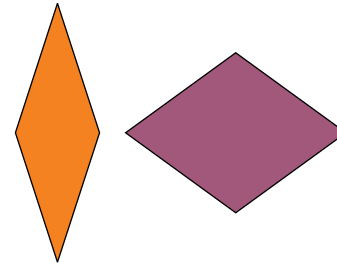
Приликом поплочавања плочице се не смеју окретати и могу се уклапати само оне ивице са истом бојом. Вероватно вам се ово чини као одступање од претходне приче, сада имамо боје и не смемо ротирати плочице. Ако хоћете да будемо формални, боје можемо заменити израслинама и удубљењима на квадратима (тиме мењамо боју: иста боја сада представља могућност уклапања, као код пазла). Ротирање ћемо забранити ако не дозволимо постојање истих израслина у два различита смера. Ванг је изашао са хипотезом да уколико постоји могућност покривања равни са неким скупом оваквих плочица онда оно мора бити периодично. Роберт Бергер је три године касније оборио ову хипотезу показавши не само да Ванг није био у праву већ да постоји такав скуп Вангових домина који поплочава искључиво апериодично. Прво је то показао са скупом од 20000 домина, а затим је смањио број на 104. С обзиром да је мало вероватно да је тада користио рачунар, претпостављам да је ово био мукотрпан посао. Касније је овај број смањен на 24 (Рафаел Робинсон, 1976.).



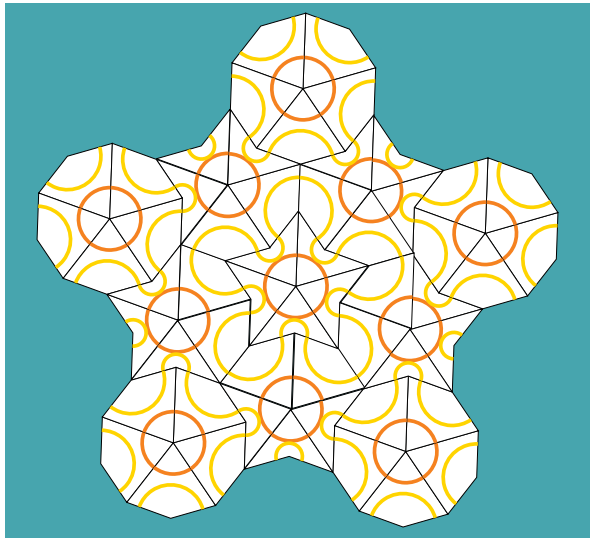
Слика 3. Први Пенроузов скуп (соко и стрела)

Пенроузово поплочавање

Године 1974. британски физичар и математичар Роџер Пенроуз је нашао скуп од шест плочица које нужно поплочавају апериодично, да би годину дана касније смањио овај скуп на само две. Постоје два различита скупа оваквих плочица. Приказани су на сликама 3. и 4. Прве две плочице су познате по именима соко (kite) и стрела (dart). На слици 3. уједно можемо видети црне и беле тачке (као и лукове различитих боја) које нам диктирају како треба да ређамо плочице да бисмо поплочали раван. Правило је да преклапамо темена са истом бојом (или да настављамо лукове исте боје). И уз ово ограничење поплочавање није једнозначно, зависи како почнемо ређање. Један пример је дат на слици 5. Сви који су заинтересовани могу направити ове плочице од картона и играти се (три угла код сокола су 72 степена док је четврти 144, а код стреле је један угао 72, два 36



Слика 4.
Други Пенроузов скуп
(ромбови)



Слика 5. Поплочавање соколом и стрелом

и један 216 степени).

Пошто постоји једнозначна веза између поплочавања са једним и другим скупом плочица (у коју нећемо улазити) у даљем тексту бавићемо се само другим скупом тј. ромбовима (углови код првог ромба су 36 и 144, а код другог 72 и 108).

Л-системи

Један од алгоритама за поплочавање равни са Пенроузовим ромбовима је помоћу Л-система, који представљају формализацију скупа правила узастопног деловања на неки систем чиме добијамо нова, сложенија стања. Име су добили по биологу Аристиду Линденмајеру који је 1968. године развијао модел за описивање раста биљака на ћелијском нивоу. Л-систем се састоји од: алфабета (променљиве), непроменљивих симбола (константи), почетног стања (низ променљивих и константи) и правила којима променљиве мењамо у низ променљивих и константи. Да видимо пар Л-система на примерима.

Пример 1. Фибоначијев низ (низ у ком је следећи члан једнак збиру претходна два: 1,1,2,3,5,8,13,...)

Алфабет: А, Б

Константи нема.

Почетно стање: А

Правила: А → Б, Б → АБ

Еволуција: А, Б, АБ, БАБ, АББАБ, БАБАББАБ, АББАБББАБАББАБ, ...

У сваком кораку користимо правила којима мењамо слова и добијамо следеће стање. Оно што смо добили је низ речи са бројем слова који одговара Фибоначијевом низу. Интересантно је да овај Л-систем има аналогон у биологији код размножавања пчела. Трут (А) се рађа из неоплођеног јајета и он за првог претка има само матицу (Б), док се матица (Б) рађа из оплођеног јајета и за прве претке има и трута и матицу (АБ)...

Пример 2. Кохова пахуљица

Алфабет: Д

Константе: +,-

Почетно стање: Д

Правила: Д → Д+Д–Д+Д

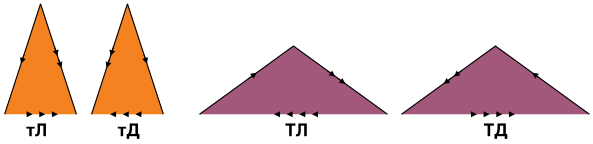
Еволуција:

Д,

Д+Д–Д+Д,

Д+Д–Д+Д+Д+Д–Д+Д-Д+Д–Д+Д+Д+Д–Д+Д ...

Д представља дуж, док + и – представљају скретања за 60 степени у позитивном смеру и 120 степени у негативном математичком смеру, редом. Какве ово везе има са пахуљицом видећете ако узмете оловку у руке и кренете да цртате пратећи инструкције дате

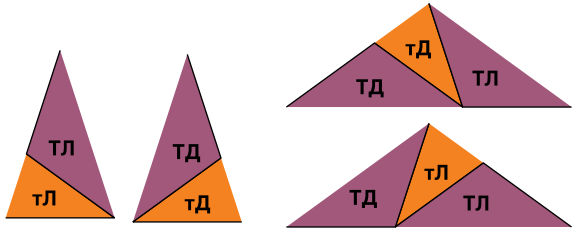


Слика 6. Алфабет Пенроузовог Л-система

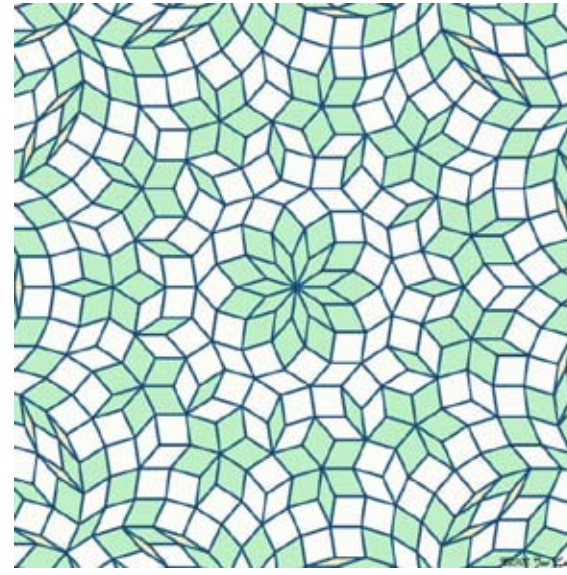
неким од чланова овог низа.

Математика се бави оваквим система, а ви можете са њима да се играте. Довољно је да изаберете алфабет, константе и почетно стање. Мењајте правила и видите шта ћете добити. Вероватно ће већина система бити незанимљива, но ту негде су скривене и праве посластице, само их треба наћи.

А сада да видимо како уз помоћ Л-система можемо покрити раван Пенроузовим ромбовима. Пошто је мало компликовано записати алфабет и стање преко низа слова то ћемо урадити геометријски. На слици 6. видите алфабет који се састоји од троуглова. Наранџасти троуглови чине половине "мршавог" ромба, а љубичасти "дебелог". Орјентисани тако да стрелице на страни која се спаја, када праве ромбове, иду у истом смеру. Константи нема, а почетно стање је један од ромбова. Правила замене троуглова су приказана на слици 7. Сада нам само остаје да пустимо систем да еволуира. Они који знају да програмирају могу да напишу програм који ће ово да ради, а затим ромбове могу бојити или чак у троуглове алфабета нацртати



Слика 7. Правила Пенроузовог Л-система


Слика 8. Поплочавање Пенроузовим ромбовима

шаре и видети каква се слика добија. Они који не знају, док не науче могу да се диве сликама попут слике 8, које могу наћи на интернету.

Још остаје да нађемо физику у свему овоме. Већина ствари која се открије у математици кад тад нађе примену у физици. У другом случају физичари сами улете у нове математичке терене и тамо ходају у мраку, што не значи да не иду у правом смеру, све док не пристигну математичари са својим формализмом као светлом. Овде се ради о првом случају. У природи постоје ткз. квазикристали који личе на апериодично покривање, додуше, не равни већ простора. У њима се на локалном нивоу атоми налазе у просторним ћелијама у тачно одређеном положају, међутим ћелије покривају простор на такав начин да немају периодичну структуру. У описивању ових материјала апериодична поплочавања су нашла своју примену.

Физика и фотографија

Пише: Бојан Николић

Да би настала добра фотографија, потребна је инспирација, али и - физика

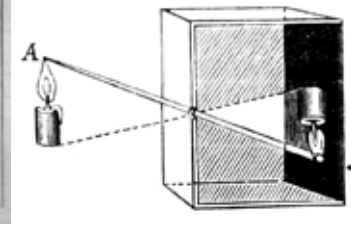
У делу De radio astronomico et geometrico liber холандски научник Рајнер Гема-Фризијус први пут је 1545. године приказао опис камере обскуре. То је направа којом се може посматрати помрачење Сунца без опасности за очи која би настала од директног гледања у Сунце. Слика која се стварала у камери обскури побудила је велико интересовање сликара и графичара. Из 1525. потичу гравуре-дрворези Албрехта Дирера на којима се виде његови ученици како помоћу једне направе, сличне камери обскури проучавају перспективу.

То је био почетак пројектовања слика на површину. Поступци који су тад развијени омогућили су сликарима боље разумевање перспективе, али тада још увек није било могуће да се слика заустави у времену. Тек је 1826. године француски проналазач Нисифор Ниепс разним хемијским поступцима успео да добије сталну фотографију. Од тада, ти поступци су се знатно унапредили тако да се фотографије добијају брже, а њихов квалитет је све бољи.

Инструмент којим се служимо ради стварања фотографске слике је фотоапарат, фото-камера, или како се то најчешће скраћено каже - камера.

Оно што је најуочљивије код фотоапарата је свакако објектив (посебно је то карактеристично код фотоапарата који се употребљавају на спортским такмичењима). Објективи су специјално изабрана сочива која имају за циљ да на негативу остваре што светлију, оштрију и правилнију слику. Једноставно сабирно сочиво - менискус не даје коректну слику у погледу оштрине услед аберација, физичких појава које се манифестују у неизоштрености и кривљењу линија слике. Због тога су објективи редовно састављени од више сочива разних облика и састава стакла, спојених у један оптички систем, који коригује грешке настале услед аберација. Не постоји објектив који отклања све грешке. Постоје само објективи који могу да испуне одређене задатке.

Код некоригованог објектива појављују се две основне врсте аберација: хроматска, која се манифестује при употреби сложене светлости и сферна, која је последица облика сочива и његове дебљине. Хроматске аберације су последица дисперзије светлости. Овај проблем се релативно лако отклања употребом комбинације два сочива од којих једно има већи индекс преламања, а друго особину да ствара већу дисперзију. Обично су та два сочива спојена чиме се



избегавају две непотребне површине ваздух-стакло. Такво сочиво се назива ахроматски дублет.

Сферне аберације настају услед сферичног облика и дебљине сочива. Оне су утолико израженије уколико објективи имају веће отворе-светлосне јачине. Сферне аберације се отклањају комбиновањем више сочива разних облика, сабирних и расипних, у један објектив.

Објективи редовно имају уграђену иришну дијафрагму (бленду). То је прстенаст уређај смештен између стакала објектива, који помоћу танких металних листића може да концентрично смањује и повећава отвор објектива. Сам отвор предњег стакла објектива назива се стварни отвор. Пречник отвора дијафрагме која се налази између стакала објектива назива се ефективни отвор. Површина отвора дијафрагме која се види у објективу назива се пупила објектива. Релативни отвор представља количник пречника корисног отвора дијафрагме и жижне даљине објектива и он је ограничен у два смисла. Он не може да буде неограничено велики, јер бисмо изгубили тзв. дубинску оштрину, али не сме бити ни превише

Прва фотографија

мали, јер би се тиме повећала дифракција светлости. Битно је нагласити да је релативни отвор потпуно независан од жижне даљине објектива и формата апарата, па је и одређивање експозиције потпуно исто за исти релативни отвор за сваки апарат ма ког типа или формата он био.

Врло важна ствар када фотографишемо је уоштравање апарата. Шта то значи? То значи да морамо тако подесити објектив (прецизније, одстојање од објектива до филма) да се светлосни зраци који падају на објектив секу тачно на филму. На истом принципу ради и људско око. Зраци који пролазе кроз сочиво морају се сећи у жутој мрљи. У супротном оно што гледамо изгледаће нам замућено. Понекад је важно да постигнемо оштрину и иза објекта који је у првом плану и на коме смо уоштрили апарат. Значи да није оштро репродукован само један план у простору,

него се оштро репродукује једна зона у простору. То је тзв. зона дубинске оштрине. Величина простора дубинске оштрине зависи од отвора дијафрагме, жижне даљине и удаљености апарата од предмета који се снима. Ако је пречник отвора објектива већи, зраци се секу под већим углом, па неоштрина наступа раније. Тиме се уједно смањује и зона дубинске оштрине.

Простор дубинске оштрине је утолико већи уколико је отвор објектива мањи, и обратно; са истом жижном даљином објектива и изоштреношћу на исто одстојање простор дубинске оштрине је утолико мањи уколико је отвор објектива већи.

Померање плана у коме се налази оштра слика објекта који се снима у пропорцији је са жижном даљином објектива. Одатле следи:

Простор дубинске оштрине је утолико већи уколико је жижна даљина објектива мања, и обратно.

С обзиром да већина апарата који су у масовној употреби (тзв. покет апарати) имају мале жижне даљине објектива, таквим апаратима се остварује велика дубинска оштрина.

Предмети који се налазе изузетно далеко дају слику у фокалном плану, тј. на одстојању једнаком жижној даљини објектива. Предмети који се налазе нешто ближе дају слику на нешто већем одстојању од жижне даљине. Одавде можемо лако закључити:

Простор дубинске оштрине је утолико већи уколико је објектив изоштрен на веће одстојање.

Осим оштрине, на фотографији су битне и боје. Квалитет боја (под претпоставком да имамо квалитетан филм и исправан апарат) на фотографији зависи од експозиције. Експозиција представља укупни учинак деловања светлости на емулзију и једнака је производу интензитета светлости и трајања осветљавања емулзије. Ако се снима под просечним околностима важи да се слабије осветљење надокнађује дужом експозицијом (ту је и блиц, наравно) и обратно. Међутим, ако су услови снимања такви да је осветљеност екстремно мала (ни блиц не помаже), имамо одступање од овог правила. То је тзв. Шварцшилд ефекат. Ова појава је добила назив по немачком астроному и физичару Карлу Шварцшилду који ју је открио (исти тај Шварцшилд је први нашао решење Ајнштајнових једначина опште теорије релативности у сферном гравитационом пољу). Наиме, он је установио да код светлости слабих интензитета постоји једна граница код које се експозиција може продужавати до бесконачности, а да емулзија на њу не реагује.

Ради постизања одређених колористичких ефеката на фотографији, користе се филтри. Боја филтра одговара боји коју пропушта, а комплементарна је боји коју упија. На пример UV-филтри упијају ултраљубичасте зраке и корисни су за сликања на мору и планинама где има доста UV-зрачења. Постоје и жути, наранџасти, црвени филтри итд. Филтри се користе у астрономији о чему можете читати у чланку *Како настају слике са свемирског телескопа Хабл.*

Да се направи добра фотографија са неког путовања, за лепе успомене са рођендана или журке ово је сасвим довољно знати. Наравно, лако се примећује да је овде било речи о тзв. аналогним апаратима, а не о дигиталним, који су у све масовнијој употреби. Принцип настајања слике објекта који снимамо је идентичан описаном, само што код дигиталних апарата нема филма и одмах видимо шта смо усликали. Закони физике су исти, само се користи још и дигитална технологија.

Од египатских до квантних пирамида

Колумниста: Ненад Вукмировић

Година је 2863. пре нове ере. Сунчано јутро. А какво би иначе и било у долини Нила. Менакс се буди из чудесног сна, узима санке и са својим ортацима прелази на свакодневни посао.

Санке вуку до обале Нила где се на њих утоварују блокови гранита и кречњака извађени у каменоломима на југу, на другој обали Нила. Потом се калдрмисаним путем враћају до Гизе и истоварују их. Ипак, то јутро је за Менакса било по нечему посебно. Чудесан сан који је уснио претходне ноћи није му давао мира. Осећао је да је у сну добио неку посебну поруку, знао је да је у питању нешто од цивилизацијаског значаја, али као што то бива са сваким сном, кад се пробудио није могао да се сети ничега. Оде санак пусти, помислио је, и наставио свакодневни посао док му је груди красио медаљон који је носила елита звана градитељи пирамида.

Дани су пролазили, а грађевина је расла, али Менакс на њу више није обраћао пажњу. Исти сан је снивао сваке ноћи, али увек кад би се пробудио не би могао да га се сети. Само је знао да је то онај сан. И ништа више. Његов живот је коначно добио смисао. Одгонетнути тај сан.

Година је 2856. пре нове ере. Јутро као да је облачно и Менакс навикнут да га бог сунца својим зрацима буди се успавао. Сан који редовно снива се зато одужио и почео да се понавља што му омогућава да га запамти. Менакс се коначно буди и доживљава просветљење. Сунце нису заклонили

облаци, већ велелепна грађевина пирамидалног облика, дужине основе од око 230 метара и висине око 140 метара. Порука из сна постаје јасна. Чему велико, кад може и мало! Мало, мање, много мање. Голим оком невидљиво, десет милијарди пута мање! Пирамидалног облика, створено у трену ока. Природно створено.

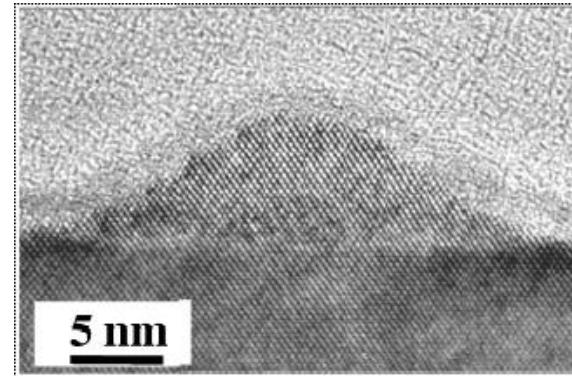
Векови су пролазили, а порука упућена Менаксу, иако дубока и јасна није могла у потпуности бити одгонетнута.

Порука се преносила на генерације и генерације Менаксових потомака у непромењеном облику. Свака генерација је у поруци налазила свој смисао, али свима је било јасно да ће пун смисао поруке бити схваћен тек кад се стекну непоходни услови за то.

Неки од Менаксових потомака су у зависности од земље, доба и друштвених услова у којима су живели због преношења поруке били и мучени, затварани, каменовани, а неки опет обожавани, слављени и хваљени. Ипак, сви су успевали у свом главном циљу, а то је да пренесу поруку на следећу генерацију.

Година је 1990. и нека после нове ере. Лабораторија за физику кондензованог стања једног од престижних светских универзитета (не смемо да кажемо ког да нас не би тужили). Менаксов потомак Н. Н, запослен на истом, је након вечери проведене у пабу, решио да се врати у лабораторију да електронским микроскопом одреди димензије наноструктуре коју је тог дана направио тако што је на супстрат од GaAs нанео слој InAs, а затим целу структуру опет прекрио GaAs-ом. У оно што је видео електронским микроскопом није могао да верује. Пошто су били ситни сати и пошто му је моћ расуђивања била из објективних разлога у том тренутку мало смањена, напустио је лабораторију и ноћ преспавао на клупи у оближњем парку.

Сунчеви зраци који су се попут ласерских зрака пробијали кроз густе крошње дрвећа у већ поменутом парку пробудили су Н. Н-а. Да се он пробуди додатно је помогао и камион градске чистоће који је стварао буку док је празнио контејнере. Јутро, које је, као што је добро познато, паметније од вечери, унело је нови смисао у поруку која се од Менакса генерацијама пренела до Н. Н-а. Оно што је видео претходне вечери било је мало, пирамидалног облика, дужине основе од око 20 нанометара и висине око 7 нанометара, дакле 10 милијарди пута мање од велелепне грађевине која је некада давно заклонила сунчеве зраке од Менакса. Из слоја InAs нанетог на GaAs природно су израсле InAs пирамиде. Уз малу људску помоћ, природно



је створено нешто много мање. Нема више санки, блокова песка и гранита, долине Нила.

Да ли је овиме у потпуности схваћена порука упућена Меноксу? Сигурно је да није.

Остаје питање чему овакве сићушне пирамиде. Научници широм света су се упутили у потрагу за одговором на ово питање. Наноструктуре сличних карактеристика и различитих облика направљене су и на бази других материјала. Све оне носе заједнички назив квантне тачке, а кад су пирамидалног облика називају се квантне пирамиде. Електрон у квантним тачкама може имати само одређене дискретне вредности енергије (као и у атому), с тим што се променом облика и димензије квантне тачке, ове енергије могу подешавати. Засад квантне тачке налазе примену за ласере и фотодетекторе у инфрацрвеној области спектра, за меморијске елементе, а очекује се да би могле имати у будућности значајну улогу и у квантним рачунарима.

И уместо да ми то чинимо, откривање правог смисла поруке послате Меноксу препуштамо читаоцима овог текста!

Роберт Опенхајмер

Уметник који је направио бомбу

Пише: Слободан Бубњевић

Творци опасних оружја често се приказују као луди научници, мрачни, усамљени типови који су затворени у какав замак. Међутим, управо је творац најстрашнијег оружја у историји цивилизације био човек кога су сви волели, хуманиста и талентовани поклоник уметности.

Протеклог лета навршило се шездесет година од експлозија првих нуклеарних бомби. Ово ужасно оружје развијено је у периоду од 1942. до 1945. године у оквиру тајног америчког пројекта „Менхетн“. Пројекат је коштао две милијарде долара, а у њему је учествовало око десет хиљада физичара и 150 хиљада других радника. Упркос томе, пројекат је током ратних година остао тајна пошто је само десетак људи било упућено у његове циљеве. Истраживањима су руководили генерал Лесли Гроувс и физичар Роберт Опенхајмер. У августу 1945. после нуклеарних напада на Хирошиму и Нагасаки, Опенхајмер је у америчкој јавности стекао славу какву су имали само најистакнутији генерали Другог светског рата. У свим новинама био је представљен као “отац атомске бомбе”.

Роберт Јулијус Опенхајмер родио се 22. априла 1904. у Њујорку. Био је син немачког имигранта који се у Њујорку обогатио увозом текстила. У младости, Опенхајмер је показивао склоност ка уметности и филозофији. Читао је Дантеа и будистичке епове. Током својих студија на Харварду, добијао је високе оцене из латинског и грчког, објављивао је поезију и проучавао источњачке филозофије. Но, на крају се определио за физику која је једина могла да задовољи његову радозналост. Како је био један од најбољих студената, школовање је наставио 1925. у Енглеској, у Кевендишовој лабораторији на Универзитету Кембриџ. Ту је стекао битна нова сазнања пошто је радио на истраживањима која је водио лорд Радерфорд, пионир атомске физике. На позив угледног физичара Макса Борна, Опенхајмер је докторске студије наставио на Универзитету у Гетингену, у Немачкој.

Гетинген

Било је то златно доба физике. После револуционарних открића почетком века, свет атома постао је доступан физичарима, квантна механика се заснивала, а око ње се окупило много научника из целог света. Најбољи студенти из читавог света долазили су у Гетинген, средиште нове, подмлађене науке. По собицама овог немачког градића живели су једно време скоро сви значајнији физичари XX века. Једна анегдота каже да су супруге већине физичара широм света некада биле кћерке власника пансиона и соба за издавање у Гетингену.

Двадесетих година сви млади креативни људи желели су да се баве физиком. Многи филозофи напуштали су своју област и постајали физичари

јер су сви осећали да се рађа нова наука која може да пружи многе одговоре о свету. У откривању тих неистражених тајни, заједно су учествовали и професори и студенти. Сваке недеље су у Гетингену три великана физике Макс Борн, Џемс Франк и Дејвид Хилберт одржавали свој чувени "семинар о материји". Ови састанци почињали су увек истим питањем које је постављао Хилберт: "Господо, реците ми шта

Смрт, онај који све уништава

У Лос Аламосу је 16. јула 1945. извршена прва атомска проба са плутонијумском бомбом „Гаџет" што се сматра првом нуклеарном експлозијом у историји. Тачно у 5:29:45 на врху челичног торња окруженог научном опремом детонирана је бомба под називом "Гаџет" (енгл. направа). На хоризонту у јутарњој тами појавио се јак бљесак, брдовита долина засветлела је хиљаду пута јаче од подневног сунца, а потом је уследила непрекидна, страховита грмљавина. Ударни талас раширио се пустињском долином као снажан земљотрес, праћен врелим ветром. Ватрена лопта порасла је ка небу уз печурку гаса која се подигла на висину од дванаест километара. Кула са опремом сасвим је испарила, а песак се претворио у стакло у кругу од 730 метара од нулте тачке.

Девет километара од нулте тачке експеримента, двадесеторица физичара налазили су се у специјалном бункеру из кога су посматрали експлозију. Тајац после првог шока у бункеру прекинуо је Роберт Опенхајмер. "Ако би светлост хиљаду сунаца избила одједном на небу, истовремено – били би они једнаки сјају тог величанства", рекао је Опенхајмер цитирајући једну хиндуистичку свету песму из епа Бхагавад Гита. Када се на хоризонту подигао дивовски облак гаса, Опенхајмер је сасвим запао у транс због успеха експермента, попео се на пречагу контролног места и изговорио још један стих нељудским гласом "Ја сам смрт, која све уништава, онај који прети световима". Експлозија "Гаџета" ослободила је енергију која је равна оној која би настала да је наједном експлодирало 19000 тона експлозива ТНТ, што је било пар стотина пута више него што је Опенхајмер очекивао. Шест недеља након овог експеримента, бачене су бомбе на Хирошиму и Нагасаки.

је заправо атом?" Међу другим студентима, у потоњу расправу често се укључивао и Опенхајмер.

Он се највише дружио са физичарима Кондоном, Винером, Паулингом и Дираком. У дугим вечерњим шетњама дуж железничког колосека теретне станице, млади физичари су расправљали о недостатку комфора у својим собама, али и о процесима који се одвијају у атомском језгру. Из оваквих расправа никли су темељи савремене физике. За разлику од својих колега, Опенхајмер је и даље гајио склоност ка уметности. Једном је Дирак упитао Опенхајмера како је могуће да уз физику пише и поезију. "Наука увек настоји да нешто што нико није знао искаже на начин да то свако разуме, а у поезији је управо обрнуто", рекао му је Дирак. Али, то није био проблем за Опенхајмера. Он је био и остао човек пун супротности. После годину дана у Гетингену, Опенхајмер је докторирао 11. маја 1927. и вратио се у САД.

Харизма

Роберт Опенхајмер је био један од најомиљенијих професора физике у Америци. Предавао је на Универзитету Беркли у Калифорнији. Свако ко га је упознао, сматрао га је изузетном особом. Мршав и висок, са својом лулом и замишљеним погледом, Опенхајмер је остављао утисак човека са непресушним образовањем и великом снагом интелекта. Обожавали су га сви људи из његовог окружења и били спремни да прихвате сваку његову идеју. Студенти су у њему тражили узор и угледали се на њега. Способан вођа, Опенхајмер је био у стању да много утиче на своје сараднике и студенте.

Опенхајмер се 1940. оженио Катарином Пининг, биологом из Пасадене, али је неколико година пре

тога био у вези са Џин Татлок, студенткињом психијатрије коју је упознао 1936. Као и већина људи који су познавали Опенхајмера, Џин Татлок је и после прекида везе, остала јако емотивно везана за њега. Како је не би много повредио, Опенхајмер је остао у пријатељским односима са њом, али када јој је у јуну 1943. саопштио да се неће више уопште виђати, Џин Татлок је извршила самоубиство. Она је погрешно протумачила његову најаву јер Опенхајмер није смео да јој каже како са породицом одлази у Лос Аламос, где се градила атомска бомба.

Менхетн

Други светски рат је много тога променио за физи-

ку. У страху да би нуклеарна истраживања у нацистичкој Немачкој могла довести до стварања прве атомске бомбе, физичари у САД и Великој Британији позивали су своје владе да покрену и убрзају нуклеарна истраживања. Захваљујући иницијативи многих угледних физичара у јесен 1942. покренут је тајни нуклеарни пројекат у Лос Аламосу, у Новом Мексику. Већина некадашњих студената из Гетингена поново се окупила, али повод је био сасвим другачији. Златно доба било је завршено. Уместо одгонетања тајни света, највећи физичари су правили оружје Апокалипсе. За руководиоца пројекта изабран је Роберт Опенхајмер, на предлог генерала Леслија Гроувса.

У оквиру „Менхетн“ пројекта, развијено је више бомби. Све су засноване на процесу фисије, цепању језгара тешких радиоактивних елемената неутронима. Када се формира критична маса изотопа уранијума U^{235} или плутонијума Pu^{239}, долази до ланчане реакције, процес фисије се шири на све већи број језгара, а притом се ослобађа огромна енергија. Због тога се приликом експлозије температура језгра бомбе подиже преко милион степени Целзијуса, шири се ватрена лопта, а ударни талас разара површину од неколико квадратних километара.

Жртве

Опенхајмер је пројекту “Менхетн“ предао многе личне жртве. Када је позван да руководи изградњом атомске бомбе, заборавио је и све своје пријатеље. Уз то, агенти одељења Г-2 војне службе безбедности непрестано су га надзирали због прошлости у којој је био заинтересован за комунистичке идеје. Војне власти му никада нису веровале и мислиле су да ће продати атомске тајне Совјетском Савезу. До средине педесетих година прошлог века, када је јавно оптужен за издају, Опенхајмеров досије нарастао је на висину од 120 центиметара докумената.

„Служба безбедности овде још увек мисли да Опенхајмер не заслужује пуно поверење и да његова национална верност није поуздана“, пише у извештају који је агент безбедности, пуковник Борис Паш у септембру 1943. послао свом претпостављеном, пуковнику Лансдалу у Пентагон. „Мислимо да једина потпуна лојалност коју је он у стању да пружи припада науци“. Но, упркос сумњама, пројекат “Менхетн” је 1945. успешно завршен. Послератне године су Опенхајмеру донеле велику славу, али су га тајне службе и даље надзирале. У међувремену, осећао је грижу савести због својих личних жртви, али и десетина хиљада мртвих и рањених људи који су страдали у Јапану због његовог рада.

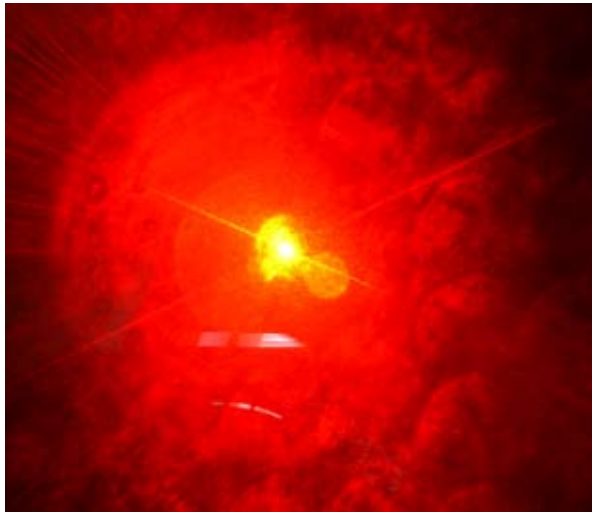
Развој нових бомби био је све бржи после рата, али су многи некадашњи учесници “Менхетн” пројекта писали петиције и тражили да се даља изградња заустави, пошто није било опасности каква је постојала током рата. Нове бомбе служиле су само да увећају америчку војну моћ. Али, нико није слушао научнике. Опенмхајмер се испрва колебао, али је 1953. увидео да и он мора да се придружи апелима за заустављање даљег развоја нуклеарног оружја. Његова реч била је значајна у Америци педесетих година и када се он супротставио властима, одмах је био уклоњен. Лажно је оптужен да је совјетски шпијун и после дугог суђења 1954. избачен је из Комисије за атомска истраживања. Но, милиони људи су га подржавали у његовој борби. Постао је херој атомске ере због свог супростављања властима, мада је управо он те власти наоружао најстрашнијим оружјем свих времена.

X ласер

Пише: проф др Јарослав Лабат

Половином осамдесетих година прошлог века у научном свету као мућа проширила се вест да је на помолу изградња ласера који би зрачио у области X зрака. То је било изненађујуће за све који су се бавили том облашћу, али, иако са резервом, вест је прихваћена пошто је долазила од угледног физичара мађарског порекла Едварда Телера (Edward Teller), који је био познат као "отац водоничне бомбе". Као и много других његових пројеката и овај је завршио неславно.

Занимљива прича о X ласеру почиње 1984. године непосредно након позива Роналда Регана (Ronald Reagan) тадашњег председника САД. У том позиву Реган апелује на научнике који су нацији дали моћно оружје као што је атомска (фисиона) бомба, да искористе све своје потенцијале како би пронашли начин заштите од евентуалног напада неке стране силе тим оружјем. Познато је да је то било у време тзв. хладног рата, када је Совјетски Савез такође располагао великим арсеналом нуклеарног оружја, и претстављао сталну претњу за САД. Пошто би савршена одбрана ово оружје учинила безопасним и бескорисним, могао би тако, по мишљењу политичара да се постигне светски мир. Ускоро, ова иницијатива о стварању одбране од нуклеарних напада добија популарно име "Рат звезда".



Идеја је била јако примамљива пошто су обећана велика средства за ту сврху. Како је у то време постојао већ читав низ снажних ласера, прва помисао је била да се за то користи неки од њих. Сви постојећи ласери који би могли да дођу у обзир за ту сврху били су још увек слаби и како се радило о ласерима који зраче у инфрацрвеној области спектра био је проблем утицаја атмосфере Земље која је делом абсорбовала а делом расејавала ласерски сноп. Процењено је да би било неопходно повећати њихову снагу бар 100 пута и ако је могуће поставити их на геостационарни сателит како би се избегла атмосфера. Разуме се да је питање снабдевања енергијом и гасовима било у том тренутку нерешив проблем и сугерисано је да се од те идеје одустане.

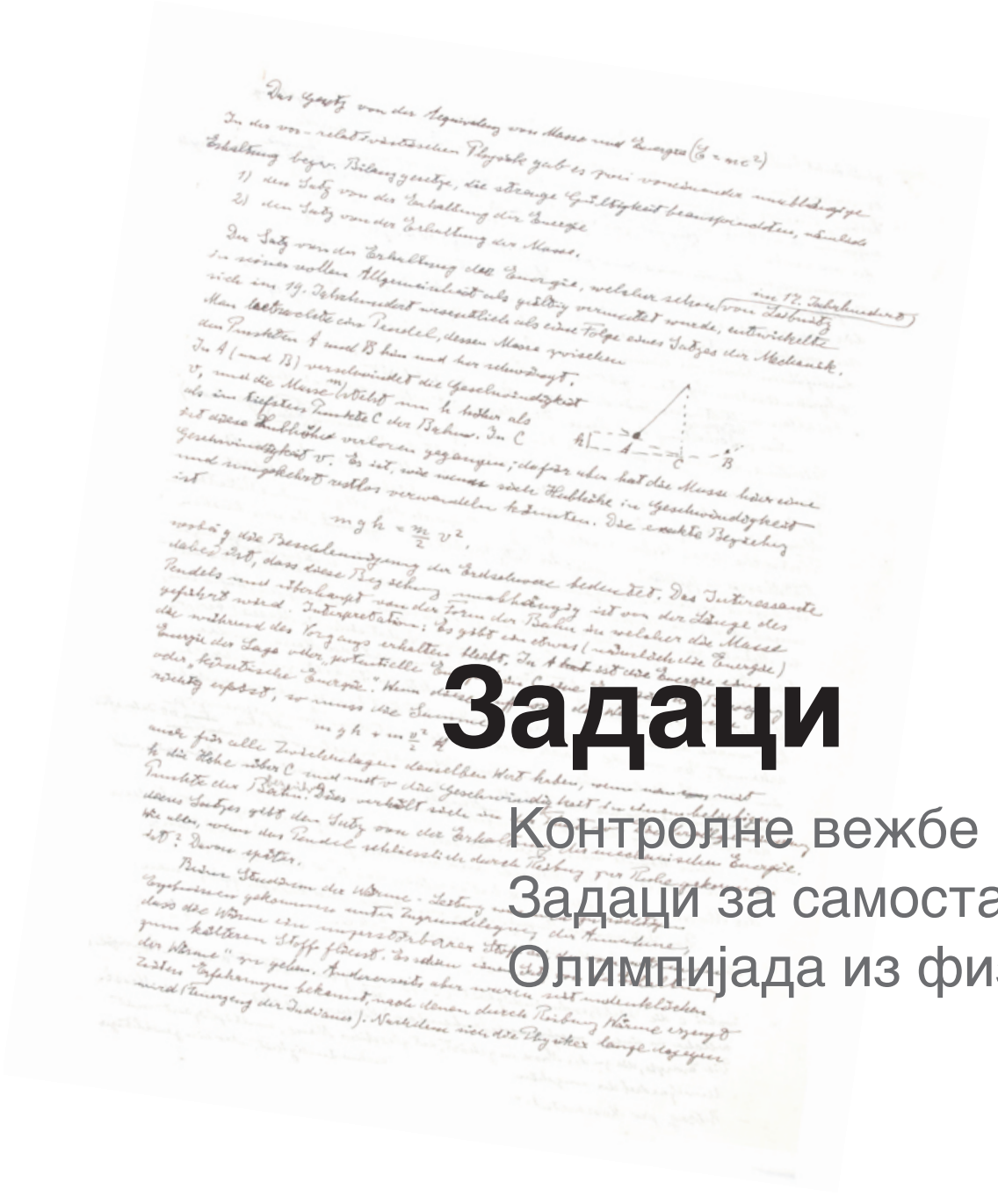
Тада се појавио Едвард Телер који је саветовао председнику Регану да би се за одбрану од непријатељских балистичких ракета најефикасније могао употребити ласер који би зрачио у области X зрака (10^{-4} - 10^{-3} микрометара). Телер је био познат по томе да је научну јавност бомбардовао неконвенционалним идејама, тако да је у првом тренутку и ова идеја, иако са резервом, била прихваћена. С друге стране, многи физичари су престали да комуницирају са њим када је 1954. године, у време антикомунистичке хистерије у САД, сведочио против Роберта Опенхајмера, врсног физичара који је руководио развојем атомске-фисионе бомбе.

Изолован у Лоренс Ливермор лабораторији која је за њега основана од стране присталица у америчком конгресу, Телер се окружио улизицама који су без поговора прихватали његове идеје. Његова изолација је постала скоро потпуна када је почео да сарађује са младим физичарем који се звао Ловел Вуд (Lowell Wood). Најтужнији продукт њихове сарадње је био ласер са X зрацима намењен за Рат звезда.

То је требало да буде трећа генерација нуклеарног оружја (атомска-фисиона бомба је прва а водонична друга). Суштина њихове идеје је било да се енергија која се приликом експлозије нуклеарне бомбе простире у свим смеровима на неки начин усмери према непријатељским циљевима. Наиме, зрачењем које при томе настаје могла би да се "пумпа" нека погодна ласерска средина која би после емитовала јаки ласерски сноп у X области спектра. Нађено је да би алуминијум одговарао тим захтевима, пошто атоми алуминијума имају енергетски врло високо лежећи први побуђени ниво, који би се насељавао приликом експлозије. Алуминијум би био облика шипке и он би, након тога, у ласерској емисији генерисао сноп X зрака дебљине оловке. При томе је могло да буде стотине, чак хиљаде таквих шипки усмерених према непријатељским ракетама, које би биле енергетски пумпане једном нуклеарном експлозијом. Разуме се да би све оне у току експлозије биле уништене. Телер је претенциозно назвао то своје оружје Супер Екскалибур и инсистирао је код председника Регана да се не потпише уговор у разоружању са Совјетским Савезом пошто би Америка била њиме заштићена од евентуалних нуклеарних напада.

На самом почетку стручњаци из области ласера су посумњали да би изградња таквог оружја била могућа и сврсисходна. Познато је било, наиме, какве су последице нуклеарне експлозије, па макар она била и најмање снаге. Начин како би се поједине алуминијумске шипке усмеравале на поједине ракете, бојеве главе са нуклеарним пуњењем као и мамце који их увек прате у циљу заваравања непријатељске одбране није био понуђен, а по мишљењу стручњака није ни био могућ.

Коначну тачку на идеју о X ласеру је ставила експериментална провера у пустињи Новог Мексика. У дубини земље постављена је нуклеарна бомба, алуминијумска шипка и велики број различитих мерних инструмената. Сви су они ударним таласом насталим у експлозији били уништени али пре тога су показали да је зрачење X ласера, ако га је уопште и било, било тако слабо да не би могло да обори ни лептира а камо ли непријатељске ракете.



Задаци

Контролне вежбе

Задаци за самосталан рад

Олимпијада из физике

Контролне вежбе

У овом броју доносимо вам нове контролне задатке за све разреде основне школе, које нам је доставио Славиша Станковића из ОШ „Милош Црњански” у Београду, као и тестове за први и други разред гимназије, које смо добили од професора Математичке гимназије Бранислава Цветковића.

VI разред

1. Линијама повежи ознаку са одговарајућом физичком величином

v	пређени пут
s	брзина
S	време
t	

2. Реч физика линијама повежи са речима на десној страни које карактеришу физику као науку

	Природна наука
	Друштвена наука
Физика	Експериментална наука
	Теоријска наука
	Наука о живим бићима

3. На линији поред реченице ставите знак тачно $\top$ или нетачно $\perp$ у зависности да ли је реченица тачна или нетачна.

а) Експеримент или оглед је проучавање појва у посебно припремљеним условима _____

б) Облици материје су супстанца и физичко поље _____

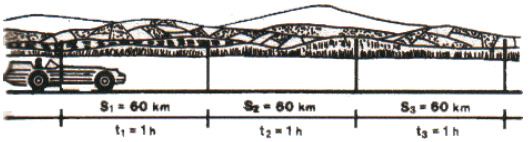
в) Путања је стварна или замишљена линија по којој се тело креће _____

г) За равномерно праволинијско кретање важи: тело за једнаке временске интервале прелази једнаке дужине пута _____

д) Средња брзина променљивог кретања израчунава се када се укупно време подели са укупним пређеним путем _____

ђ) Јединица брзине 1 km/h је већа од 1 m/s _____

4. Посматрајте слику. Допуните или довршите следеће реченице:



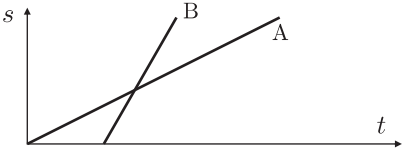
а) Према облику путање, кретање аута на слици је _____.

б) Према брзини кретање аута је _____.

в) Тела поред пута у односу на која посматрано кретање аутомобила називају се _____ тела.

г) Возач мирује у односу на _____, а креће се у односу на _____.

5. Слика приказује график пута тела A и B која се крећу равномерно прволинијски. На основу графика довршите реченице.



а) Раније је кренуло тело _____.

б) Већом брзином кретало се тело _____.

6. Ваздух у аутомобилској гуми је:

а) супстанца, б) физичко поље,

в) физичко тело, г) физичка величина.

7. Тело се креће по правој линији. На основу табеле кретање тела је:

време у секундама	0	2	4	6
пређени пут у метрима	0	5	10	15

а) Променљиво праволинијско;

б) Равномерно праволинијско;

в) У почетку равномерно а затим променљиво праволинијско;

г) На основу поужених података не може се одредити врста кретања.

8. Два тела I и II крену истовремено из тачке А у тачку Б. Тело I кретало се равномерно праволиниојски. Тело II кретало се променљиво праволинијски. Средња брзина тела II од тачке А до тачке Б била је једнака брзини тела I. У тачку Б:

а) Прво је стигло тело II;

б) Прво је стигло тело I;

в) оба тела су истовремено стигла;

г) не може се одредити које је тело пре стигло.

Рачунски задаци

9. Марко брзином 2 m/s пређе неки пут за 10 минута. Коликом се брзином мора кретати да би исти пут прешао за 8 минута.

10. Првих 2 km ученик пређе за 40 минута. За које ће време прећи наредних 500 m ако је средња брзина на целом путу 1 m/s?

VII разред

1. Линијама повежите формулу са физичком величином која се помоћу те формуле израчунава брзина:

$v = v_0 - at$	Равномерно убрзано кретање
$v = v_0 + gt$	Хитац навише
$v = v_0 + at$	Равномерно успорено кретање
$v = v_0 - gt$	

2. Линијама повежите мерну јединицу са одговарајућом физичком величином

1 kg	Убрзање
1 m/s	Сила
1 N	Маса
1 m/s^2	

3. На линији поред реченице ставите знак тачно $\top$ или нетачно $\perp$ у зависности да ли је реченица тачна или нетачна.

а) Убрзање је промена брзине у јединици времена ___

б) Сила акције једнака је по интензитету сили реакције и истог су правца и смера ___

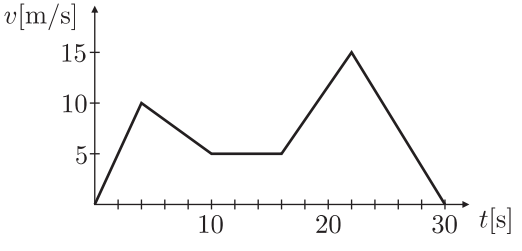
в) Слободан пад је кретање тела у безваздушном простору услед деловања силе Земљине теже ___

г) Трећи Њутнов закон другачије називамо Закон акције и реакције ___

д) Интензитет силе која делује на тело једнак је количнику масе тела и убрзања, које оно добије деловањем силе ___

ђ) Маса тела је мера његове инертности ___

4. Слика приказује график брзине кретања неког тела. На основу графика завршите реченице.



а) Тело се кретало равномерно праволинијски у временском интрвалу _____.

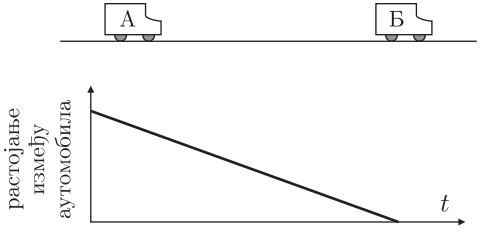
б) Од тренутка када тело крене, па до 4. секунде кретање је _____.

в) Од 4 до 10 s кретање је _____ тела.

г) Максимална брзина кретања је _____ и постигнута после _____ s кретања.

д) Од 16 s до 22 s кретање је _____.

5. Два аутомобила крећу се један за другим. График приказује зависности њиховог међусобног растојања од времена.



На основу графика закључујемо.

а) Аутомобил А креће се брже од аутомобила Б;

б) Аутомобил А креће се спорије од аутомобила Б;

а) Брзине аутомобила А и Б су једнаке.

6. Кретање је равномерно, убрзано и праволинијско ако се креће по правој линији и ако је

а) a =const. v =const. б) a =const. $v \neq$const.

в) $a \neq$const. $v \neq$const. г) $a \neq$const. $v \neq$const.

7. Када на тело масе m делује сила F тело постиже убрзање a. Ако на исто тело делује сила $F/2$, тело ће имати убрзање:

а) $2a$, б) $a/2$, в) a.

Рачунски задаци

8. 9. Тело полази из стања мировања и креће се убрзањем $0,2\,\mathrm{m/s^2}$. Колики је пут прешло за 10 s?

9. Тело полази из стања мировања и креће се убрзањем $1\,\mathrm{m/s^2}$. Колику је брзину имало у тренутку када је прешло 18 m?

VIII разред

1. Линијама повежите формулу са физичком величином која се помоћу те формуле израчунава.

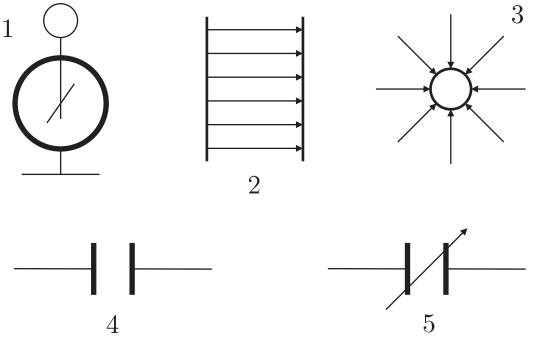
$A = qU$	Јачина електричног поља
$\varphi = E_p/q$	Електрични напон
$U = \varphi_1 - \varphi_2$	Рад у елктричном пољу
$E = F/q$	

2. Линијама повежите физичку величину са одговарајућом мерном јединицом

1 N	Електрични потенцијал
1 V	Електрична капацитивност
1 C	Количина наелектрисања
1 F	

3. У празне квадратиће упишите број слике која одговара појму испред квадратића.

Хомогено елктрично поље ☐
Електроскоп ☐
Кондензатор са сталним капацитетом ☐



4. На линији поред реченице ставите знак тачно $\top$ или нетачно $\perp$ у зависности да ли је реченица тачна или нетачна.

а) Тела наелектрисана истом врстом наелектрисања међусобно се одбијају ___

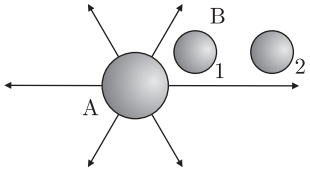
б) Негативно наелектрисано тело садржи већи број електрона од протона ___

в) Две наелектрисане кугле се привлаче или одбијају силом која је сразмерна производу количина њихових наелектрисања, а обрнуто сразмерна њиховом међусобном растојању ___

г) Електростатичком индукцијом тело се може наелектрисати без непосредног додира са наелектрисаним телом ___

д) Један фарад једнак је милион микрофарада ___

5. Посматрајте слику. Допуните или довршите следеће реченице.



а) Тело А је наелектрисано _____ врстом нелектрисања.

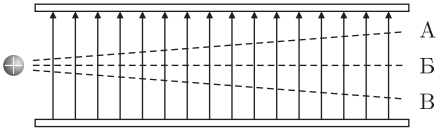
б) Ако се тело В унесе у електрично поље тела А оно ће се наелектрисати _____ врстом наелектрисања.

в) Тело А и тело В међусобно се _____.

г) Ако се тело В помери из положаја 1 у положај 2 електрична сила се _____.

д) У тачки 1 електрично поље има _____ потенцијал него у тачки 2.

6. Позитивно наелектрисано тело масе m улеће у хомогено електрично поље као на слици.



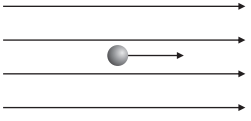
а) Тело ће наставити кретање у правцу А.

б) Тело ће наставити кретање у правцу Б.

в) Тело ће наставити кретање у правцу В.

г) Тело ће стати.

7. Електрон улети у хомогено електрично поље и креће се у правцу и смеру електричних линија силе као на слици.

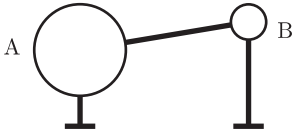


а) Кинетичка енергија електрона се повећава.

б) Кинетичка енергија електрона се не мења.

в) Кинетичка енергија електрона се смањује.

8. Кугла А наелектрисана је негативном врстом наелектрисања. Кугла В, има мању запремину од кугле А и неутрална је. Када се кугле споје проводником електрони са кугле А прелазе на куглу В све док се не изједначе:



а) капацитети; б) количине наелектрисања;

в) потенцијали; г) јачине електричних поља.

Рачунски задаци

9. Израчунати јачину хомогеног електричног поља ако се при померању наелектрисане честице од 1 C, дуж линије силе за 10 cm, изврши рад од 40 J.

10. На динамометру виси куглица масе 10 g. Куглица је наелектрисана количином наелектрисања $0,5\,\mu$C. На растојању 15 cm испод ње у вертикалном правцу постави се куглица исте масе и наелектрисања. Колику силу показује динамометар? Колику би силу показивао динамометар ако би једна од ове две куглице била негативно наелектрисана?

I разред

Тест се састоји од 15 питања и задатака. На свако питање је понуђено неколико одговора од којих је само један тачан. Задаци 1-5 вреде по 4 поена, задаци 6-10 вреде по 7 поена, док задаци 11-15 вреде по 9 поена.

1. Дате су следеће физичке величине: описани угао, пређени пут, фреквенција кружног кретања, средња путна брзина, угаоно убрзање. Број векторских величина међу њима је:

а) 5 б) 4 в) 3 г) 2

2. Дате су следеће физичке величине: убрзање, померај, радијус вектор, пређени пут. Број величина међу њима које зависе од избора инерцијалног референтног система је:

а) 3 б) 4 в) 2 г) 0

3. Круто тело ротира око непокретне осе. Угао који тело опише током кретања једнак је површини испод криве на графику зависности:

а) брзине тела од времена;

б) угаоне брзине тела од времена;

в) угаоног убрзања тела од времена;

г) нормалног убрзања тела од времена.

4. Путања материјалне тачке која се креће у равни је парабола. Ако је интензитет брзине материјалне тачке константан, тада је:

а) $a_t = 0,\ a_n = 0;$ б) $a_t \neq 0,\ a_n = 0;$

в) $a_t = 0,\ a_n \neq 0;$ г) $a_t \neq 0\ ,\ a_n \neq 0.$

5. Материјална тачка се креће праволинијски. Тада је:

а) $s \leq |\Delta\vec{r}|;$ б) $s < |\Delta\vec{r}|;$

в) $s = |\Delta\vec{r}|;$ г) $s \geq |\Delta\vec{r}|.$

6. Кугла се котрља без клизања низ стрму раван. Тада за вектор угаоне брзине током времена важи:

а) правац му се мења, а интензитет смањује;

б) правац му се мења, а интензитет се повећава;

в) не мења се ни правац ни интензитет;

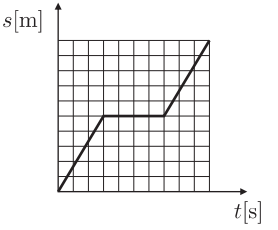
г) правац се не мења, а интензитет се повећава.

7. Воз се креће дуж меридијана ка северу. Пилот авиона који се креће константном брзином је приметио да се воз креће ка истоку. Тада се авион креће ка:

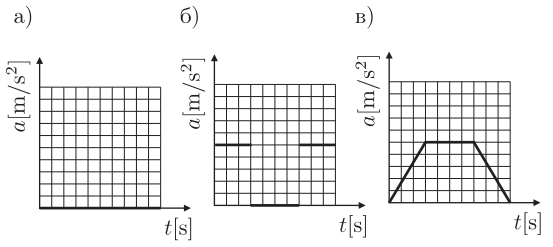
а) северозападу; б) југоистоку;

в) североистоку; г) југозападу.

8. На слици је приказан график зависности пређеног пута од времена за тело које се креће праволинијски.



Тада је график зависности убрзања од времена:



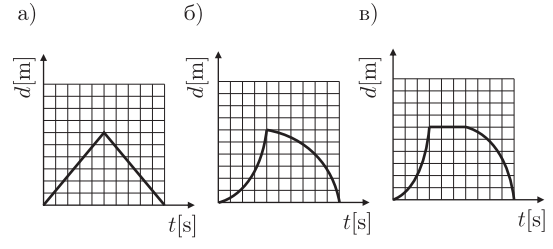
9. Од воза који се креће равномерно брзином 36 km/h откачи се последњи вагон. Након откачињања вагон се креће равномерно успорено и заустави се прешавши 100 m. Колико је растојање између воза и вагона 10 s након откачињања вагона, ако је воз после откачињања вагона наставио да се креће непромењеном брзином?

а) 75 m; б) 175 m; в) 225 m; г) 25 m.

10. Јапански туриста који се налази на врху Ајфелове куле био је толико очаран лепотама Париза да је испустио свој фотоапарат. Ако је висина Ајфелове куле 300 m одредити пут који фотоапарат пређе у последњој секунди кретања.

а) 228 m; б) 72 m; в) 33 m; г) 201 m.

11. Тело А је пуштено да слободно пада са висине h. Након времена t_0 од почетка слободног пада тела А, из исте тачке је пуштено тело В. Ако је $t_0 > \sqrt{2h/g}$ тада је график зависности растојања тела А и В од времена:



12. Ако су А и В амплитудни, а О равнотежни положај математичког клатна, онда је:

а) и тангенцијално и нормално убрзање клатна највеће у положају О;

б) тангенцијално убрзање најмање, а нормално највеће у положају О;

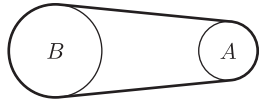
в) и тангенцијално и нормално убрзање је највеће у положајима А и В;

г) и нормално и тангенцијално убрзање најмање у положајима А и В;

13. Зависност пређеног пута тела од времена је дата са $s = t^3 - 3t^2 + 4t$ (SI). Минимални интензитет тангенцијалног убрзања тела током кретања је:

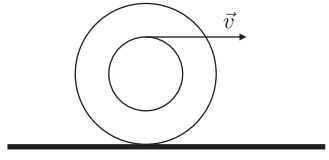
а) $6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; б) $-6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; в) $0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$; г) $1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

14. Два цилидра различитих радијуса која ротирају константним угаоним брзинама покрећу неистегљиву траку без проклизавања као што је приказано на слици. Тада за убрзања тачака A и B важи:



а) $a_A = a_B$; б) $a_A < a_B$; в) $a_A > a_B$.

15. На хоризонталној површини стола налази се калем. Нит намотана на калем вуче се константном брзином v у хоризонталном правцу (слика). Колика је брзина v_0 тачака на оси калема, ако су спољашњи и унутрашњи полупречници калема R и r?



а) $v_0 = \frac{vR}{r}$; б) $v_0 = \frac{vr}{R}$; в) $v_0 = \frac{vr}{r+R}$;

г) ниједан од понуђених одговора није тачан.

II разред

Тест се састоји од 15 питања и задатака. На свако питање је понуђено неколико одговора од којих је само један тачан. Задаци 1-5 вреде по 4 поена, задаци 6-10 вреде по 7 поена, док задаци 11-15 вреде по 9 поена.

1. Средња квадратна брзина молекула кисеоника на собној температури је најприближнија брзини:

а) човековог хода; б) аутомобила;

в) брзини светлости;

г) брзини суперсоничног авиона.

2. Изохорски процес за идеалан гас се може графички представити правом линијом:

а) само на $p - T$ дијаграму;

б) само на $p - V$ и $p - T$ дијаграмима;

в) само на $V - T$ дијаграму;

г) на $p - T$, $p - V$ и $V - T$ дијаграмима.

3. Процентуална заступљеност (запреминска) кисеоника у ваздуху на Копаонику је:

а) већа него у Новом Саду;

б) мања него у Новом Саду;

в) једнака као у Новом Саду;

г) лети мања, а зими већа него у Новом Саду.

4. Разлика моларних топлотних капацитета идеалног гаса при константном притиску и запремини је:

а) већа за једноатомски гас него за двоатомски;

б) већа за двоатомски него за једноатомски гас;

в) једнака за једноатомски и двоатомски гас;

г) зависи од моларне масе гаса.

5. Имелда Маркос, супруга чувеног диктатора са Филипина, била је пасионирани колекционар ципела, које биле веома уредно сложене у њеној вили. Након Маркосовог пада демонстранти су упали у вилу Имелде Маркос и разбацали њене ципеле. Како ће при томе променила ентропија система ципела Имелде Маркос?

а) повећала се; б) смањила се;

в) остала је непромењена.

6. Који од наведених процеса је реверзибилан:

а) паљење шибице;

б) мало истезање еластичне опруге;

в) пржење јајета;

г) кување рибље чорбе.

7. Маса мастила неопходног да би се одштампало једно слово у часопису Млади физичар износи свега $2\,\mu g$. Моларна маса мастила приближно је једнала моларној маси воде. Претпоставимо да се у систему сваке од 10^{11} звезда у нашој галаксији налази планета која има приближно исти број становника као Земља (око пет милијарди). Тада су редови величине броја становника у нашој и броја молекула мастила које садржи једна кап мастила неопходног да би се одштамало једно слово у Младом физичару:

а) 10^{16} и 10^{23}; б) 10^{17} и 10^{17};

в) 10^{16} и 10^{16}; г) 10^{9} и 10^{23}.

8. Гравитациона потенцијална енергија молекула азота који се налазе у вашој учионици је у односу на њихову кинетичку енергију транслаторног кретања:

а) много већа; б) много мања;

в) приближно једнака;

г) током зиме много већа, а током лета много мања.

9. Лекар саветује пацијентима да ослабе пијући хладну воду. Он тврди да се у телу мора сагорети одређена количина масноће да би се температура ледене воде ($0\,^0$C) изједначила са телесном температуром ($37\,^0$C). Колико литара ледене воде особа која је на дијети мора да попије да би изгубила 400 g масноће, ако се при сагоревању ове количине масноће ослободи количина топлоте од 12 kJ?

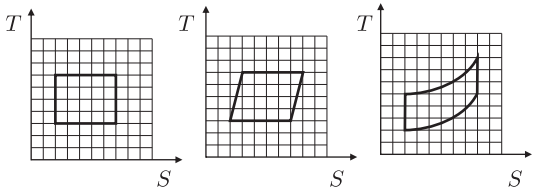
а) $324,32$ l; б) $0,077$ l; в) $2,86$ l; г) $7,7$ l.

10. На дну Скадарског језера формирао се ваздушни мехур облика лопте. Мехур је почео да се креће ка површини језера. Током кретања, мехур је порастао, тако да је на површини полупречник мехура три пута већи него на дну, док је температура ваздуха у мехуру остала непромењена. Ако је атмосферски притисак нормалан, тада је дубина језера:

а) $10,19$ m; б) $9,82$ m; в) $20,39$ m; г) $3,40$ m.

11. Међу приказаним дијаграмима пронађите Карноов циклус.

а) б) в)



12. Температура једног мола идеалног гаса који учествује у процесу мења се по закону $T = \alpha V^2$, где је α константа. Колики рад изврши гас при ширењу од запремине V_1 до V_2?

а) $A = \alpha R \ln \frac{V_2}{V_1}$; б) $A = 0$;

в) $A = \alpha R \frac{(V_1+V_2)^2}{2}$; г) $A = \alpha R \frac{V_2^2 - V_1^2}{2}$.

13. Коефицијент реверзибилне машине за хлађење која ради по обрнутом Карноовом циклусу је 10. Колики би био коефицијент корисног дејства када би овај фрижидер радио као топлотна машина?

а) 1; б) $10/11$; в) $1/11$; г) $1/10$.

14. У суду се налази смеша азота и водоника. На температури T (тада је азот потпуно дисосован, а дисоцијација водоника је занемарљива) притисак смеше је p. На температури $2T$ (тада су оба гаса потпуно дисосована) притисак смеше је $3p$. Тада је однос броја атома азота и водоника у смеши:

а) $1:2$; б) $2:1$; в) $1:1$; г) $3:1$.

15. Проналазач тврди да је изумео топлотну машину која као радно тело користи воду. Према његовим речима, током једног циклуса вода апсорбује количину топлоте 1250 J од грејача, чија температура је 1010 K и предаје хладњаку количину топлоте 130 J. Као хладњак машина користи атмосферски ваздух на собној температури 302 K. Једини проблем је недостатак средстава да би се уређај комерцијализовао. Да ли се улагање у овај пројекат исплати?

а) не, зато што би оваква машина имала ККД већи од 1, што је немогуће;

б) не, зато што оваква машина нарушава први принцип термодинамике;

в) не, зато што би ККД овакве машине био мањи од ККД Карноове топлотне машине;

г) ниједан од понуђених одговора није тачан.

Задаци за самостално решавање

На жалост, нашим драгим читаоцима који су у току претходне школске године вредно решавали задатке остајемо дужни награде које смо обећали. Потрудићемо се да обезбедимо макар симболичне награде, али искуство које сад имамо нам не дозвољава да обећавамо било какве награде за вредне ученике у будућности. Једино што можемо да вам приуштимо у овом тренутку је да уживате у задацима.

VI разред

1. Током олује на шире подручје Београда (површину од $50\,\mathrm{km}^2$) пало је у просеку $10\,\mathrm{mm}$ кише по квадратном метру. Кишне капи су биле прилично крупне и у просеку њихов пречник износи $4\,\mathrm{mm}$. Процените број кишних капи који је пао на Београд током олује. Да ли је овај број већи или мањи од броја становника на Земљи? Упутство: За потребе ове процене запремина кишне капи се може рачунати по формули: $V = \frac{1}{2}d^3$, где је d пречник капи.

2. Исак Асимов, један од најпознатијих аутора научно-фантастичне литературе, предложио је да се у физику уведе нова јединица за време. Назив за нову јединицу би био **фермилајт** (ознака 1 fl) и она би заправо представљала време које је потребно светлости да пређе пут дужине 1 fm (један ферми). Ако знате да је $1\,\mathrm{m} = 10^{15}\,\mathrm{fm}$ и да је брзина светлости $300000\,\mathrm{km/s}$ изразите фермилајт у секундама. Колико фермилајта траје просечан људски век? Сматрати да просечан људски век траје 75 година.

3. Током вожње на закрченом аутопуту шофер камиона се забављао мерећи време за које његов камион пређе пут између узастопних знакова који се налазе на међусобном растојању $1\,\mathrm{km}$. Када је повећао брзину камиона за $20\,\mathrm{km/h}$ возач је приметио да пут између два узастопна знака пређе за дупло краће време. Колика је тада брзина камиона?

4. Непобитно је утврђено да је Морава у античко време и у средњем веку била пловна река. Археолози су на неколико локација пронашли сидра која су припадала потонулим римским галијама, а у историјским изворима наводи се да су турске борбене лађе које су коришћене у опсадама Београда 1440. и 1456. године изграђене у околини Сталаћа, а затим Моравом и Дунавом допловиле до Београда. Средином деветнаестог века у Србији су се јавили покушаји са се поново успостави пловидба Моравом. У ту сврху набављен је један мали пароброд и једна дереглија, који је требало да пређу пут од Београда до Ћуприје. Пароброд је одмах по испловљавању из београдског пристаништа ударио у кладу и потонуо, а дереглија је безбедно стигла до Ћуприје и вратила се до Београда. Растојање од Ћуприје до ушћа Мораве у Дунав је $147\,\mathrm{km}$, док је растојање од ушћа Мораве до Београда $62\,\mathrm{km}$. Дереглија се уз Дунав кретала брзином $2\,\mathrm{km/h}$, док је њена брзина низ Дунав била $10\,\mathrm{km/h}$. Ако је брзина тока Мораве $5\,\mathrm{km/h}$, одредити колико дана је било потребно дереглији да стигне од Београда до Ћуприје и назад.

5. Расејани професор физике је кренуо колима у школу, не проверивши да ли има довољно горива. Након пређеног пута од $5\,\mathrm{km}$, на коме је средња брзина професоровог аутомобила била $30\,\mathrm{km/h}$ нестало је горива. Професор се са кантицом у руци упутио ка бензинској пумпи удаљеној $2\,\mathrm{km}$. До пумпе је стигао након $20\,\mathrm{min}$ брзог хода. Пошто није било гужве, професор је одмах напунио кантицу са горивом и кренуо ка колима. Пут од пумпе до кола трајао је $25\,\mathrm{min}$. На преосталом путу до школе дугом $3\,\mathrm{km}$ средња брзина професоровог аутомобила је била свега $15\,\mathrm{km/h}$. Колико је трајао професоров пут од куће до школе? Колика је средња брзина професора на том путу?

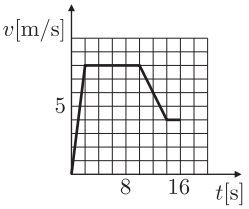
VII разред

1. Научна експедиција, која борави на Анктартику, користи санке на ракетни погон да би испитала психолошке ефекте великих убрзања на возача. Такве санке достигну брзину од $1600\,\mathrm{km/h}$ за само $1,8\,\mathrm{s}$. Колико је убрзање санки? Колики пут пређу санке у првој секунди кретања? Колика је средња брзина санки на другој половини пута, који оне пређу током убрзавања?

2. Током званичне посете црногорског кнеза Николе Петровића Београду његов домаћин, краљ Милан Обреновић, је решио да свог госта провоза електричним трамвајем. Владари су се укрцали у, за ту прилику, свечано окићен трамвај код хотела „Лондон". Трамвај је почео да се креће убрзањем $2,5\,\mathrm{m/s}^2$ и за $4\,\mathrm{s}$ достигао

максималну брзину наставивши да се креће равномерно. На пола пута до раскрснице са Немањином улицом, која је од „Лондона" удаљена 300 m трамвајџија је угледао воловска кола пуна Вајфертовог пива, која су се приближавала трамвајској прузи. Не желећи да успорава, трамвајџија је неколико пута звоном упозорио кола да се склоне. Међутим, животиње су се уплашиле и укопале у месту, тако да је трамвајџија био принуђен да за свега 2,5 s заустави возило како би избегао судар. Волови нису хтели да се помакну с места, иако им је било предочено да њихов поступак угрожава добросуседске односе и нарушава стабилност у осетљивом региону југоисточне Европе. Ипак, владари су (уз Вајфертово пиво, које им се нашло при руци) наставили пут ка Топчидеру фијакером. Колико је трајало прво путовање кнеза Николе електричним трамвајем?

3. На слици је приказан график зависности брзине атлетичара који тренира на тартан стази у зависности од времена. Колики пут пређе атлетичар током 16 s кретања? Колика је средња брзина атлетичара на том путу? Скицирати график зависности убрзања атлетичара од времена.



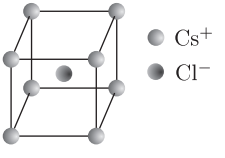
4. Машиновођа брзог путничког воза, који се креће брзином 160 km/h је по изласку из кривине уочио на растојању 1 km дизел-локомотиву која је грешком са споредног колосека изашла на главну пругу. Машиновођа је одмах почео да кочи. Ако се дизел-локомотива креће брзином 36 km/h, одредите минимално успорење, којим би требало да се креће путнички воз да би судар био избегнут. Колики пут пређе путнички воз током кочења у том случају?

5. Аутомобил је, крећући се брзином од 53 km/h, ударио у ограду моста. На срећу, возач је остао неповређен зато што се одмах након удара активирао ваздушни јастук. Ако возачев торзо (чија маса је 45 kg) током заустављања пређе пут од 65 cm одредити интензитет силе којом ваздушни јастук делује на возача.

VIII разред

1. Два ученика осмог разреда Петар и Милица налазе се на супротним крајевима школског дворишта на међусобном растојању 30 m. Петрова маса је 65 kg, док Милица има 15 kg мање. Претпоставимо да, као последица љубави на први поглед, у њиховим телима дође до нарушења равнотеже између количине позитивног и негативног наелектрисања, и то тако да се количина позитивног наелектрисања код Петра повећа за 0,01%, а код Милице смањи за 0,01%. Процените интензитет електростатичке силе којом би се Петар и Милица привлачили у том случају, имајући у виду да се људско тело претежно састоји од воде.
Упутство: Задатак решите користећи апроксимацију сферно симетричних ученика.

2. На слици је приказана кристална структура цезијум-хлорида (CsCl). Јони цезијума (Cs^+) налазе се у теменима коцке ивице 0,40 nm, док се јони хлора (Cl^-) налазе у центру коцке.



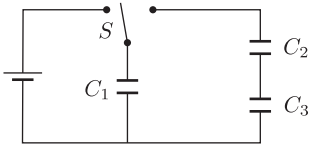
а) Одредити интензитет електростатичке силе којом јони цезијума делују на јон хлора.

б) Често се дешава да се у кристалној структури јаве одређене неправилности. На пример, може се десити да у неком сегменту кристала у једном од темена коцке недостаје јон цезијума. Ова појава се зове дефект кристалне решетке. Колики би у том случају био интензитет резултујуће електростатичке силе која делује на јон хлора?

3. У близини Земљине површине постоји електрично поље које је усмерено ка центру Земље и чија јачина износи 110 N/C. Претпостављајући да је наелектрисање равномерно распоређено по површини Земље, процените количину наелектрисања којом је наелектрисана наша планета. Полупречник Земље износи 6400 km.

4. Сатурнови прстенови састоје се од финих гранула прашине чији радијус је реда величине 1 μm. Ове грануле се крећу кроз јонизовани гас и током кретања „сакупљају" електроне. Колико електрона би требало да сакупи једна гранула да би потенцијал електричног поља на њеној површини био -400 V?

5. У колу приказаном на слици прекидач S је најпре укључен у леви положај. После извесног времена прекидач је пребачен у десни положај. Одредите количине наелектрисања на плочама сва три кондензатора након пребацивања прекидача у десни положај, ако су сви кондензатори у почетном тренутку били ненаелектрисани. Напон извора износи U, док су капацитети кондензатора C_1, C_2 и C_3, респективно.



I разред

1. Нови председник ФК Црвена Звезда Драган Стојковић Пикси, да би привукао гледаоце унајмио је Памелу Андерсон и Џенифер Лопез да косе траву стадиона Маракана. Џенифер се притом креће брзином $v_1 = 0.2\,\mathrm{m/s}$, а Памела $v_2 = 0.5\,\mathrm{m/s}$. У почетном тренутку Памела је кренула од гола на северној страни, а Џенифер од гола на јужној страни и обе се крећу паралелно аут линији. Дужина терена је $L = 100\,\mathrm{m}$. Колико пута ће се њих две срести у првих 15 минута рада, а колико пута за радно време које износи 8 сати? Под сусретом подразумевати сваки догађај кад су њих две подједнако удаљене од гол аут линије на северној трибини стадиона, где се традиционално окупља највежћи број Звездиних навијача, популарних Делија.

2. Грчки бог ветра Еол имао је моћ да контролише брзину ветра. Захваљујући познавању закона физике, он је знао на тај начин да контролише и правац падања капи кише. Током једне олује брзина ветра (у хоризонталном правцу) је била $v_1 = 10\,\mathrm{m/s}$ и капи кише су падале под углом 30^0 са вертикалом. Еол је затим повећао поменути угао на 45^0. За колико је притом повећао брзину ветра?

3. Атлетичарка Србије и Црне Горе Вукосава Ђапић освојила је бронзану медаљу у трци на 100 метара на Медитеранским играма 2005. у Алмерији. У првих 15 метара трке њено убрзање је зависило од времена по закону $a(t) = a_0 + a_1 t$, где су a_0 и a_1 познате константе. Како је зависила њена брзина од времена у том делу трке?

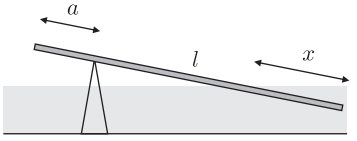
4. Током напада на Перл Харбур, Хидаки, јапански пилот камиказа, возио се у авиону чија кабина има облик полуцилиндра полупречника R. Авион се кретао у хоризонталном смеру брзином v, а капљице кише падају вертикално брзином $u = v$. Одредити однос броја капљица које падају на предњу и на задњу половину кабине.

5. За време једне поморске битке у Другом светском раду, на растојању L од америчке подморнице налазила се непријатељска јапанска патка. Правац кретања морске струје је нормалан на правац који спаја подморницу и патку и расте линеарно од 0 у тачки где је подморница до v_0 у тачки где је патка. Под којим углом у односу на правац који спаја подморницу и патку треба

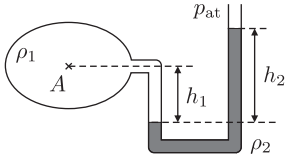
Амери да испале торпедо брзином v_0 да би патка била погођена и на тај начин били нанети ненадокнадиви губици непријатељу?

II разред

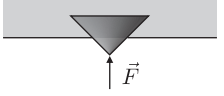
1. Након урагана Катрин, у Њу Орлеансу је потопљено дечије игралиште. Хомогена клацкалица дужине l једним својим крајем се налази у ваздуху, а један њен део је у води. Ако је дужина дела у ваздуху a, густина материјала од кога је направљена клацкалица је ρ, док је густина воде ρ_0, одредити дужину дела клацкалице који је потопљен у води.



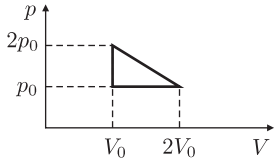
2. Колики је притисак у тачки A у посуди испуњеној флуидом густине ρ_1, ако је мерна грана испуњена флуидом густине ρ_2 а атмосферски притисак је p_0?



3. Резервоар са водом на дну има кружни отвор полупречника 3 cm. У том отвору се налази чеп облика купе, чија изводница заклапа угао 45° са изводницом. Маса чепа је $m = 850\,\mathrm{g}$. Коликом силом треба деловати одоздо на чеп да би из резервоара потекла вода?



4. Идеалан једноатомски гас је подвргнут термодинамичком циклусу на слици: гас се најпре изобарно сажима са запремине $2V_0$ на запремину V_0, потом му се изохорно промени притисак са p_0 на $2p_0$ и на крају гас пролази кроз ску стања која се могу описати једначином $p/p_0 = 3 - V/V_0$. Одредите коефицијент корисног дејства овог процеса.



5. Запремина гаса се мења по закону $V = a/T^2$, a је позитивна константа. Ако је моларна изохорска топлота гаса C_V, наћи моларни топлотни капацитет.

III разред

1. У граду на северу Италије у хали спортова организоване су игре без граница. Једна од игара се одвијала у дворани за клизање и састојала се у томе да се саонице са такмичарем гурну и почињу да клизе по леду а затим наилазе на део леда посут песком. Заустављају се прешавши половину своје дужине. Ту их дочекује други такмичар који их јаким ударцем поново покреће. У игри остају само оне екипе чије се саонице приликом заустављања нису преврнуле. Наћи однос пута и однос времена до првог заустављања и после удара за оне саонице које су после удара такмичара добиле исту брзину коју су имале прије заусављања услед наиласка на део леда посут песком.

2. Квадратни оквир од жице алуминијума обесимо тако да му је горња страница у хоризонталном положају, смештена окомито на ток хоризонталног хомогеног магнетног поља густине 1 T. Доња страница оквира налази се изван магнетног поља. Ако оквир ослободимо, он почиње падати док не постигне неку константну брзину. Колика је та брзина? Густина алуминијума је $2.7\,\mathrm{g/cm^3}$, а његова отпорност $2.6 \cdot 10^{-8}\,\Omega\mathrm{m}$.

3. У хомогеном магнетном пољу јачине $10^5\,\mathrm{A/m}$ смештен је проводан оквир површине $10^3\,\mathrm{cm}^2$, отпора $2\,\Omega$, тако да је раван површине оквира окомита на магнетно

тако да је раван површине оквира окомита на магнетно поље. Оквир је спојен са галванометром. За који угао треба заокренути оквир да би галванометром протекло наелектрисање $9.5 \cdot 10^{-3}$ C?

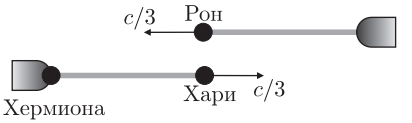
4. Кружни проводник полупречника r, постављен је у вертикалну раван тако да је раван окомита на магнетно поље густине B. У тренутку $t = 0$ метални штап се налази у тангенти T. Ако се штап пусти, он зсиле теже слободно пада. Колика је индукована електромоторна сила у кругу који је састављен од дела пређеног оквира и штапа, уз претпоставку да штап цело време има контакт са оквиром?

5. Од проводне жице има облик једнакостраничног троугла странице 5 cm, отпор оквира износи 2 Ω. Оквир је постављен у хомогено магнетно поље јачине 1.5 T, чије су силнице нормалне на раван у којој лежи оквир. Колика ће количина електрицитета протећи кроз оквир ако се јачина магнетног поља смањи на 0.5 T?

IV разред

1. Хари Потер, Рон и Хермиона испитују своје моћи телепатског одређивања пулса. Хермиона мирује, док се Хари и Рон крећу на релативистичким метлама константним брзинама дуж истог правца. Хермиона каже да је њен пулс 75 откуцаја у минути, а да је Харијев пулс 60 откуцаја у минути. Хари тврди обрнуто, тј. он каже да је његов пулс 75 откуцаја у минути, а Хермионин 60 откуцаја у минути. Рон тврди да Хари и Хермиона имају исти пулс. Одредити брзину Харија и Рона у односу на Хермиону, ако се зна да и у Хогвортсу важе закони специјалне теорије релативности.

2. На крајевима релативистичке метле сопствене дужине 1 m налазе се Хари Потер и Хермиона, а на крају друге је Рон. Метле се крећу истом брзином $c/3$ у односу на непокретног посматрача. У тренутку када су Хари и Рон један наспрам другога, сви часовници показују нулу. Шта ће показивати Ронов и Хермионин часовник када се они нађу једно наспрам дугог?



3. У горњим слојевима атмосфере рађа се μ-мезон који до распада прелети 5 km. Наћи брзину μ-мезона ако је његово сопствено време живота $2,21 \cdot 10^{-6}$ s.

4. Користећи Планкову константу, брзину светлости у вакуумуи и гравитациону константу, написати формулу за величину која има диманзије дужине. Шта представља та величина? Колика је одговарајућа величина која има димензије времена?

5. Колица се крећу по столу брзином v. На тим колицима се налазе друга колица која се у односу на њих крећу брзином v. По другим колицима се крећу трећа, релативном брзином $v\ldots$ Наћи брзину n-тих колица. Чему је једнака та брзина када број n тежи ка бесконачности.

Олимпијски задаци

И ове године наши ученици су успешно предтсвљали нашу земљу на Међународној олимпијади из физике. Како су се провели можете прочитати у репортажи једног од њих, Николе Продановића, а које су задатке радили, можете видети овде.

Теоријски задатак 1.

Несрећни сателит

Најчешћи орбитални маневар који обављају свемирске летелице је промена њихове брзине у правцу кретања, то јест убрзавање летелице у циљу преласка на орбиту са вишом енергијом или кочење у циљу повратка у

атмосферу. У овом проблему ћемо међутим изучавати промене орбите које настају при примени потиска мотора у радијалном правцу.

При рачунању бројних вредности користити: полупречник Земље $R_T = 6.37{\cdot}10^6\,\mathrm{m}$, гравитационо убрзање на површини Земље $g = 9.81\,\mathrm{m/s^2}$ (занемарити зависност од географске ширине), трајање (сидералног) дана $T_0 = 24.0\,\mathrm{h}$.

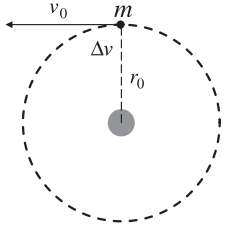
Посматраћемо геостационарни комуникациони сателит масе м који се налази на кружној орбити полупречника r_0 која лежи у екваторијалној равни. Овакви сателити имају моторе намењене да дају тангенцијални потисак потребан за достизање жељене орбите.

Питање 1

1.1 Израчунајте бројну вредност полупречника кружне орбите r_0. (0.3 б.)

1.2 Наћи аналитички израз за брзину сателита v_0 у функцији од g, R_T и r_0 и израчунати њену бројну вредност. (0.4 б.)

1.3 Наћи изразе за момент импулса L_0 и укупну механичку енергију E_0, у функцији од v_0, m, g и R_T. (0.8 б.)



Након што је постављен на овој геостационарној орбити (видети слику), стабилизован на жељеном положају, и припремљен за своје даље задатке, грешком земаљске контроле мотори сателита су поново упаљени. При томе је потисак мотора био усмерен директно према Земљи. Упркос томе што је земаљска контрола брзо искључила моторе, сателит је добио нежељену промену брзине Δv. Окарактеришимо ову промену параметром $\beta = \Delta v/v$. Интервал времена у којем су мотори били упаљени је занемарљив у односу на било које време које карактерише орбитално кретање, па можемо сматрати да је промена брзине настала тренутно.

Питање 2

Претпоставити да је $\beta < 1$.

2.1 Изразити параметре нове орбите , *semi-lactus-rectum* l и ексцентритет ε, у функцији r_0 и β. (0.9 б.)

2.2 Израчунати угао α између велике осе нове орбите и радијус вектора положаја у којем је дошло до нежељеног паљења мотора. (1.2 б.)

2.3 Одредити аналтички израз за екстремална растојања сателита од центра Земље $r_{\min}$ (перигеум) и $r_{\max}$ (апогеум), у функцији r_0 и β и израчунати њихове нумеричке вредности за $\beta = 1/4$. (0.7 б.)

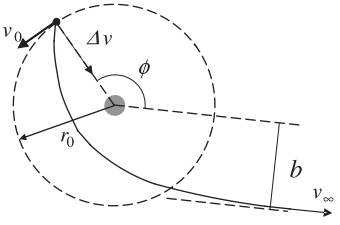
2.4 Одредити период T кретања сателита на новој орбити, изразити га у функцији T_0 и β и израчунати његову бројну вредност за $\beta = 1/4$. (0.7 б.)

Питање 3

3.1 Израчунати минималну вредност β_{esc} параметра β, који је потребан да би сателит савладао Земљину гравитацију. (0.5 б.)

3.2 Одредити на новој орбити у овом случају најмање растојање $r'_{\min}$ сателита од центра Земље, и изразити га у функцији r_0. (1.0 б.)

Питање 4



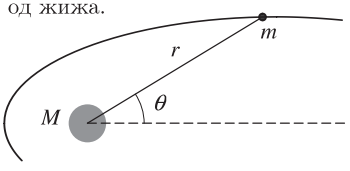
Претпоставити да је $\beta > \beta_{\mathrm{esc}}$.

4.1 Одредити брзину сателита у бесконачности (резидуална брзина) v_∞ у функцији v_0 и β. (1.0 б.)

4.2 Одредити "параметар судара" b асимптоте путање одвајања од Земље, и изразити га у функцији r_0 и β. (види слику). (1.0 б.)

4.3 Одредити угао ϕ (види слику) асимптоте путање одвајања у функцији β. Израчунати његову бројну вредност за $\beta = 3\beta_{\rm esc}/2$. (1.2 б.)

Упутство: Под дејством централних сила које опадају обрнуто пропорционално са квадратом растојања, тела се крећу по путањама у облику елипсе, параболе или хиперболе. У апроксимацији $m \ll M$ велика маса M је у једној од жижа.



Узимајући координатни почетак у тој жижи, општи облик поларне једначине ових кривих је (види слику)

$$r(\theta) = \frac{l}{1 - \varepsilon\cos\theta},$$

где је l позитивна константа која се зове *semi-lactus-rectum*, а ε је ексцентритет криве. Изражене у функцији константи кретања:

$$l = \frac{L^2}{GMm^2}, \quad \varepsilon = \sqrt{1 + \frac{2EL^2}{G^2M^2m^3}},$$

где је G универзална гравитациона константа, L је интензитет момента импулса масе на орбити, рачунатог у односу на координатни почетак, док је E укупна механичка енергија, са нулом потенцијалне енергије у бесконачности.

i) Ако је $0 \leq \varepsilon < 1$, путања је елипса (кружница за $\varepsilon = 0$).

ii) Ако је $\varepsilon = 1$, путања је парабола.

iii) Ако је $\varepsilon > 1$, путања је хипербола.

Теоријски задатак 2.

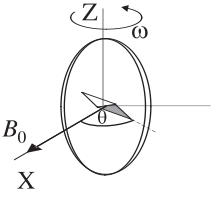
Апсолутна мерења електричних величина

Технолошке и научне промене, које су се одиграле током XIX века, довеле су до потребе да се дефинишу опште прихваћени стандарди електричних величина. Веровало се да се нове апсолутне јединице електричних величина могу базирати само на стандардима дужине, масе и времена, који су установљени након Француске револуције. У периоду од 1861. до 1912. године предузета су интензивна експериментална истраживања у циљу да се установе стандарди електричних величина. Овде дајемо пример три таква истраживања.

Одређивање ома (Келвин)

Затворени кружни соленоид са N навојака, полупречника a и укупне отпорности R ротира константном угаоном брзином ω око вертикалног пречника, у хоризонталном хомогеним магнетном пољу $\vec{B}_0 = B_0\vec{\imath}$.

1. Израчунати електромоторну силу ε индуковану у соленоиду, као и средњу снагу $\langle P\rangle$ потребну за одржавање соленоида у оваквом кретању. Самоиндукцију у соленоиду занемарити. (1.5 б.)



Помоћ: Средња вредност $\langle X(t)\rangle$ величине $X(t)$ која се периодично мења са периодом T је

$$\langle X(t)\rangle = \frac{1}{T}\int_0^T X(t)\mathrm{d}t.$$

Могу Вам затребати неки од ових интеграла:

$$\int_0^{2\pi}\sin x\mathrm{d}x = \int_0^{2\pi}\cos x\mathrm{d}x = \int_0^{2\pi}\sin x\cos x\mathrm{d}x = 0,$$

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 x \mathrm{d}x = \int_0^{2\pi} \cos^2 x \mathrm{d}x = \pi,$$

и касније

$$\int x^n \mathrm{d}x = \frac{1}{n+1} x^{n+1}.$$

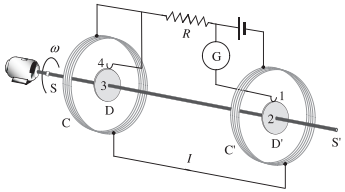
Мала магнетна игла се налази у центру соленоида, види слику. Она може да се слободно полако окреће у хоризонталној равни око Z, али не може да прати брзу ротацију соленоида.

2. Након што је остварен стационарни режим, игла ће се поставити под малим углом θ у односу на $\vec{B}_0$. Израчунати отпорност R соленоида, и изразити га у функцији овог угла и других параметара система. (2.0 б.)

Лорд Келвин је користио овај метод око 1860. године да установи апсолутни стандард јединице за отпор - ома. Да би се избегла употреба ротирајућег соленоида, Лоренц је предложио алтернативни метод, који су користили Лорд Рејли и Чедвик и који анализирамо у следећим пасусима.

Одређивање ома (Рејли и Чедвик)

Коришћени експериментални уређај је приказан на слици.



Он се састоји од два идентична метална диска D и D' полупречника b, монтирана на проводну осовину SS'. Мотор ротира дискове угаоном брзином ω, коју можемо прилагођавати у циљу мерења отпорности R. Два идентична соленоида C и C' (полупречника a, сваки са по N навојака) окружују дискове. Ови соленоиди су повезани тако да струја I тече кроз њих у супротним смеровима. Цео уређај служи за мерење отпорности R.

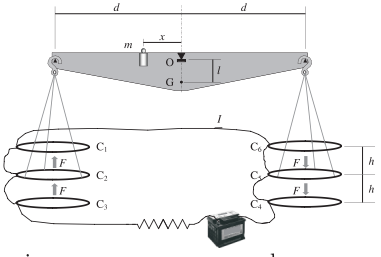
3. Претпоставити да струја I протичући кроз соленоиде C и C' ствара хомогено магнетно поље B у околини D и D', једнако вредности у центру соленоида. Израчунати електромоторну силу ε индуковану између обода 1 и 4, претпостављајући да је растојање између соленоида знатно веће од њихових полупречника, и да је $a \gg b$. (2.0 б.)

Дискови су прикључени у коло преко проводних контактних четкица на ободима 1 и 4. Галванометар G служи за детектовање струје кроз коло 1-2-3-4.

4. Отпорност R се мери када кроз галванометар G не тече струја. Изразити R у функцији физичких параметара система. (0.5 б.)

Одређивање ампера

Пуштајући струју кроз два проводника и мерећи силу између њих могуће је извршити апсолутно мерење саме струје. "Струјна вага" коју је дизајнирао Лорд Келвин 1882. године користи овај метод. Она се састоји од шест идентичних навојака $C_1 \ldots C_6$ полупречника a, везаних редно.



Као што је приказано на слици, фиксирани навојци C_1, C_3, C_4 и C_6 леже у две хоризонталне равни на малом међусобном растојању $2h$. Навојци C_2 и C_5 су обешени о кракове ваге тако да су у равнотежном положају једнако удаљени од обе равни. Дужина кракова је d. Струја I тече кроз навојке тако да је магнетна сила на C_2 усмерена навише, а на C_5 наниже. Маса m, постављена на растојању h од тачке ослонца O, служи за успостављање равнотеже када струја тече кроз коло.

5. Израчунати силу F којом навојак C_1 делује на C_2. При израчунавању, због једноставности, претпоставити да је сила по јединици дужине проводника иста као у случају два бесконачно дуга праволинијска проводника са струјама. (1.0 б.)

6. Струја I се мери када је вага уравнотежена. Одредити вредност I у функцији физичких параметара система. Димензије уређаја су такве да се дејство левих на десне навојке (и обратно) може занемарити. (1.0 б.)

Нека је M маса ваге (без делова који висе и масе m), G је одговарајући центар масе, док је l растојање OG.

7. Равнотежа ваге је стабилна за поремећаје који доводе до мале промене δz висине навојка C_2 и $-\delta z$ висине навојка C_5. Израчунати (Сматрати да центри навојака приближно остају на истој правој.) максималну вредност $\delta z_{\max}$ за коју вага може да се врати у равнотежни положај када поремећај престане да делује. (2.0 б.)

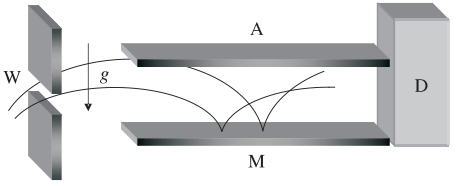
Теоријски задатак 3.

Неутрони у гравитационом пољу

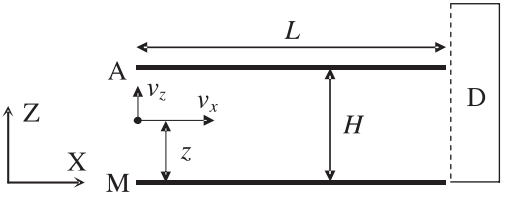
У класичној физици, лоптица која еластично одскаче од површине Земље је идеалан пример перманентног кретања. Лоптица је заробљена - не може да иде испод површине Земље и не може да одскочи изнад неке максималне висине. Лоптица ће остати у овом стању непрестано скачући горе-доле. Овај процес могу зауставити једино отпор ваздуха и не еластичност судара са подлогом, што треба занемарити у наредним задацима.

Физичари са института Лау Ланжевен из Гренобла је 2002. године саопштила експерименталне резултате о понашању неутрона у Земљином гравитационом пољу. У експерименту, неутрони који се крећу удесно падају на хоризонталну површ кристала, која се за њих понаша као огледало, пошто се неутрони од ове површи одбијају еластично.

Шема експерименталног уређаја је дата на слици. Уређај се састоји од прозора W, огледала за неутроне M (на висини $z = 0$), апсорбера неутрона A (на висини $z = H$ и дужине L) и детектора неутрона D. Кроз шупљину између A и M сноп неутрона се креће са константном хоризонталном компонентом брзине v_h од W до D. Сви неутрони који доспеју до површине апсорбера A бивају апсорбовани и "нестају из експеримента". Неутрони који падају на M се рефлектују еластично. Детектор D мери проток неутрона $N(H)$, тј. укупан број неутрона који доспеју до D у јединици времена.



Неутрони улазе у шупљину са широким распоном позитивних и негативних вредности вертикалне компоненте брзине v_z. Унутар шупљине ови неутрони лете између огледала и апсорбера.



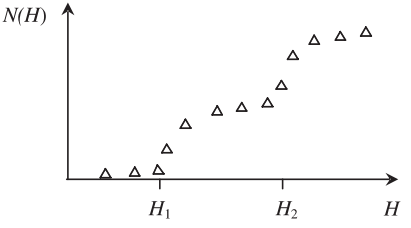
1. На основу закона класичне физике израчунати интервал вредности који могу имати вертикалне компоненте $v_z(z)$ брзине оних неутрона који улазе у шупљину на висини z, и могу стићи до детектора D. Претпоставити да је L много веће од свих осталих дужина које се јављају у задатку. (1.5 б.)

2. На основу закона класичне физике израчунати минималну дужину L_c шупљине при којој су сви неутрони изван поменутог интервала брзина апсорбовани апсорбером A, без обзира на вредност z. Користити $v_x = 10\,\mathrm{m/s}$ и $H = 50\,\mu\mathrm{m}$. (1.5 б.)

Проток неутрона $N(H)$ се мери на D. Очекује се да $N(H)$ монотоно расте са порастом H.

3. Израчунати класични проток $N_c(H)$ претпостављајући да неутрони који стижу у шупљину имају једнако вероватне све вредности v_z и z. Проток изразити у функцији величине ρ која представља број неутрона који стижу у шупљину по јединици времена, јединици висине и јединици вертикалне компоненте брзине. Ова величина је константна, тј. не зависи ни од v_z ни од z. (2.5 б.)

Експериментални резултати које је добила група из Гренобла не слажу се са предвиђањима класичне физике. Испоставља се да вредност $N(H)$ има оштре скокове када висина H достиже неке критичне вредности H_1, H_2, ... (види слику).



Другим речима, експеримент показује да је вертикално кретање неутрона који се одбијају од огледала квантовано. У складу са Бор-Зомерфелдовим методом квантовања, који је коришћен за добијање енергијских нивоа атома водоника, може се написати: "Дејство S неутрона дуж вертикалног правца је целобројни умножак Планкове константе h". Дејство S и услов квантовања су дати са

$$S = \int p_z(z)\mathrm{d}z = nh, \quad n = 0, 1, 2 \ldots$$

где је p_z вертикална компонента класичног вектора импулса, а интеграли се по свим могућим њеним вредностима. Сви неутрони у шупљини морају задовољавати ово правило.

4. Одредити дозвољене квантоване вредности висине H_n и нивоа енергије E_n (која одговара само вертикалном кретању) користећи Бор-Зомерфелдово правило квантовања. Израчунати вредности за H_1 у μm и за E_1 у eV. (2.5 б.)

Почетна дистрибуција ρ неутрона, која је хомогена на улазу, мења се у току лета неутрона дуж дугачке шупљине, прелазећи у степенасту дистрибуцију коју детектује D (види слику горе). Од сада па на даље, једноставности ради, разматраћемо случај дугачке шупљине са $H < H_2$. Класично, сви неутрони са енергијама из интервала одређеног у питању 1, могу проћи кроз шупљину. Кватно-механички гледано ово је дозвољено само за неутроне који имају енергију E_1 што даље, на основу Хајзенберговог принципа неодређености за енергију и време, захтева минимално време прелета. Неодређеност енергије вертикалног кретања ће бити значајна уколико је дужина шупљине мала. Овај феномен доводи до ширења новоа енергије.

5. Проценити минимално време прелета t_q и минималну дужину L_q шупљине који су потребни да би се опазио први оштри пораст у броју неутрона на детектору D. Користити $v_x = 10\,\mathrm{ms}^{-1}$. (3.0 б.)

Подаци:

Планкова константа	$h = 6.63 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{Js}$
Брзина светлости у вакууму	$c = 3.00 \cdot 10^{8}\,\mathrm{ms}^{-1}$
Елементарно наелектрисање	$e = 1.60 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$
Маса неутрона	$M = 1.67 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$
Гравитационо убрзање	$g = 9.81\,\mathrm{ms}^{-2}$

Користан интеграл: $\int (1-x)^{1/2}\mathrm{d}x = -\frac{2}{3}(1-x)^{3/2}$.

Експериментални задатак

Одређивање Планкове константе

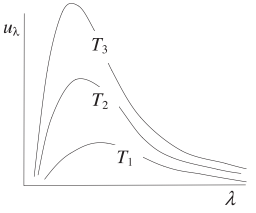
Планк је 1900. године изнео хипотезу да материја емитује светлост у виду кваната енергије $h\nu$. Ајнштајн је 1905. године ову идеју даље проширио претпоставком да једном емитовани кванти енергије постоје као кванти светлости (касније названи фотонима). Циљ овог експеримента је мерење Планкове константе.

Тела емитују али и апсорбују зрачење које на њих пада споља. Црним телом се назива тело које апсорбује сво зрачење која падне на њега, без обзира на његову таласну дужину. Простије речено, ова тела апсорбују све, ништа не рефлектују, а емитују све. Реална тела нису црна. Количник енергије коју емитује реално тело и енергије коју би емитовало црно тело на истој температури се назива емисивност ε; ова величина обично зависи од таласне дужине.

Планк је открио да се израчена снага црног тела на температури T и таласној дужини λ може написати у облику

$$u_\lambda = \varepsilon \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)},$$

где су c_1 и c_2 константе. У овом експерименталном задатку се захтева да се константа c_2 одреди експериментално, обзиром да је она пропорционална Планковој константи h.

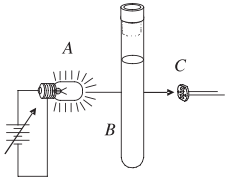


Слика 1.

За зрачење на малим таласним дужинама λ, далеко с лева од маскимума израчене снаге приказане на слици 1, могуће је занемарити -1 у имениоцу једначине, те тако добијамо

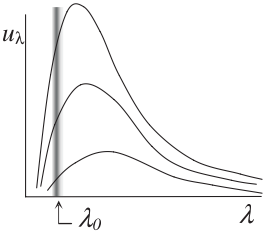
$$u_\lambda = \varepsilon \frac{c_1}{\lambda^5 e^{c_2/\lambda T}}.$$

Основни елементи експерименталног задатка скицирани су на слици 2.



Слика 2.

- Тело које емитује светлост је нит од тунгстена смештена унутар лампе A која емитује широк спектар таласних дужина λ, и чији се сјај може мењати.
- Епрувета B садржи течни филтер који пропушта само узан опсег таласних дужина око централне таласне дужине λ_0 у видљивом делу спецтра (види слику 3). Више о особинама филтера можете наћи у даљем тексту.
- На крају, пропуштена светлост пада на фото-отпорник C (познат под скраћеницом LDR - Light Dependent Resistor). Неке од његових особина ће бити описане у даљем тексту.



Слика 3.

Отпорност R LDR-а зависи од интензитета E светлости којом је LDR осветљен. Ова величина је пропорционална са u_λ те важи

$$\left.\begin{array}{l} E \propto u_{\lambda_0} \\ R \propto E^{-\gamma} \end{array}\right\} \Rightarrow R \propto u_{\lambda_0}^{-\gamma},$$

где је бездимензионални параметер γ карактеристика LDR-а коју треба одредити у експерименту. Стога за овај уређај вреди

$$R = c_3 e^{c_2 \gamma / \lambda_0 T}, \qquad (1)$$

где је R отпорност LDR-а, док је T температура нити. У овој релацији c_3 је непозната константа пропорционалности. Мерећи R у функцији температуре T може се одредити c_2, што је циљ овог експеримента.

Опис апаратуре

На слици 4 су приказане компоненте уређаја, као и препоруке за њихово повезивање.

Компоненте:

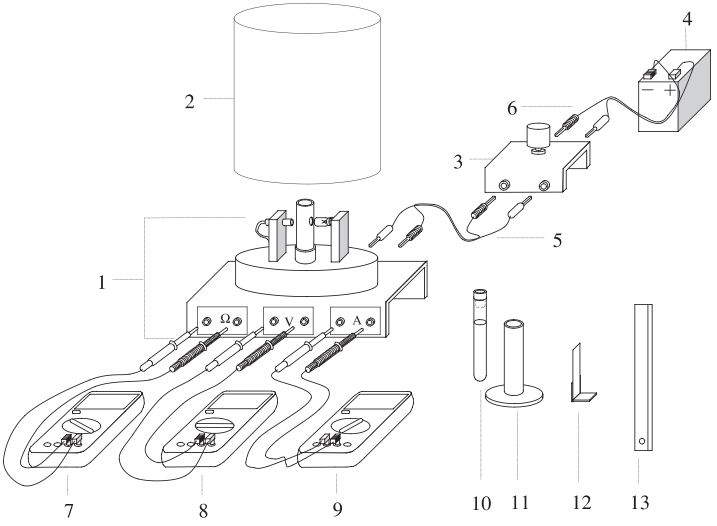
1. Платформа. На њеном врху је диск са држачима за LDR, епрувету и електручну лампу од 12 V, 0.1 A.
2. Заштитни поклопац.
3. Потенциометар од 1 kΩ, који може да се окрене 10 пута.
4. Батерија од 12 V.
5. Црвене и црне жице са букснама на оба краја за спајање платформе са потенциометром.
6. Црвене и црне жице са букснама на једном крају за повезивање са потенциометром и прикључцима за батерију на другом крају.
7. Мултиметар који ради као омметар.
8. Мултиметар који ради као волтметар.
9. Мултиметар који ради као амперметар.
10. Тест епрувета са течним филтером
11. Постоље за тест епрувету.
12. Сиви филтер.
13. Лењир.

Скраћено упутство за употребу мултиметра је дато у посебном тексту.

Повезивање апаратуре

Пратите следећа упутства:

- Пажљиво повезујте електричне компоненте према слици 4.
- Поступите према корацима приказаним на слици 5:

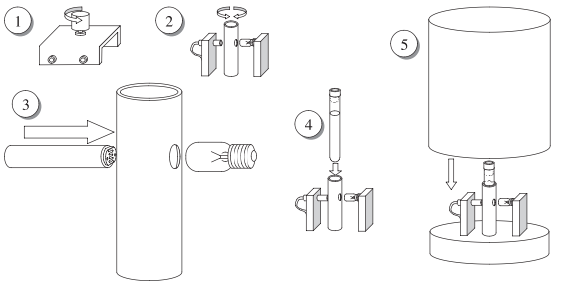


Слика 4.

Повезивање апаратуре

Пратите следећа упутства:

- Пажљиво повезујте електричне компоненте према слици 4.
- Поступите према корацима приказаним на слици 5:



Слика 5.

1. Окрените дугме потенциометра до краја у смеру супротном кретању казаљке на сату.
2. Окрећите полако држач тест епрувете све док један бочни отвор не буде испред лампе а други испред LDR.
3. Приближите LDR отвору држача тест епрувете све док се благо не додирну. Препоручује се да површину LDR-а оријентишете као на слици 5.
4. Убаците тест епрувету у њен држач.
5. Спустите поклопац преко свега ради заштите од спољњег светла. Држите LDR у потпуном мраку најмање 10 минута пре него што почнете мерења његовог отпора. Ово се чини из предострожности обзиром да се вредност отпорности LDR-а у мраку не достиже тренутно.

Задатак 1

Доцртајте на папиру за одговоре комплетну шему повезивања компонената у кутијама као и шему међусобног повезивања кутија, када је апаратура потпуно повезана. За овај корак користите упутства са слике 4.

Мерења температуре нити

Електрична отпорност R_B проводне нити је

$$R_B = \rho \frac{l}{S},$$

где је ρ специфична отпорност, l дужина, а S површина попречног пресека нити.

Отпорност зависи од температуре из следећих разлога:

- Специфична отпорност расте са температуром. За тунгстен у температурском опсегу 300 K до 3655 K, важи емпиријска формула (све величине изражене у СИ јединицама)

$$T = 3.08 \cdot 10^8 \rho^{0.83}.$$

- Термално ширење мења дужину и попречни пресек нити али се то овде може занемарити. Из последње две формуле, уз занемарујући термалног ширења добија се

$$T = a R_B^{0.83}.$$

- За налажење T потребно је одредити a. Ово се може постићи мерењем отпорности нити $R_{B,0}$ на собној температури T_0.

Задатак 2

а) Измерите мутиметром собну температуру T_0.

б) Није добро користити омметар за мерење отпорности нити $R_{B,0}$ на T_0 зато што се тиме мало повећава струја кроз нит, те се нит додатно греје па ће јој температура порасти. Уместо тога, да би одредили $R_{B,0}$ вежите батерију на потенциометар и извршите довољан број мерења струје за напоне од најмањег могућег па до 1 V. (Потребно је извршити најмање 15 мерења при напонима испод

1 mV и још неколико изнад тога.) На крају вратите потенциометар у почетни положај и искључите један кабл који га спаја са батеријом.

Израчунајте R_B за све парове вредности V и I, унесите ове вредности у табелу. Наведите најмањи напон који сте могли да експериментално остварите. Нацртајте график зависности $R_B(I)$.

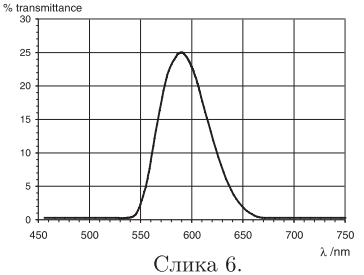
в) Са претходног графика изаберите интервал у коме је зависност отпора од струје линеарна, унесите изабране вредности у табелу. Обзиром да графички метод носи мање поена, одредити $R_{B,0}$ методом најмањих квадрата као одсечак на ординатној оси. У лист за одговоре унети вредности за $R_{B,0}$ и $\Delta R_{B,0}$.

г) Израчунати бројне вредности a и Δa користећи формулу за T и вредности $R_{B,0}[\Omega]$ и $T_0[\mathrm{K}]$.

Оптичке особине филтера

Течни филтер у тест епрувети је водени раствор бакар сулфата (II) и наранџасте (II) анилинске боје. Бакар сулфат апсорбује инфрацрвено зрачење нити.

Зависност пропустљивости - transmittance филтера (=интензитет пропуштене светлости/интензитет упадне светлости) од таласне дужине је дата на слици 6.



Слика 6.

Задатак 3

Одредити λ_0 и $\Delta\lambda$ са графика на слици 6.

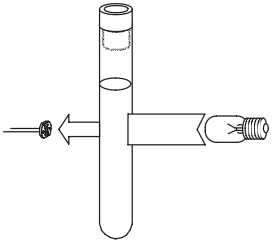
Напомена: $\Delta\lambda$ је полуширина на полувисини, тј. $2\Delta\lambda$ је укупна ширина пика на половини висине, док је λ_0 таласна дужина која одговара максимуму.

Особине LDR-а

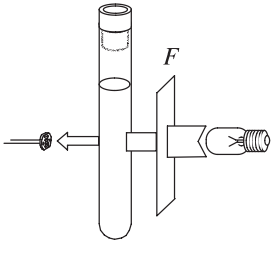
LDR је направљен од материјала који је непроводан у мраку. Његовим осветљавањем неки носиоци наелектрисања бивају активирани услед чега кроз LDR може да тече струја. При томе отпорност LDR-а зависи од интензитета упадне светлости E као

$$R = bE^{-\gamma},$$

где је b константа која зависи од састава и геометрије LDR-а, док је γ бездимензионални параметер. Теоријски је $\gamma = 1$ за идеални LDR, док је за реални LDR $\gamma < 1$ услед утицаја разних фактора.



Слика 7.



Слика 8.

Потребно је одредити γ. То се може постићи мерењем парова вредности R и E (сл. 7) а затим уношењем сивог филтера F између лампе и тест епрувете (сл. 8), чија пропустљивост износи 51.2% (грешку пропустљивости занемарити). Уношењем сивог филтера интензитет упадне светлости E која пада на тест епрувету

постаје: $E' = 0.512E$. Након мерења отпорности R' у присуству сивог филетера вреди:

$$R = bE^{-\gamma}, \quad R' = b(0.512E)^{-\gamma},$$

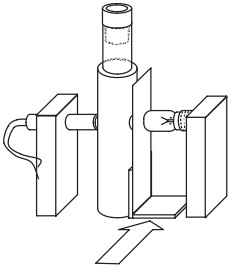
одакле је

$$\ln \frac{R}{R'} = \gamma\ 0.512.$$

Не спроводите ову процедуру док не дођете до дела б) задатка 4 који следи.

Задатак 4

а) LDR мора бити у тоталном мраку најмање 10 минута пре почетка мерења у овом задатку. Повежите батерију и потенциометар и, окрећући дугме потенциометра веома споро, повећавајте напон на лампи. Измерите парове вредности V и I у опсегу напона V од 9.50 V до 11.50 V, и нађите одговарајуће отпорности R за LDR. (Потребно је извршити најмање 12 мерења). Упишите добијене вредности у табелу на листу за одговоре. Да би се избегле грешке у одговору ЛДР-а поступите по следећем: Након што по први пут подесите напон на вредност $V > 9.5$ V , чекајте око 10 мин пре првог мерења. Затим чекајте по 5 мин пре мерења, након сваке промене напона. Пређите на следећу тачку пре било каквих израчунавања.



Слика 9.

б) Након што једном одредите најнижу вредност отпорности R, скините заштитни поклопац, ставите сиви филтер као на слици 9, вратите поклопац што брже можете и измерите нову вредност отпорности R' LDR-а. На основу ових података и последње једначине, израчунајте γ и $\Delta\gamma$.

в) Модификујте једначину (1) тако да приказује линеарну зависност $\ln R$ од $R_B^{-0.83}$. У лист за одговоре упишите добијену једначину и означите је са (*).

г) Сада, коришћењем података из тачке а), попуните табелу коју ће те даље користити за графичко представљање једначине (*).

д) Нацртајте график, нађите c_2 и његову грешку методом најмањих квадрата, а затим знајући да је $c_2 = hc/k$, израчунајте h и Δh (можете користити статистичке функције калкулатора које је обезбедио организатор).

(брзина светлости, $c = 2.998 \cdot 10^8\,\mathrm{ms}^{-1}$; Болцманова константа $k = 1.381 \cdot 10^{-23}\,\mathrm{JK}^{-1}$)

Метод најмањих квадрата
за фитовање линеарне зависности

Нека је $y = mx + b$. Параметри m и b и њихове грешке су:

$$m = \frac{(\sum x)(\sum y) - n(\sum xy)}{(\sum x)^2 - n(\sum x^2)},$$

$$\Delta m = \sqrt{\frac{n\sigma^2}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}}$$

$$b = \frac{(\sum x)(\sum xy) - (\sum y)(\sum x^2)}{(\sum x)^2 - n(\sum x^2)},$$

$$\Delta b = \sqrt{\frac{\sigma^2(\sum x^2)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}}.$$

Овде је $\sigma = \sqrt{\sigma_y^2 + m^2\sigma_x^2}$, где су $\sigma_x = \sqrt{(\sum \Delta x^2)/n}$ и $\sigma_y = \sqrt{(\sum \Delta y^2)/n}$ а Δx и Δy су грешке индивидуалних мерења; n је број мерења.

У припреми

Збирка решених задатака

наградни задаци
домаћа такмичења
олимпијаде

младифизичар

Ценовник

Позивамо вас да и у новој школској години читате Млади физичар. Претплатите се и обезбедите на време свој примерак. У овој школској години:

годишња претплата
- 600 дин

ПОПУСТИ
на групне претплате

Копију опште уплатнице (Друштва физичара Србије жиро рачун 205-25694-24, сврха уплате Млади физичар) нам пошаљите поштом, факсом или e-mailom:

Редакција часописа младифизичар
Прегреица 118
11080 Београд- Земун
факс: 011/3162-190
e-mail: pretplata@dfs.org.yu

За сва питања можете се обратити редакцији на тел. број, 011/3160-260, локал 143. Млади физичар можете набавити и у књижари "Студентски трг" у Београду, телефон 011/185-295.

Поседујемо ограничену количину старих бројева

Нумеричко решавање проблема три тела

Пише: Новица Пауновић

Проблем три тела (ПЗТ) представља проблем налажења кретања три тела која међусобно интерагују гравитационом силом. Овај проблем је покушао да реши још Исак Њутн, након што је открио закон гравитације, али није успео у томе. ПЗТ је привлачио пуно пажње од XVIII до раног XX века, и њиме су се бавила многа славна имена, као нпр. Поанкаре, који је закључио да је кретање три тела генерално хаотично, тј. да мале промене у почетним условима доводе до великих разлика у даљем кретању тела. Овај проблем и данас има велики значај. Установљено је да се ПЗТ не може аналитички решити, тј. трајекторије тела и њихове брзине се не могу описати неком математичком функцијом, али се може решити помоћу рачунара. У овом чланку ћемо се позабавити управо овим методом нумеричког решавања ПЗТ, јер је сам по себи веома занимљив, али и зато што младим физичарима може послужити као увид у нумеричко решавање физичких проблема. Данас се јако много физичких проблема решава помоћу нумеричких симулација, па се често сматра да поред основне поделе на теоријску и експерименталну физику, треба увести и трећу категорију, "компјутерску физику".

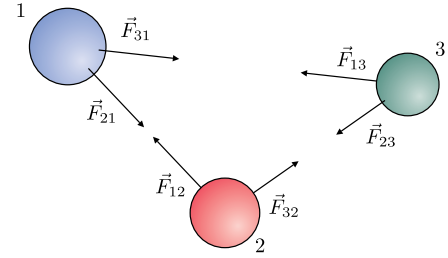
ПЗТ представља специјалан случај општијег проблема, проблема кретања n тела. Једноставнији случај, проблем кретања два тела, решио је сам Њутн 1687. Решење се своди на посматрање кретања центра масе система и једног фиктивног тела редуковане масе $m=m_1m_2/(m_1+m_2)$. Постоји и један једноставнији случај ПЗТ, тзв. редуковани ПЗТ, у коме се сва три тела крећу у једној равни, и у коме једно тело има занемарљиву масу у односу на остала два. Тај проблем се може аналитички решити, и врло је важан у небеској механици, јер се испоставља да се пуно проблема може свести на њега (нпр. кретање сателита у пољу Земље и Месеца, или Месеца у пољу Земље и Сунца).

Основни начин нумеричког решавања кретања тела се састоји у томе да се оно посматра као низ сукцесивних помераја раздвојених временским интервалом Δt, да се нађу силе које делују на свако од тела на почетку тог интервала, из силе наћи тренутно убрзање $\vec{A}'$ које делује на свако тело, да се кретање тела у току тог кратког интервала апроксимира праволинијским, што омогућава да се лако нађу промена брзине $\vec{V}'$ и положаја у току интервала Δt. Што је Δt краћи, то је нумеричко решење тачније (уколико је Δt недовољно мало, може доћи до драстичних грешака, поготово у случајевима блиских сусрета тела, када су њихове брзине велике).

$$\vec{R} = \vec{R}' + V'\Delta t + \tfrac{1}{2}A'\Delta t^2 \qquad (1)$$

$$\vec{V} = V' + A'\Delta t\,. \qquad (2)$$

Добијене вредности за $\vec{R}$ и $\vec{V}$ се користе као примоване вредности на почетку следећег интервала и



Слика 1.

тако изнова. Оваквим низом компјутерских итерација добијамо низ сукцесивних вектора положаја којима се апроксимира реална трајекторија тела. Основна теорија је врло проста, а да видимо како то изгледа у пракси.

Погледајмо слику 1, где су дате узајамне интеракције три тела. Са $\vec{F}_{ij}$ је означена сила којом тело i делује на тело j. Гравитациона сила између два тела чије су масе M_1 и M_2 дата је познатим законом гравитације $F = GM_1M_2/r^2$ али ово даје скаларни интензитет силе, а нама је потребна сила гравитације у векторском облику. Сила којом тело 2 делује на тело 1, може се представити на следећи начин

$$\vec{F}_{21} = G\frac{M_1M_2}{|\vec{R}_2-\vec{R}_1|^2}\frac{\vec{R}_2-\vec{R}_1}{|\vec{R}_2-\vec{R}_1|}, \tag{3}$$

где је у искоришћено да се вектор $\vec{r}_{12}$ растојања између тела 2 и 1 може добити као векторска разлика вектора положаја та два тела, док последњи фактор представља јединични вектор усмерен од тела 1 ка 2. $|\vec{R}_2 - \vec{R}_1|$ је модуо вектора $\vec{r}_{12}$ и може се добити из x, y, z компоненти вектора као

$$|\vec{R}_2 - \vec{R}_1| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}.$$

Пошто се вектор положаја може представити као

$$\vec{R} = x\vec{\imath} + y\vec{\jmath} + z\vec{k},$$

где су $\vec{\imath}$, $\vec{\jmath}$ и $\vec{k}$ јединични вектори у правцу x, y и z оса координатног система (тзв. ортови). Према томе, укупно убрзање које делује на тело 1 се може представити као

$$\begin{aligned}\vec{A}_1 &= \frac{\vec{F}_{21}+\vec{F}_{31}}{M_1} \\ &= GM_2\frac{(x_2-x_1)\vec{\imath}+(y_2-y_1)\vec{\jmath}+(z_2-z_1)\vec{k}}{|R_2-R_1|^3} \\ &+ GM_3\frac{(x_3-x_1)\vec{\imath}+(y_3-y_1)\vec{\jmath}+(z_3-z_1)\vec{k}}{|R_3-R_1|^3}.\end{aligned} \tag{4}$$

Одавде се могу добити компоненте убрзања дуж појединих оса. Дуж x-осе убрзање је

$$A_{1x} = GM_2\frac{(x_2-x_1)}{|R_2-R_1|^3} + GM_3\frac{(x_3-x_1)}{|R_3-R_1|^3}. \tag{5}$$

Аналогно би се могле добити остале компоненте за честицу 1, али и све компоненте убрзања за тела 2 и 3. Имајући све ове компоненте убрзања, у итеративном компјутерском процесу би могли наћи компоненте вектора положаја и брзина, користећи изразе (1) и (2) у њиховом разложеном облику, тј. као $x = x' + V'_x\Delta t + \frac{1}{2}A'_x\Delta t^2$ односно $V_x = V_x + A'_x\Delta t$. Овако расписано, добијамо прилично гломазан скуп израза, не баш захвалан за укуцавање. Срећом, он се може врло концизно написати и компјутерски извршавати уколико се вектори положаја сместе у дводимензионалне низове (матрице) облика `R(n,i)` где се индекс н односи на различита тела, а и на три компоненте вектора положаја одређеног тела. Такође можемо дефинисати аналогне матрице `A(n,i)` и `V(n,i)` за пријем вредности убрзања односно брзине, и низ M(i) за пријем маса тела.

Израз за `i`-ту компонента вектора убрзања `J`-тог тела можемо написати као:

$$\texttt{A(J,I)} = \sum_{\texttt{K}\neq\texttt{J}}^{\texttt{N}} \frac{\texttt{G*M(K)*(R(K,I)-R(J,I))}}{\texttt{D(K,J)}} \tag{6}$$

где је

$$\texttt{D(K,J)} = \sum_{\texttt{I}} \texttt{(R(K,I)-R(J,I))}^{3/2}. \tag{7}$$

У изразу (6) се сумирањем по `K` заправо сумира утицај свих осталих тела на тело `J`, при чему услов `K` различито од `J` у суми значи да тело не интерагује само са собом. Овај израз представља заправо генерализацију на најопштији случај, за интеракцију N тела, а не само три. Користећи овај приступ, језгро програма (без уноса података испред њега и приказа резултата након њега) се може написати крајње компактно (слика 2). Као што се види, тешко да може бити једноставније.

Постоји још један начин како се проблем може елегантно решити. Наиме, горе смо прво морали све векторе да разложимо на компоненте, и да онда рачунамо за сваку од њих посебно, а видели смо да ово разлагање може да буде мало заморно и запетљано. Срећом, постоји могућност да векторе компјутерски третирамо као векторе, без заморног разлагања на компоненте. Вектор је у суштини уређени скуп (x, y, z) који чине три ње-

```
'ITERACIONO JEZGRO
FOR i = 1 TO 3 'za x, y i z koordinatu
  FOR J = 1 TO N 'interaguje svako sa svakim
    FOR K = 1 TO N
      IF K <> J THEN 'telo ne interaguje samo sa sobom
        D=((SQR((R(K,1) - R(J,1))^2 + (R(K,2) - R(J,2))^2))^3

        A(J,i) = A(J,i) + G*M(K)*(R(K,i) - R(J,i))/D
      END IF
    NEXT K

  R(J,i) = R(J,i) + V(J,i)*dt + .5*A(J,i)*dt*dt
  V(J,i) = V(J,i) + A(J,i)*dt
  A(J,i) = 0
  NEXT J
NEXT i
```

Слика 2

гове компоненте. У скоро свим програмским језицима се могу дефинисати тзв. кориснички типови података, који представљају уређени податак који се третира као целина. Нпр. можемо дефинисати тип података назван `Vektor` програмским кодом сличним следећем

```
Type Vektor
    x As Double
    y As Double
    z As Double
End Type
```

а затим се могу дефинисати потребне променљиве типа `Vektor`, нпр.

```
Function VektZbir(V1 As Vektor, V2 As Vektor) As Vektor
    VektZbir.x = V1.x + V2.x
    VektZbir.y = V1.y + V2.y
    VektZbir.z = V1.z + V2.z
End Function

Function VektPutaSkalar(V1 As Vektor, ByVal S As Double) As Vektor
    VektPutaSkalar.x = V1.x * S
    VektPutaSkalar.y = V1.y * S
    VektPutaSkalar.z = V1.z * S
End Function
```

и након тога се са изразима (1), (2) и (3) може директно оперисати, без посебног разлагање на компоненте, нпр. можемо рећи

```
A1=VektPutaSkalar(F1, 1/M1)
V1=VektZbir(V1, VektPutaSkalar(A1,dt))
```

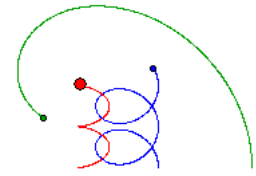
претходно на сличан начин нашавши вектор `F1` на основу вектора `R1`, `R2` и `R3`.

Уколико у наш програм убацимо неке вредности за масе, почетне положаје и брзине тела и покренемо га, могли бисмо добити трајекторије као на слици 3а, што можда и није баш оно што смо очекивали. Кретање тела изгледа овако спирално зато што смо кретање приказали у непокретном (апсолутном) координатном систему у коме смо и задали почетне вредности, и посматрано из овог система, тела међусобно ротирају око себе, али се и крећу као целина. Због тога је често погоднije да се кретање посматра из референтног система везаног за центар масе (ЦМ). То можемо учинити врло једноставно, тако што од померања тела одузмемо померање положаја ЦМ

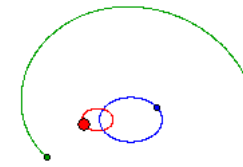
$$\vec{R} = \vec{R}_{\text{aps}} - V_{\text{cm}} t$$

где је брзина ЦМ

$$V_{\text{cm}} = \frac{M_1\vec{V}_1 + M_2\vec{V}_2 + M_3\vec{V}_3}{M_1 + M_2 + M_3}.$$



Слика 3а.



Слика 3б.

Сви они који не желе или не умеју сами да напишу одговарајући програм, могу са сајта Младог физичара http://mf.dfs.org.yu/ttv да преузму готов програм са којим могу да се играју кроз експерименте.

На овај начин добијамо трајекторије као на слици 3б, што је већ много препознатљивије.

Сада је на реду забава! Уколико не желите или не знате да програмирате, са нашег сајта можете преузети готов програм који је написао аутор овог чланка. Након распакивања преузетог фајла, инсталирајте програмчић и покрените га. У програму се могу задати масе, почетни положаји и брзине тела, интервал итерације, итд. Трајекторије се могу приказати у апсолутном систему, систему ЦМ, или у системима референце везаним за тела М1, М2 или М3, ако је то пожељно. Кретање тела се може паузирати и наставити по жељи (уз евентуалну промену Δt), при чему се све време могу пратити промене вредности свих величина. Сви задати параметри се могу снимити у фајл и касније учитати у програм. У склопу инсталације су дати такви фајлови за све примере који следе.

Пример 1: Хаотично кретање 3 тела (фајл Haos.ttv)

Уколико су сва три тела приближних маса, и ако се задају неке потпуно насумичне почетне вредности положаја и брзина, врло вероватно је да ће се добити трајекторије налик онима на слици 4а. Као што је Поанкаре предвидео, кретање тела је хаотично, и мале промене у почетним вредностима током времена могу довести до великих промена у положајима тела, што значи да је на дуже стазе кретање непредвидљиво.

Слика 4а.

Слика 4б.

Пример 2: Стабилан тројни звездани систем (фајл: Trojni.ttv)

Тројни (или тринарни) системи звезда нису тако чести као бинарни системи, али се ипак доста често јављају у Галаксији. Типичан стабилан систем је приказан на слици 4б, а стабилност потиче отуда што две звезде ротирају међусобно на релативно малој удаљености, а цео пар ротира око треће звезде на удаљености која је значајно већа од међусобне удаљености пара (тачније говорећи, пар звезда и трећа звезда ротирају око заједничког гравитационог средишта). Уколико удаљеност пара од треће звезде није довољно велика, систем може постати нестабилан: ексцентрицитети орбита могу драстично варирати, усамљена звезда може да ишчупа звезду из пара и формира ротациони пар с њом ("преотимање девојке"), или пак систем може постати хаотичан као на слици 4а.

Пример 3: Планета у бинарном звезданом систему

Бинарни системи у веома чести у Галаксији: скоро свака друга звезда није самостална већ се налази у склопу бинарног система. Питање постојања живота у свемиру је увек актуелно, а за постојање живота потребне су планете. Због велике учестаности бинарних система, потребно је да знамо да ли планета може да има стабилну орбиту у бинарном систему и под каквим условима. Узмимо као реалан пример систем Алфе Кентаура, као нашег најближег суседа, на удаљености од приближно 4.36 св.година. Овај систем је заправо тројни систем, и чине га Алфа Кентаура А, Б и Ц. Међутим Алфа Кентаура Ц је врло удаљена од остале две звезде, чак 13000 астрономских јединица, и има малу масу (1/7 сунчеве) те је њен утицај на остале две практично занемарљив. С друге стране она нам је апсолутно најближа звезда (4.22 светлосне година) па се обично зове и Проксима

	Маса	Удаљеност од матице	Орбитална брзина	Период орбите
Сунце	$1{,}99\times10^{30}$	-	-	-
Земља	$5{,}98\times10^{24}$	$149{,}6\times10^{6}$ km (сред.)	29,77 km/s (сред.)	365,242 дана
Јупитер	1.9×10^{27}	$778{,}4\times10^{6}$ km (сред.)	13,05 km/s (сред.)	11,86 година
Месец	$7{,}35\times10^{22}$ kg	405696/363104 km (апогеј/перигеј)	0,968/1,082 km/s	27,321 дана

Кентаура (лат: proxima=најближа). Алфа Кентаура А је жута звезда типа Г2, скоро идентична нашем Сунцу и масе 1.09 маса Сунца, док је Б нешто мања К1 звезда масе 0.91 Сунца. Обе звезде су погодне за настанак живота, при чему је А звезда савршена, и зато нас интересује да ли ове звезде могу имате планете и на којим удаљеностима а да им друга звезда не поремети орбите. Звезде орбитирају једна око друге са периодом од 80 година, а растојање варира између 11.4 АЈ и 36 АЈ (ексцентрицитет 0.519). Постоје две могућности за стабилну планетарну орбиту:

а) Планета орбитира довољно близу око једне од звезда (фајл AlfaKentaura.ttv)

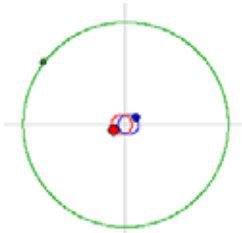
У овом фајлу је прилично добро симулирано релативно кретање две звезде (задатак: покушајте да сами, полазећи од горе датих података, подесите прикладне почетне услове). У овом случају је згодно посматрати кретање из реф. система везаног за масивнију звезду (програм има такву могућност). Ако планету поставимо прилично далеко од главне звезде, рецимо на 5-6 АЈ, мања звезда ће врло брзо јако деформисати њену орбиту и вероватно ће је или покупити или је избацити из система. Ако смањујемо удаљеност планете од главне звезде, њена орбита је све мање подложна пертурбацијама. Поставимо је рецимо на око 3 АЈ, и подесимо јој брзину тако да се добија приближно кружна орбита, и добија се кретање као на слици 5а. Рекло би се да је орбита прилично стабилна. Међутим, умањимо скалу приказа, и поново покренимо симулацију. Добија се слика 5б (због увећања, орбита мање звезде се сада не види). Видимо да удаљеност планете од звезде током времена флуктуира скоро за 15%. Може се помислити да то није страшно, али ово значи да ће зрачење звезде флуктуирати у опсегу од читавих 32% (1.152=1.32), што значи да ће се на планети јављати изразита ледена доба, а то баш и није добро! Међутим, ако даље смањимо удаљеност на 2 АЈ, добићемо да орбита флуктуира само пар процената, што је већ сасвим у реду (слично је са Земљом). Обично се узима да у бинарном систему планета има стабилну орбиту ако јој је удаљеност од звезде мања од петине минималног растојања звезда. Поменуто растојање од 2 АЈ значи да би око Алфе Кентаура А могли без икаквих проблема да круже Меркур, Венера, Земља и Марс, уз идеалне услове за живот! Ово је довољан разлог да се моментално почне са пројектовањем VORP погона из Звезданих стаза!

Слика 5а.

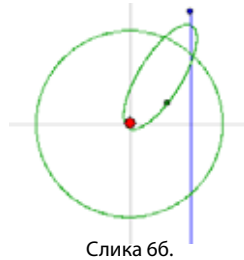
Слика 5б.

б) Планета орбитира око обе звезде (фајл Tautina.ttv)

Шта ако звезде нису на међусобном растојању од десетак и више АЈ, већ рецимо на око 1 АЈ или мање? У овом случају нема места за планетарни систем око звезде, изузев можда неке ултра блиске планете која би била врелија од Меркура. Ово уопште није



Слика 6а.



Слика 6б.

хипотетички случај, јер се многе бинарне звезде налазе на међусобном растојању рада 1 AJ, а неке чак и на растојању рада десетак 0.1 AJ или чак мање! У оваквом случају би ипак могао постојати стабилан планетарни систем, тако што би планете орбитирале око центра масе звезда на растојању неколико пута већем од максималог растојања између звезда. Колико пута већем зависи од односа маса звезда, и ексцентрицитета њихових орбита, али и овде је типична вредност око 4-5 пута (слика 6а). Постоји један врло познат и важан пример оваквог планетарног система. Татуина, родна планета Дарта Вејдера (Анакина Скајвокера) као и његовог сина Лука Скајвокера, орбитира око два сунца и има пуздано стабилну орбиту, иако је додуше мало врућа. Шалу на страну, последњих година је откривено преко стотину планета у удаљеним соларним системима, и неколико планета које орбитирају око два (па чак и три сунца) и овакве планете се заиста и званично зову планете типа Татуине!

Пример 4: Ортов облак (Ort.ttv)

Ортов облак је велики сферични облак комета које орбитирају око Сунаца на удаљеностима око 50000-100000 AJ. Ове комете потичу још од настанка сунчевог система, и представљају извор из кога пристижу нове комете у наш систем. Процењује се да у Ортовом облаку може бити и до стотинак милијарди комета, а да му је укупна маса 5-100 пута већа од масе Земље. Неки од објеката у облаку су много већи од типичних комета, и могу бити величине Плутона или Месеца. Када се током милиона година путовања Сунца унутар Галаксије нека звезда приближи довољно близу Сунцу, на удаљеност реда 1 светлосне године, она у знатној мери пертурбује Ортов облак и неке комете добијају орбите које их упућују у близину Сунца. На пример, кроз 1.4 милиона година, звезда Глиесе 710 ће се приближити Сунцу на само 1.1 светлосну годину (70000 AJ). На слици 6б имамо приказану симулацију једног таквог догађаја: комета стабилно орбитира у Ортовом облаку са периодом од око 20 милиона година, али пролазак звезде јој драстично мења орбиту, дајући јој издужени облик са великим приближавањем Сунцу.

* * *

Треба напоменути да примери 2 и 4, заправо представљају случај редукованог проблема три тела, јер укључују једно тело (планету или комету) занемарљиве масе у односу на остала два, међутим примери су занимљиви и показују могућности програма. Зато предлажемо наставницима физике који у својим школама имају могућности за то (имају рачунарске лабораторије), да пробају да изведу неколико компјутерских огледа овог типа, као вид практичне и занимљиве наставе. Поред датих примера, могући су и разни други, нпр: "експериментално" одређивање прве и друге космичке брзине за дато тело, директно налажење Кеплерових закона на основу кретања тела, избацивање тела из орбите Земље ка Месецу и захват од стране Месеца (груба апроксимација лета Апола 11), симулација "гравитационе праћке" за убрзање космичких сонди (тј. упућивање летелице ка Јупитеру, ради добијања вишка брзине, као што је то описано у Младом физичару 99), либрирање тела у Лагранжовим тачкама у системима Сунце-Јупитер или Земља-Месец и разни други.

Пред вама је јако пуно интересантних задатака, које можете демонстрирати уз помоћ овог програма. Зато га скините са нашег сајта и слободно копирајте.

Кинетички феномени у транспорту наелектрисаних честица

Пише: др Зоран Петровић,
Институт за физику

Замислимо воз који има путнике распоређене униформно и да смо једино у стању да му одредимо брзину тако што посматрамо где се налази центар расподеле броја путника (на пример воз је невидљив па не можемо да користимо положај локомотиве за одређивање брзине воза). Нека воз путује, на пример, од Београда до Ниша, стално се крећући на југ.

Е, а сада идемо мало у нове претпоставке. Нека су на почетку воза смештене бројне труднице и захваљујући стању на нашим пругама, брзим возовима Србије и да не спомињемо оне који су под овим слоганом усрећили нацију, нека пут ка југу траје довољно дуго да су све труднице успеле да се породе. Наравно сада у расподели путника има више учесника али брзина воза се не би променила, стигао би у Ниш са истим закашњењем као и да на њему није било путника у порођајним мукама.

ОК, како да убрзамо возове па да мање касне, или, не дај боже, стижу на време??? Ако је први вагон удобнији или поседује гинеколошко акушерске погодности и све труднице су се тамо сместиле тада ће сваким чином порођаја да се центар расподеле помери мало напред. Дакле воз са трудницама у првоме вагону би се до јужне пруге докотрљао брже но онај који није имао путнике у другом стању. Дакле имамо једноставно решење за поправку реда вожње возова али нажалост једино возило које донекле подсећа на ову ситуацију у историји наше земље је жути такси из филма

Овогодишњи добитници наше најзначајније награде која се додељује за достигнућа у физици су професор др Зоран Петровић, са Института за физику у Земнуну и професор др Немања Калопер са Универзитета Дејвис у Калифорнији. У овом и следећем броју Младог физичара, лауреати ће упознати читаоце са својим радом.

Зоран Петровић је дописни члан Српске академије наука и уметности, ванредни професор Електро-техничког факултета у Београду и директор Центра за експериментатлну физику Института за физику у Земуну. Објавио је 118 научних радова у међународним часописима који су цитирани преко 900 пута. Зоран Петровић је познат и као отац двоје врло успешних младих физичара, Николе и Катарине, који су са пуно успеха представљали нашу земљу на међународним олимпијадама.

Ми нисмо анђели (наравно први део) и он се није кретао а да се и кретао ишао би спорије јер погађате дама са бебом је седела на задњем седишту. Дакле потенцијал овог ефекта у нас је још увек неискоришћен.

Цела ова прича до сада је натегнути покушај да се буде духовит? Па добро има и тога али у ствари Birth on a train (на енглеском, илити на нашем Порођај у возу) је легитиман предмет научних изу-

чавања. Ради се о транспортној теорији, дакле о теорији кретања великих група честица где опис кретања коришћењем једначина за флуиде није довољан и мора се размотрити промена расподеле у оквиру ансамбла честица које се крећу. А посебно ако долази до промене броја честица тада знају да настану проблеми. Транспортна теорија се другачије зове кинетичка теорија а феномени попут овога се називају кинетички феномени, односно феномени који се не могу предвидети на основу посматрања појединачних честица и њихових путања већ се морају добити посматрањем целога ансамбла.

Е, а сада домаћи задатак. Шта би било са возом у коме у првом вагону имамо велики број терминално оболелих, и пут траје довољно да не стигну сви на одредиште. И то је наравно могуће а препорука нашој железници је да такве путнике смешта у последњи вагон како возови не би каснили (више но што им то полази за руком у здравијој ситуацији). Из разумљивих разлога, паралела са рођењем се овде не прави експлицитно па овај кинетички феномен има назив attachment cooling (хлађење захватом или губитком честице) односно attachment heating (грејање функције расподеле у истом процесу), зависно од тога да ли су нестајући путници у првом или последњем вагону.

Иначе ова два феномена спадају у домен онога што би се звало неконзервативни транспорт, или транспорт са промењивим бројем честица. Но да се вратимо на почетак и поставимо питање: Како бисмо описали транспорт неких честица? Као прво морамо да констатујемо да је неопходан услов за транспорт неравнотежа. Да је све око нас у равнотежи (термодинамичкој и било каквој) не би било никаквог кретања у природи, живота (укључујући порођаје на возу и оно супротно). На пример, посматрајмо молекуле гаса у соби, са тачке гледишта физике соба је довољно мала да подједнак ефекат температуре зидова, гравитације и свега осталога доживљавају молекули у било ком делу запремине собе и иако знамо да молекули јурцају као суманути и сударају се безброј пута у секунди, за нас се у ствари ништа не дешава јер колико год молекула да из десног угла пређе у леви толико их пређе и у обрнутом смеру, дакле сваки процес је уравнотежен себи супротним. Али, да имамо начин да молекуле на неки начин означимо макар по свему осталом били исти, или да у један ћошак убацимо неке специјалне молекуле, на пример, прснемо парфемом (овде неће бити домаћих задатака). Мирис ће се прво осећати само у једном делу и потом ће се, после неког времена, проширити по целој запремини собе. Овај процес се наравно зове дифузија и управо представља један од основних процеса којима описујемо транспорт честица. Други основни процес је свакако средња брзина честица јер понекад, на пример у случају наелектрисаних честица као што су то електрони у гасу, електрична сила може да даје мало убрзање електронима које се подједнако додаје на хаотично и много брже кретање које електрони иначе поседују. И поред велике хаотичне брзине наелектрисане честице се у средњем крећу како им поље наређује и кроз такав систем протиче струја иако, када бисмо гледали трајекторије електрона не бисмо могли да опазимо усмерено кретање услед поља. Ово је брзина помераја или брзина дрифта. Још један битан транспортни коефицијент је брзина производње нових честица. Транспортни коефицијенти представљају усредњене вредности особина свих честица, као што је померај центра броја путника у возу у јединичном времену представљао средњу брзину помераја коју можда није имао ниједан путник јер су се сви могли и шетати. Много детаљнији опис особина ансамбла даје такоз-

вана функција расподеле честица по брзинама или по енергијама. У термодинамичкој равнотежи функција расподеле је Максвел-Болцманова расподела која не предвиђа никакав померај (дрифт), али се ипак може применити на многе системе који су блиски равнотежи.

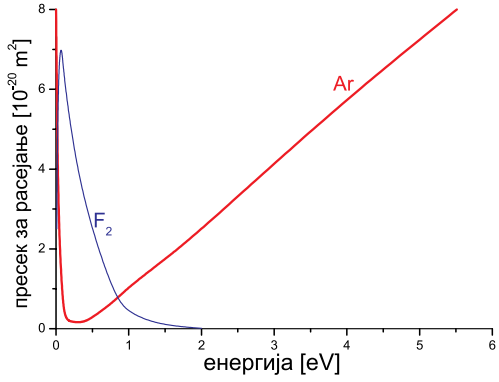
Начин да се честице изведу далеко од равнотеже је да на њих делује нека сила. Зато је најбоље изучавати ефекте неравнотежног транспорта на примеру ројева наелектрисаних у гасовима где додатно електрично поље може да електроне и јоне изведе баш доста далеко од равнотежне функције расподеле. Транспорт наелектрисаних честица је опет основа за разумевање понашања ударних плазми посебно оних које се користе у бројним применама попут израде интегрисаних кола.

Динамика електрона у гасовима је релативно једноставна, електрони се налазе у електричном пољу и убрзавају се у правцу силе која на њих делује, дакле супротно од правца поља јер су негативно наелектрисани. Крећући се у пољу, електрони добијају кинетичку енергију. Они се међутим веома често сударају са молекулима гаса. Већина тих судара је еластична и ту долази до прерасподеле праваца брзине јер у еластичним сударима лаки електрони не могу да предају импулс молекулима. Међутим, они могу да остваре нееластичне сударе као што су побуђивање и јонизација. Тако еластични судари одређују редистрибуцију правца кретања и што су већи еластични судари мања је брзина дрифта иако појединачна брзина честица може да буде веома велика. Другим речима, електрони могу да постигну веома велике енергије односно да буду на веома великој температури, много већој од собне и да не буду у равнотежи са молекулима гаса. Средњу енергију електрона одређују енергијски губици који пре свега долазе од нееластричних судара. Тако се и средња енергија и средња (усмерена) брзина поставе на вредност у којој се губици и добици од дејства поља изједначе. Типичне температуре електрона (мада се о температури не може говорити јер не влада термодинамичка равнотежа а функција расподеле не личи на Максвел-Болцманову) су тако од 1000 па до 100000 степени Целзијуса или Келвина, све једно, док је температура јона и молекула гаса у таквим условима равна собној температури. Ако успемо да остваримо овакву плазму онда добијамо могућност да применом електрона индукујемо хемијске процесе и третман термално неотпорних материјала као што су на пример полимери, материјали органског порекла па чак и живи организми.

Но вратимо се транспортним појавама. Шта о њима можемо да закључимо? На пример, ако појачамо поље повећаће се средња усмерена брзина илити брзина дрифта електрона. Па, то тако обично и бива али и у научним журналима вест није када пас уједе човека већ када се деси обрнуто. И зато бројне ситуације у којима при повећавању поља долази до смањења брзине привлаче пажњу. Шта би на пример могло да доведе до овако наопаког понашања електрона? Имајмо у виду да је њихово кретање балансирање импулса и енергије и наравно како расте вероватноћа еластичних судара то се све више усмерено кретање прерасподељује у свим правцима па постоји шанса и да се повећавањем енергије честица ако вероватноћа расејања расте дође у услове када се повећавањем поља смањује усмерена брзина. Ова појава се назива негативна диференцијална проводност јер проводност која је пропорционална брзини дрифта почне да се смањује са повећањем поља. Она остаје позитивна само јој је нагиб негативан, значи разлике (диференцијали) између брзине на неком пољу и на већем пољу су негативне. Имајмо међутим у виду да се

за прекидаче веома великих напона који проводе веома велике струје користе гасови и појава негативне диференцијалне проводности је баш оно што нам треба, кад прекида струју прекидач мора да издржи велико поље уз мали ток струје а када проведе да ради са малим напоном и проводи велику струју. Прекидачи овог типа су развијени за покретање моћних импулсних ласера и осталих уређаја где је потребно довести импулсе велике снаге у малом времену.

Но вратимо се појави негативне диференцијалне проводности. Вероватноћа расејања електрона на честицама гаса се описује пресеком за расејање (односно ефективном површином молекула мете коју види електрон који пролази кроз гас). Неки гасови имају такозвани Рамзауер-Таунзендов ефекат (иначе први квантни феномен ван домена светлосних појава који је опажен у историји физике) који доводи до тога да у неком делу та вероватноћа за расејање електрона постане јако мала, а после тога мора да веома брзо расте и то су идеални услови за настанак негативне диференцијалне проводности. Ово наравно није довољно, потребно је размотрити и како се мења средња енергија



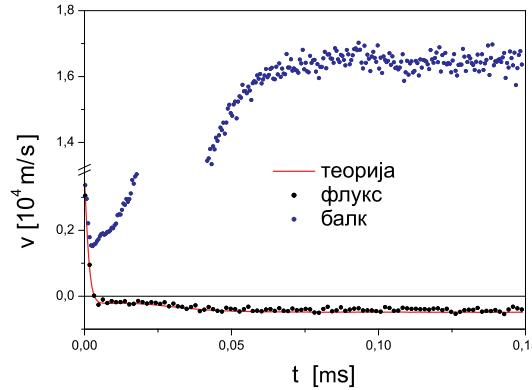
Слика 1. Пресеци за расејање електрона у аргону и флуору.

електрона са променом поља. Типичан пример гаса који има Рамзауер-Таунзендов ефекат је аргон и пресек је дат на слици 1. Минимум вероватноће расејања електрона је негде на око 0.2 eV (eV је јединица за енергију једнака енергији коју добије електрон када се скотрља низ потенцијалну низбрдицу од 1 V). Замислимо сада да смо у почетном тренутку пустили групу електрона негде на енергијама које су у сред области убрзаног пораста вероватноће расејања, 1 eV на пример. Како се све то дешава у неком електричном пољу (како бисмо иначе мерили проводност гаса) то тек нешто мало више електрона иде у правцу силе поља док скоро исти али ипак мањи број иде супротно. Нека у правцу силе иде 6 а супротно 4 од 10 електрона. Они који иду у правцу силе добијају све већу енергију и све им је већа шанса да се сударе и расеју у било ком правцу. Нека се свих 6 сударило и нека су 3 пошла у правцу већих енергија а 3 у правцу мањих. За то време група која иде супротно од силе се успорава и њима јако опада вероватноћа судара, скоро да нестаје, нека су се од њих 2 електрона сударила и то по један је пошао на сваку страну. Сада кад пребројимо имамо у ствари да 4 електрона иде у правцу који наређују закони физике а 6 иде у супротном смеру, имамо дакле у средњем негативну проводност. Проблем је само што ће ово трајати кратко, само док се електрони не зауставе услед дејства поља и потом ће их електрична сила потерати тамо где треба. Дакле за кратко време ћемо кршити законе физике што је занимљиво али је прихватљиво? Ова појава је опажена експериментално а аутори тог експеримента нису смели да их публикују око 30 година док се није појавила теорија која је отприлике рекла исто што смо рекли овде мада користећи много компликованије термине и још компликованију математику.

Помислимо међутим шта ће се десити ако у смешу са аргоном ставимо неки гас који има, попут флуора (F_2), особину да воли да прогута електроне малих енергија. Тада ће наравно електрони које поље успорава а који немају велику вероватноћу да се сударе и промене смер кретања тако да их поље убрза, да нестану пре но што се зауставе и почну да доприносе позитивној проводности гаса. У таквом систему је могуће остварити стационарну негативну проводност, али по цену константног нестајања електрона. Да ли смо тиме у ствари рекли да смо остварили извор енергије и тако остварили сан свих физичарских алхемичара којима други закон термодинамике није препрека да маштају како да остваре перпетум мобиле?

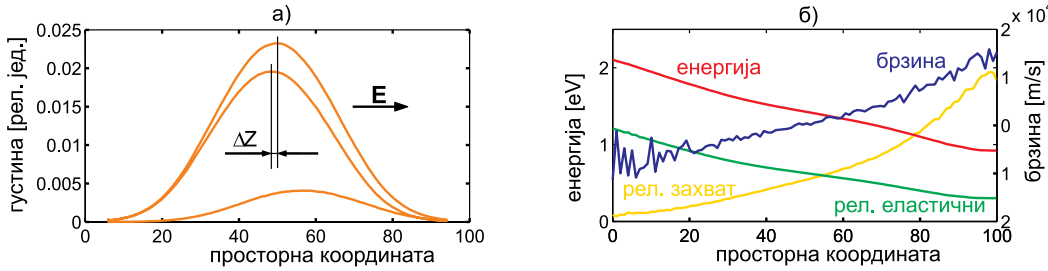
Овим смо заиста постигли да се већина електрона креће у погрешном смеру и ако усредњимо брзине електрона добићемо заиста негативну брзину и кршење другог закона термодинамике. Међутим ако погледамо центар броја електрона доживљавамо непријатно изненађење, на слици 2 је средња брзина електрона означена као флух брзина а брзина кретања центра као булк брзина. Наиме булк брзина или брзина центра броја, после малог колебања, постаје позитивна иако се електрони већином крећу у супротном смеру.

То се може објаснити ако симулирамо воз у коме су електрони. На слици 3 је приказана расподела енергије дуж воза и ту видимо да наравно брзи електрони оду на чело а спорији на крај док је велика већина негде у средини. Брзи електрони су као трудници јер имају могућност да својом енергијом јонизују гас и стварају нове електроне а спори су тешко оболели јер ако имамо флуора у смеши он ће да их поједе и настаће негативни јони. Са слике видимо како број захвата (нестанака електрона) има обрнут облик од расподеле енергије. Такође видимо да је



Слика 2. Временска зависност брзине дрифта електрона: флукс-средња брзина електрона, балк-брзина центра масе [1].

средња брзина усмерена супротно од смера који диктира елементарна физика али и да је воз јако подељен на оне који вуку на једну и оне који вуку на другу страну. Но како нам са краја воза прети нестанак електрона то се талас електрона креће унапред. И поред тога што у средњем електрони иду у негативном смеру њихов центар масе иде у позитивном јер талас захвата десеткује популацију електрона са једнога краја. Другим речима сели смо у воз који по реду летења иде за Ниш, али смо се кретали све време ка Новоме Саду и стигли смо ипак у Ниш услед великог броја нестанака путника на возу. Другим речима Други закон термодинамике нас је прешао и потврдио се у свом добро знаном облику: Не постоји бесплатан ручак. Ми смо овде цену ручка пребацили на негативне јоне али кад се све сабрало неко је платио. И тако смо добили негативну проводност уз поштовање закона који каже да је она немогућа. Штета, да нисмо тражили да се све сабере можда би откриће деловало још занимљивије као и сви они радови који у најпознатијим часописима узвикну да су нашли кршење другог закона термодинамике да би



Слика 3. Просторна расподела особина ансамбла електрона у случају негативне апсолутне проводности. а) раподела електрона у просору б) просторна расподела средње енергије, средње брзине и .учестаности еластичних судара и захвата електрона [2]. Како је електри;но поље усмерене надесно то је кретање електрона у правцу левог краја слике очекивано због негативног наелектрисање. И поред тога већи број електрона се креће у позитивном смеру (удесно) али највећи део и нестаје са деснога краја па се центар масе помера улево.

касније неко темељнији да не кажемо поштенији нашао ко је том приликом платио ручак.

Но како у неравнотежним плазмама постоји могућност да се раздвоји кинетика електрона од јона то овај систем има потенцијал да се искористи ако не као извор бесплатне енергије а оно као претварач једне врсте енергије у другу. На пример колеге из Русије су демонстрирале да овакав систем може да служи као не баш сјајан појачивач звука.

Физика транспортних појава у слабо јонизованим гасовима има своје утечиште и извор великог броја ефеката који се могу истраживати, објашњавати и на крају пошто је то јако примењива област физике могу се применити. У сваком од ових примера ја сам покушао и да укажем и на његову могућу примену. Реалност бављења науком се значајно променила у последњих 50 година. Иако је аутор ових редова противник наручених усмерених истраживања јер се ту истраживачи обично врте у круг, реалност је да се од науке очекују примене иначе неће бити науке. Зато је и најоптималније решење и обавеза научника садашњости а сигурно и будућности да пошто по сопственој интуицији, интересима и знатижељи ископају неко зрно мудрости застану и размисле где се све то може применити. А кинетички феномени у плазми су заиста примењиви и већ широко примењени. На пример, када бисмо их искључили, наши компјутери би се вратили у праисторијско доба незамисливо данашњим младима, у доба компјутера са 64 килобајта меморије, у доба калкулатора и рачунара типа Комодор 64. Данашњи проблеми који се решавају треба да дају путоказ како да се у следећих 20 година настави пораст моћи рачунара уз одржавање исте цене а истовремено уз бављење занимљивом физиком.

[1] Negative absolute electron mobility, Joule cooling, and the second law
R. E. Robson, Z. Lj. Petrović, Z. M. Raspopović, D. Loffhagen
J.Chem. Phys. 119 (2003) 11249-11252.

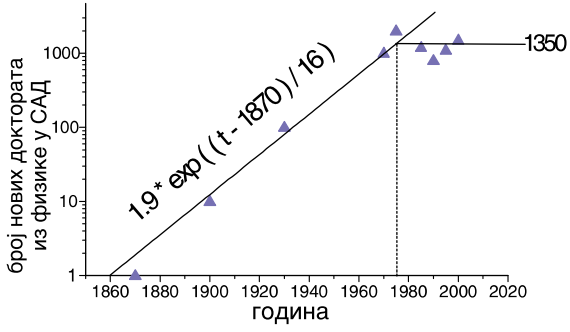
[2] Spatial Profiles of Electron Swarm Properties and Explanation of Negative Mobility of Electrons
M. Šuvakov, Z. Ristivojević, Z. Lj. Petrović, S. Dujko, Z.M. Raspopović, N.A. Dyatko, A.P. Napartovich,
IEEE Trans. Plasma Sci. 33 (2005) 532- 533.

Раст физике у САД

Пише: др Александар Богојевић
Лабораторија за примену рачунара у науци
Институт за физику
http://scl.phy.bg.ac.yu/

Налазимо се на трећој станици заједничког путовања чији је циљ стварање основе за предвиђање стања у коме ће се наћи физика у следећих 25 година. Физика се управо и бави рационалним предвиђањем будућности – све што ми желимо је да тај моћни метод применимо на саму нашу област. Први предуслов за рационално предвиђање будућности јесте познавање почетних услова. У прошлом броју смо се срели са интересантном феноменологијом везаном за раст физике у САД у претходних сто и нешто година. Раст наше области можемо процењивати на мноштво начина, но ми смо изабрали да посматрамо један изузетно једноставан показатељ овог раста: временску зависност броја нових доктората из физике добијених у институцијама у САД.

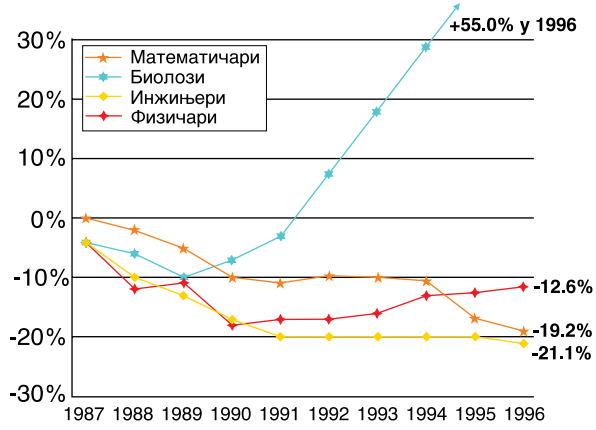
Понашање које је приказано на Слици 1. је изузетно интересантно и састоји се од експоненцијалног раста у периоду од нешто више од сто година, те у наглом преласку из овог режима у фазу стагнације у којој се налази већ три деценије. Већ смо приметили да су експоненцијални раст и стагнација сасвим уобичајена понашања. Оно што је интересантно је да разумемо како је (и зашто) систем тако брзо прешао из једног у други режим.



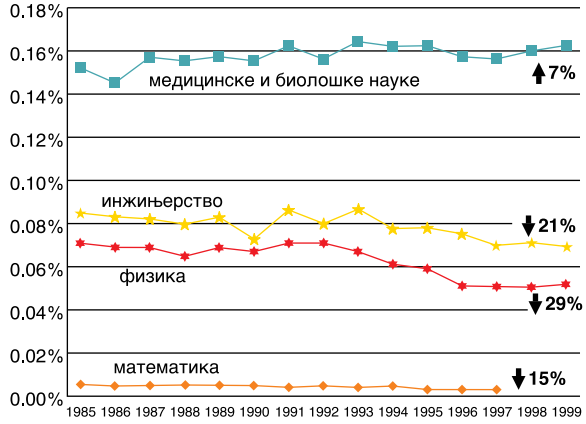
СЛИКА 1. Број доктората из физике у САД у једној години.

Као што смо видели, експоненцијални раст је био директна последица критеријума успешности професора. Просек по свим научним областима је био 15 докторанта по ментору. Овај критеријум је био на снази од 1860. године и довео је до хиљадутоструког повећања броја физичара у САД. Међутим, оно што је јако интересантно је да је тај критеријум успешности и даље на снази! Шта је дакле довело до критичне промене понашања 1975. године? Да би ово разумели морамо посматрати ширу палету параметара стања физике (али и других, блиских дисциплина).

Слика 2. илуструје промене у броју дипломираних студената у неколико научних и технолошких дисциплина.



СЛИКА 2. Процентуална промена у броју диплома у САД из неколико научних и технолошких. области



СЛИКА 3. Проценат бруто друштвеног производа САД који се одваја за неколико научних и технолошких дисциплина (промене од 1985. до 1999.). Са изузтеком медицинских и биолошких наука, које бележе благи пораст улагања, све остале дисциплине бележе пад улагања. У најгорем стању се налази физика са падом од 29% за 15 година.дисциплина (промене од 1985. до 1999.). Са изузтеком медицинских и биолошких наука, које бележе благи пораст улагања, све остале дисциплине бележе пад улагања. У најгорем стању се налази физика са падом од 29% за 15 година.

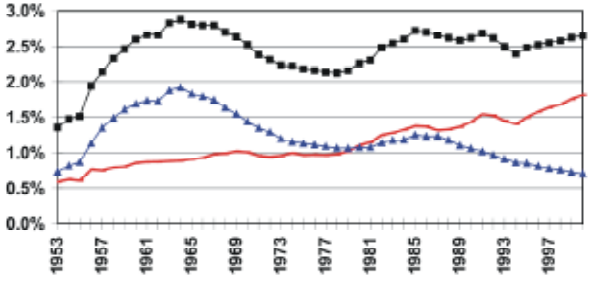
У посматраном десетогодишњем периоду је у биологији и пољопривредним наукама дошло до пораста од 55% у броју диплома. Број дипломираних физичара у САД се у истом периоду смањио за 12.6%. Оно што можда највише зачуђује је то да се број дипломираних инжењера смањио за чак 21.1%. Разлог за ово лежи у револуционарним променама које се дешавају у биологији (посебно у генетици), како у фундаменталним тако и у примењеним истраживањима, због којих долази до одлива дела студената из других области[1]. Више него у другим земљама, прави узрок за промене у САД је у парама. Биомедицинска истраживања веома брзо доносе практичну економску корист (кроз здравство, фармацеутску индустрију, индустрију хране), те зато и држава све већи проценат пара даје за ова истраживања. Слика 3. приказује удео неколико научних и технолошких грана у БДП (бруто друштвеном производу) САД. Највећи процентни пад улагања бележи физика, док позитивни тренд бележи само биомедицина. Пре само пар деценија физика је имала неприкосновену предност над осталим наукама. Најважнији узрок промене њеног повлашћеног статуса је свакако крај хладног рата. Ово се може видети и по томе из које области је био саветник за науку председника САД. До недавно је то престижно место било резервисано за физичаре, а сад су на том месту представници биомедицинских наука.

Један од интересантнијих детаља на Слици 3 јесте да је раст улагања у био-медицинске науке релативно скроман. Ово су директна давања државе. За ову област (због директне комерцијалне примене) су још много важнија улагања привреде. Однос укупног државног улагања у истраживање и развој у САД и улагања привреде веома је интересантан и приказан је на Слици 4.

Важна последица стања које се види на овој слици јесте то да у САД долази до пораста улагања у примењена истраживања (која природно много више интересују индустрију) на рачун фундаменталних (које је обично више финансирала држава). Интересантно је да су давања индустрије (примењена истраживања) престигла давања државе (фундаментална истраживања) средином седамдесетих година – ето разлога за престанак експоненцијалног раста физике.

Осветлили смо неке битне параметре везане за стање у физици и блиским наукама. Шта нам је сад чинити? Могли би покушати да направимо екстраполације неких од ових трендова на следећих 25 година – то је оно што већина ради, но то свакако не би била физика, то свакако не би био рационално заснован поглед у будућност. Могли су тако 1970. године у САД екстраполирати Слику 1 и доћи до закључка да

[1]Очекујем да су читаоци овог часописа ентузијасти за физику. Ипак, питам се колико заправо знате о револуционарним променама које се дешавају у неким другим наукама. Плашим се да већина вас о свему томе зна врло мало. Ако је у нечему наш образовни систем слаб то је у показивању смисаоних веза између различитих (чак и блиских) дисциплина. Можете постати добар физичар-занатлија незнајући ништа о узбудљивим догађањима у генетици или астрономији. Убеђен сам, међутим, да на овај начин не можете постати креативни истраживачи – стваоци нових идеја.



СЛИКА 4. Проценат БДП за истраживање и развој у САД од 1953. до 1997. године. Плаво су директна давања државе (константни пад од 1965.), црвено су давања индустрије (практично константни раст од 1953.), док је црно збир ове две криве.

ће физика у тој земљи вечно експоненцијално расти. Многи су то и чинили, мада су знали да коначни системи не могу вечно имати експоненцијални раст. Они који су се бавили таквим екстраполацијама су у потпуности погрешили у својим предвиђањима.

Да би оправдали то да смо физичари није довољно да се бавимо нумерологијом. Морамо бар покушати разумети узрочно-последичне везе које повезују феномене о којима говоримо. Један од најважнијих индикатора тренутног стања у науци и технологији у САД је број страних студената на последипломским и последокторским студијама у тој земљи. Позабавићемо се овом проблематиком тако што ћемо конструисати један једноставан модел који даје добро квалитативно слагање са знатно компликованијом стварношћу – то је, на крају, оно што физичари најбоље и раде.

Слика 5. приказује основе поједностављеног модела који ћемо сада разматрати. Са a ћемо означити проценат дипломираних физичара који оду на последипломске студије, са b проценат доктора који оду на последокторске студије, док g означава проценат грађана САД који након докторских студија добијају професуру. Тај проценат за странце је битно мањи и означићемо га са δ. Горња шема даје и сликовити приказ релативних односа ових бројева. Очигледно важе следеће релације:

$$N_{Prof}(t+20) = \alpha\beta\gamma\, N_{BS}(t) + bd\, N_f(t)\,,$$
$$N_{PhD}(t+6) = \alpha\, N_{BS}(t) + N_f(t)\,.$$

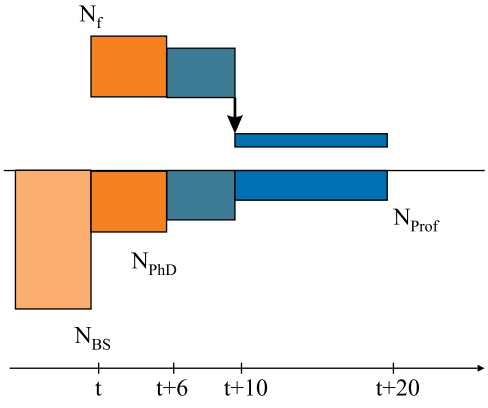
Такође, важан критеријум успешности професора је да има пуно докторената. Узимајући да сваки професор има 15 (просечни број у току каријере) добијамо:

$$15\, N_{Prof}(t) = N_{PhD}(t)\,.$$

Једноставном заменом на основу овога добијамо:

$$b(g-d)\, N_f(t) = bg\, N_{PhD}(t+6) - N_{PhD}(t+20)/15\,. \qquad (1)$$

За $t<t^*$ (тј. док важи експоненцијални режим приказан на Слици 1) није било страних студената. Одавде следи да је $N_{PhD}(t)=Ae^{xp}(lt)$, као и да је $\exp(14l) = 15bg$. Када пређемо t^*



СЛИКА 5. Шематски приказ поједностављеног модела универзитетског образовања у САД. Са лева на десно блокови означавају додипломске, после дипомске, после докторске студије и професуру. Доњи ред блокова су грађани САД, грожи су странци. Мањи број странаца добија стално запослење, а након тога (у већини случајева) они постају грађани САД (стрелица). Једноставности ради узето је да додипломске студије трају 4, последипломске 6, последокторске 4 године и да онда 10 година по добијању запослења професор произведе 15 нових докторских студената. 15 је просечан број докторената по професору у САД у току целе њихове каријере – овде смо увели поједностављење да се сви они произведу у докторе у једној јединој години (на средини каријере њиховог ментора). Број физичара који дипломирају у САД у одређеној години је означен са N_{BS}, број страних студента који уђу у систем је N_f , број доктората из физике је N_{PhD}, док N_{Prof} означава број професора.

други члан на десној страни постаје константа а први и даље експоненцијално расте, те зато и број потребних страних студената расте експоненцијално. Када пређемо t*+14 онда су оба фактора на десној страни константе, па тиме и број потребних страних студената постаје константан.

Предикција овог поједностављеног модела је да је 1975. систем почео да прима стране студенте и да је њихов број растао експоненцијално до 1989. када је достигао константну вредност. Оно што стоји иза ове динамике је чињеница да је критеријум успешности професора (15 докторанта по ментору) остао на снази и по престанку експоненцијалног раста физике. Једини начин да ове две ствари остану на снази је био увоз страних студената. Овакво стање је прилично неприродно и свакако није дугорочно одрживо. Из једначине (1) следи да оно не би ни било могуће да систем запошљавања не фаворизује грађане САД (тј. g>d).

Овакво стање доводи САД у потенцијално неугодну ситуацију. Они сваке године морају да образују велики број страних стручњака које неће запослити у области. Мањи део ће запослити у блиским (поготово примењеним) гранама и тај део доприноси економском напредовању САД, но већи део ће отићи из САД и повећавати конкурентност физике (и сродних дисциплина) у другим земљама. Најочигледнији примери овога су ЕУ, Јапан, Кина и Индија. Дакле, чудно стање у коме се налази образовни систем у САД је да та земља плаћа да себи ствара конкуренцију. Подизањем квалитета науке ван САД ће доћи до повратка већег броја странаца а потом и до смањења броја студената који тамо иду на студије. Било би интересантно ову повратну спрегу убацити у горњи модел – лако се може предвидети да би на крају дошло до урушавања систему истраживања и развоја у САД. Надајмо се да ће Америка што пре уочити ове мањкавости и наћи начин да спречи могући лом. У супротном ће целокупни светски систем истраживања и развоја платити огромну цену. Било како било, то будуће решење ни у ком случају неће бити безболно .

САД и даље доминирају светском науком, али ни близу толико убедљиво као пре. Видели смо индикаторе неких од интерних промена у САД које су довеле до овога. Видели смо, такође, да је додатни разлог за ово и појава озбиљне конкуренције – конкуренције коју САД саме стварају. На пољу истраживања и развоја основну конкуренцију САД тренутно чине ЕУ и Јапан. Јужна Кореја и Индија постају све озбиљнији конкуренти САД у неким кључним технологијама, но за сада немају довољно широку инфраструктуру научних образовних институција потребних да би били озбиљна конкуренција на ширем пољу истарживања и развоја. Са друге стране, капацитет Кине је такав да ће она у следећих 25 година сасвим сигурно постати озбиљан такмац у овој области.

По неким параметрима ЕУ и даље јако заостаје за САД. На пример радови из ЕУ су у просеку много мање цитирани од радова из САД. Но ово се мења, а и не важи за све научне подобласти. Новија истражвања која пореде квалитет научних институција у САД и ЕУ показују да је дошло до драстичног смањења доминације САД, поготово у неким областима које је ЕУ одредила као своје приоритете. Неки груби индикатори показују да је Европа одавно упоредива са Америком, превазишавши је по броју доктората из природних наука, као и броју научних радова. Компетитивност развојне политике ЕУ се најбоље види у скорашњем дуплирању издатака за науку (на 3% БДП), у великим напорима за стварање заједничког европског истраживачког простора, као и у прецизном дефинисању својих стратешких развојних циљева.

* * *

У следећем броју настављамо започето путовање у будућност. Позабавићемо се тада кризом нових идеја у физици. Постоји ли криза, а ако постоји који су јој узроци и како се она може превазићи? Које су области осетљивије на ову кризу и зашто?

[2] Ово се већ примећује, мада се као основни разлог за тај процес наводи смањење разлика у економској развијености између САД и ЕУ, а не повећање компетитивности и квалитета истраживања и развоја у другим земљама. Није дакле јасно шта је старије кокошка или јаје.

Хартије од вредности: Обвезнице

Пише: Бранко Урошевић
Економски факултет, Београд
Универзитет Помпеу Фабра, Барселона, Шпанија
South European Center for Contemporary Finance, Belgrade

У претходном броју Младог физичара почели смо да говоримо о проблему налажења оптималног инвестиционог портфолиа, то јест о Марковицевом проблему. Пре него што наставимо са овом важном темом морамо, да боље схватимо основне елементе или »Лего коцкице« из којих се састоји сваки финансијски портфолио. То су обвезнице и акције. Чланак у овом броју посветићемо обвезницама док ћемо о акцијама подробније говорити у следећем броју. Читаоцима ћемо објаснити шта су то обвезницеи како се процењује њихова вредност. Применићемо онда наша теоријска сазнања на појму за који су многи од вас сигурно чули а то су обвезнице старе девизне штедње Републике Србије.

Шта су обвезнице?

Замислите да је некој компанији потребан капитал да би купила неку машину и покренула нову производњу. Један начин који фирма има на располагању је да производњу финансира из сопствених средстава. Уколико то није могуће, онда су на располагању, грубо говорећи, два основна начина финансирања: власници компаније или морају продати део власништва над својом компанијом тако што ће продати акције компаније, или се фирма мора задужити тако што ће узети банкарски кредит или издати обвезнице. Овде ћемо се фокусирати на финансирање кроз задуживање (о акцијама ћемо говорити, као што смо већ рекли, у следећем броју). Има пуно сличности између банкарских кредита и обвезница. И једном и у другом случају, у питању је уговор који обезбеђује зајмодавцу (у случају обвезнице то је власник обвезнице а у случају банкарског кредита то је банка), право на повраћај позајмљених средстава у пуном износу. Тај износ се зове главница. У даљем излагању ту величину ћемо означити са P (од енглеске речи principal). Поред тога, власник обвезница (или банка) има право на купон (или камату) који означавамо са C. Купон се плаћа у редовним временским интервалима, рецимо једном годишње, до тренутка када се главница не врати. Рок за исплату главнице је дефинисан уговором и зове се рок до доспећа обвезнице (означићемо га са T). Поред сличности, између обвезнице и банкарског кредита постоје и разлике. Прво, обвезнице су хартије од вредности којима се тргује на тржишту (како на берзи тако и изван ње). При томе, почетни власник обвезнице релативно лако може да је прода неком другом инвеститору, овај неком трећем, итд. На тај начин, обвезнице омогућавају релативно лаку и широку расподелу ризика међу инвеститорима на тржишту. Такви инструменти називају се ликвидним инструментима. За разлику од обвезница, банкарске

кредите није лако продати другим инвеститорима. Стога су ризици које преузима банка када додељује кредите често знатно виши него ризици којима се излажу власници нискоризичних обвезница. Из тог разлога, путем банкарских кредита чешће се финансирају мањи пројекти и мања предузећа док се велика предузећа као и државе чешће финансирају кроз издавање обезница.

Колико кошта обвезница?

Да бисмо разумели како се процењује вредност обвезница присетимо се да добити један евро данас није исто што и добити један евро кроз годину или две (питајте своје родитеље о инфлацији у Србији 1993. уколико не верујете у то!). Претпоставимо да бисте за право да добијете 1 евро кроз годину дана данас платили b_1=0,98 евра, док би за право да добијете 1 евро кроз две године морали да платите b_2=0,95 евра. У овом примеру евро данас вреди 1 евро, што је више од вредности евра кроз годину дана (0,98 евра), што је опет више вредности евра кроз 2 године (0,95 евра). Хартије од вредности које дају, са сигурношћу, једну новчану јединицу (рецимо један евро) у тренутку доспећа називају се јединичне дисконтне обвезнице. У нашем примеру имамо две јединичне обвезнице, са роком доспећа од једне и од две године. Њихове цене су, респективно, једнаке 0,98 и 0,95 евра. Испоставља се да вам је информација о ценама ове две јединичне обвезнице довољна да одредите вредност било које безризичне обвезнице која доспева кроз једну или кроз две године.

Претпоставимо да желите да процените вредност обвезнице која има главницу P и купон C и која доспева кроз тачно годину дана од данас. У том случају, ова обвезница њеном власнику даје право на $P+C$ евра кроз годину дана. То је еквивалентно праву на $P+C$ јединичних дисконтних обвезница са роком доспећа од годину дана. Пошто је цена сваке од јединичних дисконтних обвезница једнака b_1, цена купонске обвезнице је

$$p_1=b_1(P+C)=b_1P+b_1C.$$

На пример, ако је главница 1 милион евра а купон 10% (то јест 0,1x1.000.000 = 100.000 евра), цена обвезнице била би, према горњој формули, једнака 1.100.000x0,98=1.078.000 евра.

Претпоставимо сада да желимо да проценимо вредност обвезнице која плаћа купон једном годишње и има рок доспећа од две године. У том случају, прве године власник обвезнице добија само купон C, док друге године добија други и купон и главницу, то јест $P+C$. Таква обвезница еквивалентна је портфолиу од C јединичних обвезница са роком доспећа од годину дана и $P+C$ дисконтних обвезница са роком доспећа од две године. Стога, цена такве купонске обвезнице би била једнака

$$p_2=b_1C+b_2(P+C).$$

Уколико је, као и раније, главница 1.000.000 евра а купон 10%, власник ове обвезнице би прве године добио 100.000 а друге 1.100.000 евра. Према наведеној формули, цена такве обвезнице била би једнака

$$p_2=0{,}98\text{x}100.000+0{,}95\text{x}1.100.000=1.143.000$$

Сада смо спремни да генерализујемо. Наиме, уколико знамо цене јединичних дисконтних обвезница $(b_1,b_2,...b_T)$, цена прозвољне обвезнице са роком доспећа T и новчаним токовима $(C_1,C_2,...C_T)$ једнака је

$$p_T=b_1C_1+b_2C_2+...b_TC_T$$

Цена обвезнице која доспева кроз T година једнака цени портфолиа C_t јединичних дисконтних обвезница (за t=1,...,T).

Занимљив, и за нашу праксу веома релевантан случај обвезница су дисконтне обвезнице. То су обвезнице које дају само један новчани ток, при доспећу, а немају купоне. У случају дисконтне обвезнице са главницом P са роком доспећа од t година, њена цена је, према горњој формули, једнака

$$p_t=b_tP$$

Јединична дисконтна обвезница је, према томе, дисконтна обвезница за коју P=1. Зашто су дисконтне обвезнице важне? Као прво, све обвезнице којима се тргује код нас су искључиво дисконтне обвезнице. Такође, уколико цену дисконтне обвезнице изразимо као проценат вредности главнице добијамо цене јединичних дисконтних обвезница, тако да

$$b_t=p_t/P$$

Постоји још један често коришћени начин дефинисања цена дисконтних обвезница – кроз њихов годишњи принос до доспећа. Принос до доспећа се дефинише као

$$y_t= -\ln(b_t)/t = -\ln(p_t/P)/t\ , \qquad (1)$$

тако да цена дисконтне обвезнице постаје $p_t=P\exp(y_tt)$. У случају обвезница из нашег претходног примера

$$y_1=-\ln(0,98)/1=2,02\%$$
$$y_2=-\ln(0,95)/2=2,56\%$$

Временска зависност приноса до доспећа веома је важна карактеристика тржишта обвезница. График приноса до доспећа као функција времена до доспећа назива се кривом приноса. Приметимо да је у нашем примеру годишњи принос до доспећа за обвезницу са роком доспећа од две године већи од приноса до доспећа обвезнице са роком доспећа од годину дана (то јест $y_2>y_1$). То значи да је крива доспећа у нашем примеру растућа функција времена до доспећа. То је случај на свим тржиштима која нормално функционишу. А шта се догађа са нашим тржиштем? Да бисмо то установили морамо конструисати криву до доспећа за наше тржиште.

Обвезнице старе девизне штедње (обвезнице СДС) су најликвидније и, с обзиром да их издаје држава и да су деноминоване у еврима, најмање ризичне хартије са фиксним приносом на финансијском тржишту Србије. Издавањем ових обвезница Србија је претворила дуг четири велике друштвене банке према штедишама у јавни дуг наше земље. Данас су у оптицају обвезнице СДС из серија A2006-A2016, то јест са роком доспећа од једне до једанаест година (број у серији означава годину доспећа). То су дисконтне обвезнице, то јест обвезнице без купона. Свака појединачна серија доспева за наплату 31. маја у години доспећа али се њоме тргује на берзи само до 21. маја због салдирања закључених и повлачења нереализованих налога за трговање.

Њихово увођење у берзански промет у септембру 2002. је значајно утицало на ниво капитализације тржишта, обим промета и ликвидност. Нажалост, ово тржиште није превише дубоко. Наиме, дневни обим промета креће се, у просеку, око 500 хиљада а месечни око 10 милиона евра. Без обзира на ове околности,ова хартија ће у релативно дугом периоду, све до 2016. године, бити значајан део укупног промета, јер је вредност емисије релативно висока (4.2

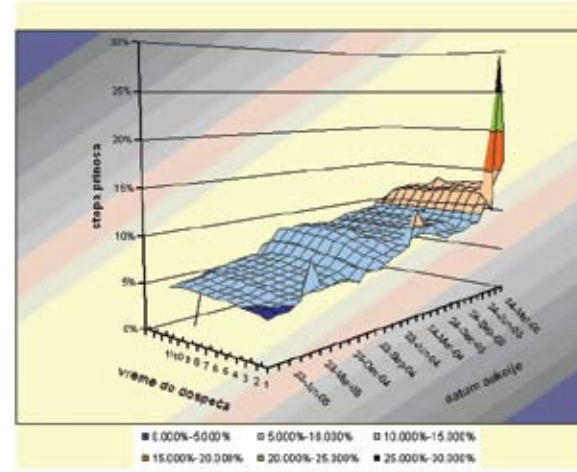
милијарде еура) а ликвидност задовољавајућа. И овом хартијом се тргује континуално.

Постоје три основна тржишта за обвезнице СДС. Прво тржиште је унутар банака. Банке конвертују депозите грађана у обвезнице. Власници при конверзији имају право да бирају између конверзије и исплате у готовини. Дисконт на овом тржишту, при исплати старе штедње у готовини, је вероватно реално дубок и, слободно процењен, износи између 2 и 3 процентна поена. Доминантни продавац на овом тржишту је Национална Штедионица јер она конвертује девизне депозите у обвезнице за све велике државне банке које су у поступку стечаја.

Друго тржиште ових обвезница је формирано између банака. Цене на овом, као и на првом тржишту, нису јавно доступне Реалистично је претпоставити да се на овом тржишту обавља највећи део промета овим хартијама од вредности.

Треће, најтраспарентније, иако и вероватно најмање по обиму промета тржиште обвезница СДС је Београдска берза[1]. На њој су се ове обвезнице први пут појавиле 9. септембра 2002. године. Од 24. марта 2003. године обвезницама СДС се на Београдској берзи тргује по принципу континуалног трговања. То значи да се овим обвезницама тргује у току целог радног дан ана берза.

Приноси обвезница СДС су на почетку функционисања тржишта били релативно високи а током времена поступно се нормализују. Нормализација се региструје како у нивоу приноса (кроз њихово смањивање) тако и код временске структуре стопа

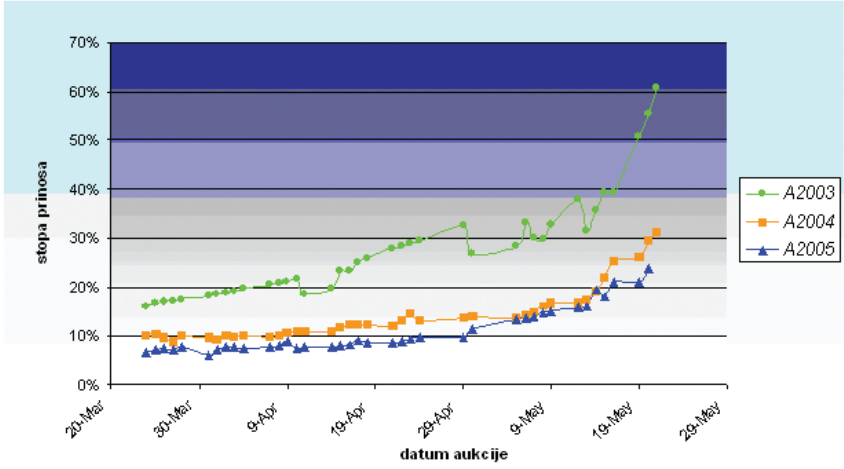


Графикон 1.
Површ кривих приноса за обвезнице старе девизне штедње различитих рокова доспећа за период 24. март 2003-23. август 2005 (у процентима, на годишњем нивоу)
Еволуција кривих стопа приноса на обвезнице СДС за период 24. 03.2003.-23.08.2005. Време до доспећа дато је у годинама. Стопе приноса рачунате су методом непрекидног капиталисања и годином од 365 дана и дате су на годишњем нивоу. Извор: Београдска берза

приноса. Наиме, крива приноса је, после почетних деформација, добила стандардну форму нормалне криве приноса на којој улагање у дугорочне доноси већи принос од улагања у краткорочне обвезнице. На графикону 1 је представљена крива приноса обвезница старе девизне штедње.

Очигледно је да је за све рочности принос постајао све мањи и мањи, у средњем. По формули (1), то значи да за обвезнице истог рока доспећа, инвеститори су сада спремни да плате више (принос до доспећа обрнуто је пропорционалан цени обвезница па када цена расте принос пада и

[1] Око 25% вредности укупног трговања одвија се преко Београдске берзе а остало на ванберзанском тржишту. Извор: http://www.MVInvestment.co.yu/



Графикон 2
Промене приноса у периоду непосредно пред доспеће обвезница старе девизне штедње (у процентима, на годишњем нивоу)

Стопе приноса на обвезнице СДС са ознаком A2003, A2004 и A2005 два и по месеца пред њихово доспеће. Датум аукције подразумева годину доспећа анализиране хартије.
Пример: Ако се посматрају стопе приноса A2003 година је 2003.
Извор: Београдска берза

обрнуто). Један од главних разлога за пад приноса је то што су после почетног неповерења 2003. инвеститори почели да верују да ће држава асиста поштовати своје обавезе. Такође, ове обвезнице се, иако нису директно конвертибилне, могу користити за куповину акција предузећа у процесу приватизације што повећава потенцијални интерес инвеститора за ових хартијама.

На тржишту је, осим «грбе» на средини временског распореда (за коју претпостављамо да ће се временом нормализовати) примећена још једна интересантна аномалија. Она је представљена на Графикону 2. Ова аномалија је била нарочито изражена у 2003 години. Наиме, цене обвезница која је доспевала на наплату те године (Серије A2003) се, у току последњих десет дана у којима се њоме трговало кретала у интервалу од 98,05%-98,47% а у последња три дана трговања је неочекивано улазила у стагнацију на нивоу од 98,35%, уместо да се потпуно приближи 100% номиналне вредности, како би се очекивало на основу формула (1). Ако се овај налаз интерпретира кроз стопе приноса на годишњем нивоу, добија се скоро невероватан резултат по коме принос у тих десет дана расте са 30% на 61%.

Задатак. Користећи формулу (1) израчунајте цену обвезнице чији је принос на годишњем нивоу 30% а време до доспећа 12 дана, или 12/365 године. Добијени износ био би једнак теоријској цени обвезнице крајем маја 2003. да принос у том тренутку није нагло скочио са 30% на 60% (на годишњем нивоу).

У 2004. а посебно 2005. години тај ефекат, мада још увек присутан, постаје све мањи а дискрепанца у односу на теоријску вредност постаје све ближа трансакционим трошковима. Из тога можемо да закључимо да, бар у овом сегменту тржишта, тржиште обвезница у Србији функционише све стандардније.

South European Center for Contemporary Finance
SECCF

Ekonomski fakultet u Beogradu i Južnoevropski centar za savremene finansije Vas pozivaju na treće izdanje

Međunarnodnog magistarskog kursa iz kvantitativnih finanijsa (IMQF)

Predavači na našem programu su svetski poznati stručnjaci iz oblasti finansija i ekonomije. Mnogi su po prvi put u Beogradu i našem regionu. Među njima su:

Prof. Alec Chrystal, Profesor Monetarne politike i bankarstva, Šef katedre za finansije i prodekan Cass Business School, City University of London (London, Velika Britanija)

Prof. Robert H. Edelstein, Professor Ekonomike nekretnina, ko-direktor Fisher Center for Real Estate and Urban Economics, Haas School of Business, University of California (Berkeley, USA)

Prof. Moshe Kim, Profesor bankarstva, Department of Economics, University of Haifa (Haifa, Izrael)

Prof. Lionel Martellini, Profesor finansija i Naučni direktor EDHEC Risk and Asset Management Research Center (Nica, Francuska)

kao i mnogi drugi poznati domaći i strani predavači. Od ove školske godine, IMQF program uključuje i celovitu pripremu za polaganje ispita u okviru Chartered Financial Analyst (CFA), globalno priznate medjunarnodne sertifikacije koju izdaje CFA Institute.

Školska 2005-2006 počinje u Septembru 2005. Za polaznike koji se sami finansiraju postoji mogućnost povoljnog kreditiranja ili plaćanja na rate, a za one najtalentovanije i finansijski najugroženije, i mogućnost dobijanja finansijske pomoći. Takodje, za polaznike programa obezbeđena je mogućnost letnje prakse u zemljama Evropske Unije.

Za više informacija posetite naš website http://www.seccf.org/, javite se na telefon (011) 3021 169, fax (011)3021 169, ili na adresu: IMQF Program, Ekonomski fakultet u Beogradu, Kamenička 6, 11000 Beograd.

Informacije:

IMQF i CFP program
Ekonomski fakultet (Soba 409)
Kamenička 6 11000 Belgrade

Tel. (+381) 11 302 1169
Fax. (+381) 11 302 1169
Email: admissions@seccf.org
http://www.seccf.org

IMQF&CFP
www.ekof.bg.ac.yu
www.seccf.org

Први део

Основни концепти

Пише: Новица Пауновић

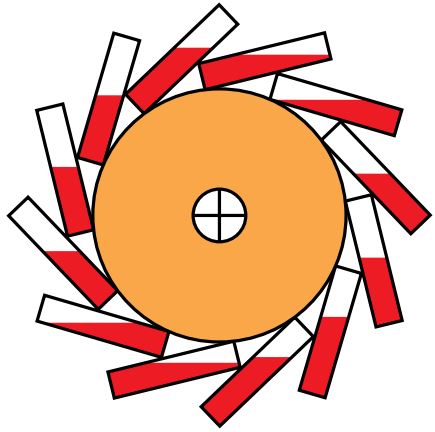
Перпетуум Мобиле потиче од латинских речи које значе “вечно покретан” и означава хипотетичку машину или уређај који производи више енерије него што је користи за свој рад, другим речима ствара корисну енергију ни из чега. Ипак, ни једна од тих машина не ради. Зашто?

Данас свака иоле научно или технички образована особа зна да перпетуум мобиле (ПМ) не ради јер противуречи једном од основних закона физике - закону о одржању енергије (ЗОЕ) који каже да енергија не може настати ни из чега, већ се може само претварати из једног облика у други. Иако су неке магловите представе о ЗОЕ постојале још у античкој Грчкој, овај концепт се дефинитивно искристалисао тек средином XIX века, од стране Хелмхолца. С друге стране, покушаји конструкције ПМ се могу пратити најмање последњих хиљаду година. Иако су некада изазивали знатно интересовање, јер се није знало о немогућности реализације ПМ, данас се сваки такав покушај дочекује са мањим или већим подсмехом.

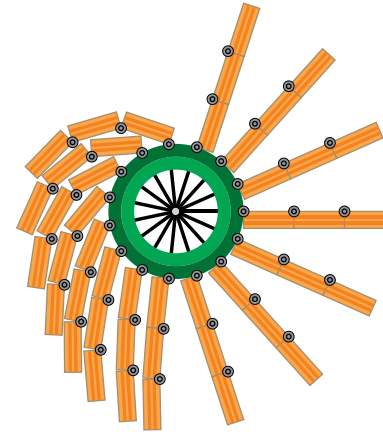
Већ дуги низ година, ниједан патентни завод у свету неће прихватитити да патентира проналазак који тврди да представља ПМ. Међу проналазачима ПМ има свакаквих типова, од обичних варалица до простих шарлатана, искрених људи са недовољним научним знањем, али и солидно научно-технички образованих људи, који су потпуно свесни постојања ЗОЕ, али који једноставно нису довољно убеђени у његову апсолутност. Врло чест аргумент последњих је да су некада и претварање олова у злато или лет машина тежих од ваздуха сматрани сличном бесмислицама, а данас ми у нуклеарним реакторима и акцелераторима ипак можемо извршити претварање олова у злато (додуше, економски крајње неисплатово) и летети преко океана (и то економски исплативо). Аргумент трагача за ПМ је и позитивистичка догма науке: ма колико пута експерименти показивали нешто немогућим, довољан је само један поуздан експеримент који то показује могућим. Врло је интересантно поменути

Херман Хелмхолц (1821-1894), немачки физичар и лекар, 1848. године је објавио студију у којој је формулисао принцип који је данас познат као закон о одржању енергије. Оригинални цитат: “Унутар затвореног система, тј. система који нити прима нити одаје енергију, а у коме се одвија произвољан (механички, термички, електрични, хемијски) процес, укупна енергија остаје очувана.”

Звучи необично, али код Грка и Римљана изгледа да није било ниједне идеје о некој врсти перпетуум мобила! Како изгледа, они су овакву идеју сматрали потпуно бесмисленом и непотребном: робови су ионако бесплатно обезбеђивали сав потребан рад, зашто се замлаћивати неким механичким скаламеријама?



Слика 1. Баскарин точак



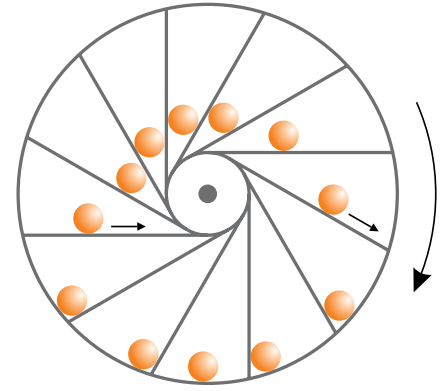
Слика 2. Арапски точак

да су пре дефинитивног установљења ЗОЕ и многи познати и признати физичари (Роберт Бојл, Денис Папен, Јохан Бернули…) и сами предлагали неке варијанте ПМ, као и генијални Леонардо да Винчи и наш Никола Тесла који је сањарио о таквим уређајима као дечак.

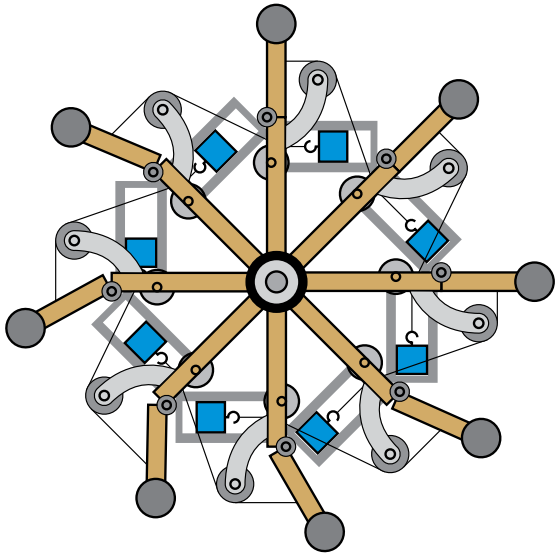
У серији чланака на ову тему, ми се нећемо бавити "творцима" ПМ, већ неким од преложених "решења" за ПМ, зато што у њима има јако много занимљиве физике. Јасно је да ниједан од предложених ПМ не ради нити може да ради, али врло често то није сасвим очигледно. Наравно, увек се можете позвати на ЗОЕ и рећи да тај ПМ не може да ради јер нарушава ЗОЕ, али ако се остави ЗОЕ по страни, и покушате конкретно објаснити зашто тај уређај не може да ради, наћи ћете се у ситуацији да нисте сигурни зашто то не ради. Врло често је потребно веома добро познавање физике да би се објаснило зашто нека таква конструкција ипак неће радити, и баш због тога ћемо се ми овде у *Младом физичару* и позабавити са ПМ.

Један од првих ПМ је описао индијски математичар Баскара око 1100. године, а приказан је на слици 1. Точак дуж свог обима има низ контејнера испуњених живом и постављених тако да је према очекивању точак увек тежи с једне стране, те ће се стога окретати.

Овај пример је важан јер је ова идеја о неуравнотеженом точку касније у Европи врло често поново "откривана" у различитим верзијама. 1235. године француски грађевинар Вилар де Онекур је

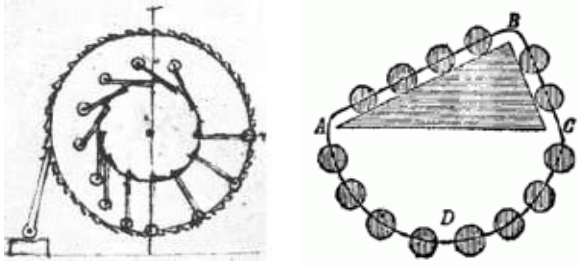


Слика 3. Точак са котрљајућим куглицама



Слика 4: Фергусонов уређај

замислио сличан уређај, где су контејнери са живом замењени чекићима, који према замисли увек треба да претежу једну страну точка. На слици 2. је једна идеја која потиче од Арабљана, а заснива се на опружајућим савитљивим полугама. На слици 3. је једно елегантно решење са котрљајућим куглицама (XVII век) а на слици 4. је приказана скаламерија шкотског астронома Џејмса Фергусона из XVIII века. Пошто прости модели нису прорадили, очигледно се морало мало закомпликовати. На слици 5. је приказан цртеж из бележнице Леонарда да Винчија, који најбоље сублимира све ове идеје са неуравнотеженим точковима. Иако је и сам волео да смишља и црта разне варијанте ПМ, за разлику од многих других пре и после њега, генијални Леонардо је схватио зашто овај приступ ипак не може да функционише: иако куглице које се одвајају на опруженим деловима десно стварају момент силе већи него што их дају куглице на склопљеним деловима лево, те може деловати да је то довољно за ротацију: с леве стране се налази знатно већи број куглица, и када се прецизно нађу доприноси момената сила од свих куглица, добија се да се они тачно поништавају - точак се неће ротирати.



Слика 5: Леонардов точак и Стевинова призма

Холандски математичар и инжењер Симон Стевин (1548-1620) се интересовао за проблематику ПМ и наилазио је на различите предлоге. Међутим, систем куглица пребачен преко асиметричних косих равни га је посебно интересовао. Пошто симетрични висећи део ланца не морамо узети у обзир, чини се да две куглице не могу уравнотежити четири, те да мора доћи до кретања система. Међутим, Стевин је тврдио да то није тачно и успео и да докаже зашто. Модерним језиком говорећи, када се сила теже која делује на куглице разложи на компоненте нормалне и паралелене површини равни, добија се да је паралелна компонета за куглице десно два пута већа него за куглице лево, те зато две куглице десно уравнотежују четири куглице лево.

Покушајте и сами детаљно да разјасните зашто приказани уређаји не раде . И на крају, овај први део из серије чланака на тему перпетуум мобиле можемо завршити једном шалом. Испред уређаја који је кандидат за ПМ стоје двојица научника, и закључују: *“То може бити вечно покретно, али ће нам требати вечност да то проверимо.”*

Питања

Проблеми и парадокси

Пише: Новица Пауновић

Настављамо да вам постављамо питања о којима до сада вероватно нисте размишљали. Ако сте размислили, али не можете да се сетите одговора, окрените страницу 73.

1. Вероватно сте некада гледајући филм приметили да се дешава да точак аутомобила (или точак са паоцима запрежних кола) изгледа као да се окреће уназад иако се возило креће унапред. Зашто се ово дешава?

2. Ако додирнете електричну инсталацију под напоном од 220 V, можете погинути. Међутим, ако додирнете високонапонске изводе аутомобилске бобине (која даје напон свећицама у бензинским моторима), осетићете непријатан удар, али вам неће бити ништа, иако је напон на њој преко 10000 V. Зашто?

3. Познато је да ниједан термодинамички процес не може имати коефицијент корисног дејства већи од Карноовог процеса, за који је $\eta=(T_1-T_2)/T_1$. Одатле следи:

   а) Пошто температурна разлика на различитим деловима људског тела једва да прелази неколико степени, људско тело страховито неефикасно искоришћава унету храну?
   б) Ако се за T_2 не узима најнижа температура на неком делу тела, већ температура околног ваздуха, због променљивости температуре ваздуха мењаће се и коефицијент искоришћења унете хране?

4. Ако се жив мрав стави у микроталасну пећницу, неће бити испржен. Ако се пак стави угинуо мрав, добићете реш печеног мрава. Зашто?

Велики Кинески Скок

Прича се да би кинески стручњаци могли направити ново борбено средство, које заиста улива страхопоштовање - тзв. геофизичку бомбу. Претпоставимо да свих милијарду и по Кинеза истовремено скочи са платформе високе 2 метра, што би довело до појаве ударних таласа у Земљи који би се могли, ако би Кинези наставили са скакањем при сваком пролазу таласа преко њихове територије, појачати до тог степена да би изазвали катастрофу у појединим деловима САД, поготово у Калифорнији, већ угроженој од земљотреса. Међутим, бројна питања остају непознаница. Којим путем би се један овакав ударни талас кретао кроз Земљину унутрашњост? Којом учестаношћу би Кинези требало да изводе свој скок да би дошло до одговарајућег појачавања? Колико би се енергије предало при сваком скоку? Да ли постоји начин да се становништво угрожених подручја одбрани, на пример тако што би изводило аналогне противскокове? Да ли је начин извођења скока од значаја? Неки сматрају да је важно да се овакав скок изведе исправљених колена, јер би се при скакању са савијеним коленима подлози саопштавало много мање енергије. Да ли је то тачно?

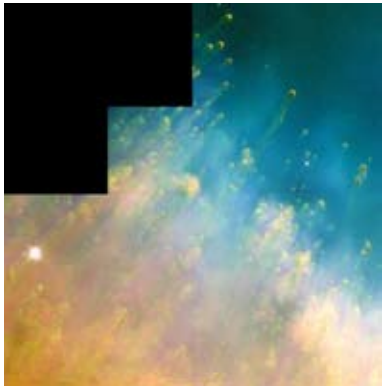
Како настају снимци са свемирског телескопа Хабл

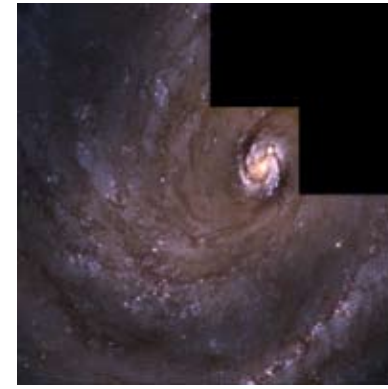
Пише: Драгана Илић

Свемирски телескоп Хабл (Hubble Space Telescope - HST) лансиран је 1990. године у Земљину орбиту да бележи и прати појаве у свемиру, које земаљским телескопима не можемо да детектујемо. Како се налази ван утицаја Земљине атмосфере, Хабл је до сада направио велики број невероватно јасних снимака галаксија, звезда, планета и нестварно чудесних маглина. Телескоп Хабл је ипак најпознатији по прелепим сликама необичних боја. Да ли те боје представљају стварне боје објеката у свемиру, какве би видели уколико би их посматрали голим оком? И зашто многе слике имају необичан, степенаст облик?

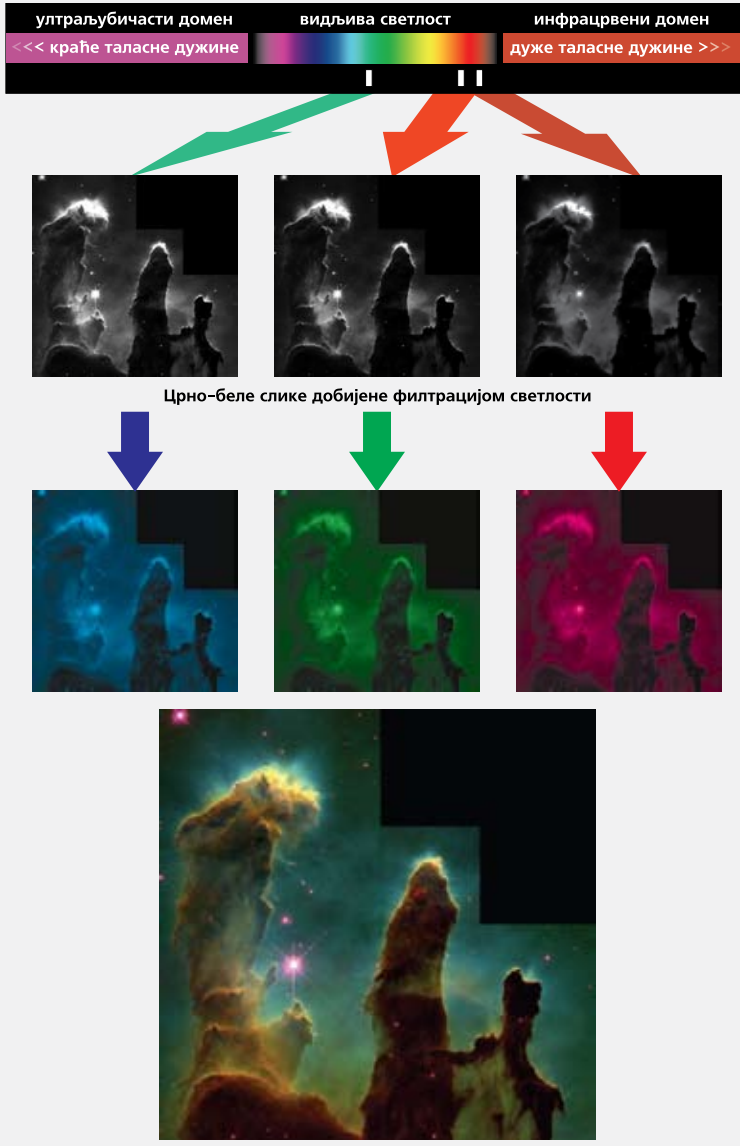
Електромагнетно зрачење стиже са небеских објеката у широком опсегу таласних дужина, односно боја. Телескоп Хабл детектује видљиву светлост, али такође снима објекте у ултраљубичастом и инфрацрвеном домену електромагнетног спектра. Објекат снимљен на различитим таласним дужинама изгледа другачије, јер се карактеристике средина које емитују зрачење одређене таласне дужине разликују. Зато телескоп Хабл користи оптичке филтере да би посматрао објекте у уском опсегу таласних дужина и тако прикупио што више информација о проучаваном објекту.

Снимање небеских тела професионалним телескопима се ипак разликује од простог фотографисања, јер савремени телескопи не бележе информације на филмску траку, већ на електронске детекторе, који не дају слику у боји, већ у нијансама беле и црне боје, у зависности од интензитета. Коначне слике у боји су у ствари комбинација две





Како је настала слика маглине Орао



Орао маглина је област у нашој Галаксији где се формирају младе звезде из облака водоника.

Ултраљубичасто зрачење ново-формираних звезда апсорбује околни гас и поново емитује у видљивој области спектра.

Коначна слика приказује црвено светло које долази од водониковог атома као зелено, црвено светло од јона сумпора као црвено и зелено светло двапут јонизованог кисеоника као плаво.

Овако преметање боја појачава и боље истиче детаље присутне на овој слици, јер у супротном би се тешко разликовале црвена боја водоника и сумпора. На крају, добија се слика где плаво-зелена измаглица представља светлост водоника и кисеоника, док црвенкаста боја долази од сумпора.

Утицај Земљине атмосфере на зрачење

Зрачење небеских тела на свом путу до посматрача прелази кроз огроман простор који се може сматрати вакуумом, па се зрачење током целог пута простире скоро праволинијски. Проласком кроз атмосферу, која је значајно гушћа од вакуума и чије су карактеристике промењљиве и у времену и у простору, зрачење трпи низ промена, међу којима су најбитније рефракција (преламање), сцинтилација (треперење) и екстинкција (слабљење). Због рефракције светлости у атмосфери, мерени положај небеског тела не поклапа се са стварним положајем. Нехомогеност ваздуха и турбуленције у атмосфери кваре (померају, деформишу) ликове посматраних објеката. А расејање и апсорпција зрачења слабе сјај небеских тела. Важно је напоменути да највећи део електромагнетног спектра Земљина атмосфера не пропушта (гама, X-, UV- и радио зрачење).

или више црно-белих слика, којима је додата боја током обраде. Најчешће се слике у боји добијају комбинацијом три различите слике - снимљене у црвеној, зеленој и плавој светлости. То је исти RGB систем који користе екрани за репродукцију боје, јер помешане ове три основне боје могу репродуковати било коју боју.

Ипак, боје на сликама телескопа Хабл нису увек оне које бисмо видели посматрајући исти објекат голим оком. Боја се додаје пре свега из практичних разлога: да би се истакли занимљиви детаљи или да би се представило оно што је људском оку невидљиво (као на пример слика објекта у ултраљубичастом светлу).

Често се боје бирају тако да се симулира стварна слика објекта, коју бисмо видели посматрајући објекат са свемирског брода. Дакле, за стварање слика у боји са телескопа Хабл, поред научног потребан је и уметнички приступ.

Друга занимљивост Хабл телескопа је да многе његове слике имају необичан – степенаст облик. Ове слике су направљене специфично дизајнираном камером WFPC2 (Wide Field and Planetary Camera 2), једним од пет инструмената који су тренутно оперативни на Хаблу. WFPC2 садржи четири камере, на које систем огледала усмерава сноп упадајуће светлости. Свака камера бележи посебну слику која је само један део укупног видног поља. Али WFPC2 има још једну занимљиву особину. Једна од камера увећава област коју посматра, што нам омогућава да видимо суптилније детаље у тој области. Како су све четири камере исте величине, слика коју снима камера са увећањем обухвата четири пута мању област неба, него остале камере, али снимак садржи много више детаља. Током обраде увећана слика се смањује како би се свела на исту резолуцију као и остале, затим се слике спајају што као резултат даје специфичан степенаст облик.

Да се не би појавиле празнине при спајању, камере су намештене тако да се свака слика мало преклапа са суседном. При спајању, те ивице се одсецају како би се слика што боље сложила.

Свемирски телескоп Хабл од почетка пружа астрономима информације којима разјашњавају проблеме и недоумице старе неколико деценија. Тиме је Хабл испунио очекивања научне јавности. А маштовитим љубитељима нестварних даљина је успео да приближи и дочара свемир у свим његовим бојама.

Одговори

Проблеми и парадокси

Пише: Новица Пауновић

1. Ово је последица такозваног стробоскопског ефекта. Наиме, филмови се снимају брзином од 24 кадра у секунди. Ако се точак са паоцима окреће брзином од тачно 24 обртаја у секунди (или целобројан умножак те брзине), онда ће се паоци на сваком кадру видети на истом месту, и приликом пројекције филма ће изгледати као да је точак непомичан. Ако се точак окреће нешто мањом брзином, онда за 1/24 секунде неће стићи да направи цео окрет, те ће се на сваком следећем кадру наћи заротиран на неки угао уназад. Приликом пројекције овог низа кадрова, изгледаће као да се точак окреће уназад. Ово је наравно оптичка илузија. Из сличног разлога се јавља и треперење компјутерских монитора када се гледају преко телевизије: због различитих фреквенција освежавања ТВ слике (50 Hz) и сниманих монитора (60-85 Hz).

2. Високи напон из бобине не може да повреди због тога што бобина може да да само струју мале јачине, зато што има велики унутрашњи отпор. Наиме, није напон примарни узрок оштећења ткива, већ остварена струја кроз човечји организам: струја од око 50 mA или више изазива смрт. Човечје тело има неки отпор R, који може бити од неколико kΩ до неколико стотина kΩ, зависно од влажности коже. Ако извор напона има занемарљив унутрашњи отпор (као у случају електричних инсталација), струја кроз организам са добија као I=U/R. Међутим егзактан израз би био I=U/(R+r), где је r унутрашњи отпор извора. Да би се у бобини добио високи напон, секундар мора имати велики број намотаја танке жице, што доводи до врло великог r (r>>R), што онемогућава да кроз тело протече струја која би била опасна по живот.

3. Оба закључка су погрешна. Људско тело не добија енергију из хране неким термодинамичким процесом, већ хемијским процесима, те овакве термодинамичке процене нису на месту. Аналоган пример би била батерија, која претвара хемијску у електричну енергију уз високу ефикасност, иако се сви делови батерије налазе на истој температури као и околина.

4. Енергија микроталаса коју апсорбује мрав је врло мала, због мале запремине мрава. Ако је снага пећнице рецимо 1000 W а запремина 10 l, онда је просечна густина енергије 10^{-4} W/mm^3. Ако је запремина мрава пар кубних милиметара, онда је снага која га греје мања од 1 mW што је прилично мало. Мрав је прилично неправилног облика и има велику површину у односу на масу тела, и када се креће, струјање ваздуха око њега је довољно да дисипира топлоту коју му предаје пећница, па му се температура подиже за само неколико степени. Ако се пак не помера (нпр. ако је угинуо), нама струјања и хлађења те убрзо бива печен.

Ово "оружје" је у принципу могуће, али не и у стварности. Да би дошло до резонантног појачавања осцилација, неопходно је да пригушење осцилација буде јако мало, што није случај, јер се и најјачи земљотреси због пригушења једва осете на удаљеностима од преко 1000 км, а овде би вибрације требало пренети око целе земље. При томе би и енергија скакутања кинеза била недовољна, јер иако бројка од милијарду и по кинеза делује импозантно, то је свега око 100 милиона тона масе, чија би енергија била занемарљива у односу на енергију потреса чак и најмањих тектонских плоча. Ипак, ако би смо узели да је ово могуће, Кинези би требало да скачу у размацима од око 55 мин, колико треба сеизмичким таласим да обиђу Земљу. Да би се заштитио, народ против кога би евентуално било употребљено ово необично орузје, требало би да организује скокове, чији би ударни таласи поништавали ударне таласе настале скоковима Кинеза. Пошто би "мета" сигурно била малобројнија у односу на Кинезе, њени скокови би требало да буду изведени са веће висине. Скакање са исправљеним коленима (укруђених ногу) се не препоручује, јер без обзира на начин доскока, предаје се иста енергија (потенцијална енергија), а са укруђеним ногама Кинези би могли доскочити само један једини пут, што падобранци науче већ на првом часу.

36. међународна олимпијада из физике

Саламанка - град традиције, младости и академског духа

Пише: Никола Продановић

Овогодишња олимпијада из физике, одржана је у шпанском граду Саламанки од 3. до 12. јула. Као и на претходним олимпијадама и на овој је учествовала екипа Србије и Црне Горе изабрана на основу резултата са последњег савезног такмичења одржаног у Петровцу од 27. до 29. маја. Чланови екипе били су такмичари: Огњен Илић, Лука Трифуновић, Дејан Розгић, Марина Радулашки (сви из Математичке гимназије) и Никола Продановић (Сомборска гимназија). Поред такмичара екипу су сачињавали: проф. др Мићо Митровић и мр Ђорђе Спасојевић са Физичког факултета као вође тима и ментори ученика Наташа Чалуковић и Славица Бељански као пратиоци.

Прво што смо запазили одмах по изласку са мадридског аеродрома била је права шпанска врућина. За свега неколико сати смо се из облачног Београда нашли на 40 степени Целзијуса. Наш пут још није био готов. До финалног одредишта требало је прећи неких два и по сата вожње аутобусом према западу.

Кад смо стигли у Саламанку, одмах се могло видети да иза овог града стоји дуга и занимљива историја, али у исто време и дух младости и савремености. Саламанка је главни град истоимене провинције, која је део покрајине Кастиља Леоне. Најважнија институција у граду је универзитет, најстарији у Шпанији и један од најстаријих у Европи. Претечу Универзитета у Саламанки основао је Алфонсо IX 1200. године и после 18 година та институција добија статус универзитета који и дан данас постоји. Било је право уживање шетати се кроз здање универзитета које је веома добро сачувано заједно са свим својим садржајем од кога посебно треба издвојити библиотеку са књигама старим и до 800 година.

У дворишту универзитета налази се скулптура жабе која се сунча. Мотив жабе се појављује и на фасади универзитета. Жаба је била, а и данас представља, симбол среће на испитима за студенте и чинило нам се да је некако цео град прихватио жабу као свој заштитни знак.

Универзитет, две катедрале, главни трг и готово све историјске зграде у Саламанки грађене су од такозваног златног Villamayor пешчаног камена који на сунцу а, нарочито ноћу под утицајем уличног осветљења, даје утисак да је Саламанка Златни град (или како то Шпанци кажу La Dorada). Водич нам је објаснио да се у зависности од положаја и јачине сунца могу појавити црвена, ружичаста, жута и окер боја које дају овим грађевинама неописиву лепоту.

Треба напоменути да се у већини грађевина може приметити присуство оригиналног архитектонског стила који носи назив по граду.

Библиотека стара осам векова

Жаба - симбол среће за студенте

Одмах иза универзитета налази се црква Светог Духа и црква св. Себастијана са предивним фасадама које обилују мноштвом детаља од којих нас је највише заинтересовао – мали астронаут. Нажалост, и ми смо овде остали збуњени заједно са водичем. Поред ових цркава које су уствари део старе катедрале налази се и палата Анаја у којој су била организована вечерња окупљања и забаве.

Од универзитета и цркве, више малих и кривудавих улица воде до нове катедрале и главног трга (Plaza Mayor). Главни трг је место окупљања становника Саламанке при разним манифестацијама које се одигравају у вечерњим сатима. Док је трајала Олимпијада имали смо прилику да видимо како то изгледа. Нажалост, нисмо успели да сазнамо име манифестације јер су Шпанци веома слаби кад је у питању енглески језик, али су нам успели објаснити да се ради о плашењу деце како би се одклонили несташлуци. Наравно, све је то део традиције и сама манифестација, иако се сатојала од прављења огромних надуваних делова тела који су лебдели у ваздуху није плашила децу већ их је само забављала.

Све ово је навело UNESCO да Саламанку прогласи званичним делом светске културне баштине и 2002. град постаје европски главни град културе.

Треће име за Саламанку могло би да буде и град бикова, јер се неки од најбољих бикова за кориду гаје у фармама близу Саламанке.

За потребе Олимпијаде кориштени су модерни објекти у Саламанки јер како сам већ напоменуо Саламанка је изванредан спој историје, традиције и модерног доба. Отварања и затварања, затим различити уметнички програми биле су приређиване у Конгресној палати Саламанке. За потребе вечерњег окупљања били су резервисани двориште старог универзитета и двориште манастира Анаја. Теоријске задатаке ученици су израђивали у учионицама Правног факултета, а експериментални део задатака у посебној згради намењеној за спортска такмичења. Све у свему, може се лако закључити

да је Саламанка била прави избор за организатора 36. међународне Олимпијаде и да су такмичари, пролазећи кроз културно-уметнички и туристички програм губили осећај зашто су дошли.

Задаци

Задаци са овогодишње Олимпијаде ће вероватно остати упамћени по веома малом нивоу креативности који су захтевали. Било би можда грубо рећи да су по тежини били испод олимпијског нивоа, али подаци са завршне ранг листе сведоче о њиховом нивоу. За злато је требало имати изнад 45 поена, за сребро чак 41, за бронзу 33, а за похвалу 22 поена. Оно што је било најважније за квалитетну израду ових задатака (и теоријских и експерименталних) била је утренираност и увежбаност. Задаци су били обимни и за ученика који није близак са брзим и ефикасним радом на папиру без губљења времена, 5 сати за израду није било довољно.

Први теоријски задатак разматрао је кретање вештачког сателита око Земље и параметре везане за то кретање.

Други задатак је био из области електромагнетизма и састојао се из три независна дела. Први део је носио наслов одређивање ома, и ту је разматран метод који је Келвин користио за стандардизацију ома. Други део је такође разматрао метод стандардизације ома али овога пута то је био Рејлијев и Сидгвиков метод. Трећи део се односио на стандардизацију ампера, а тај метод је такође разрадио Келвин 1882.

У трећем теоријском задатку је разматрано кретање неутрона кроз цев састављену од две паралелне плоче. Најпре је разматран класични случај, а у другом делу разматран је квантни случај уз Бор-Зомерфелдов услов квантовања.

Детаљ са катедрале - мали астронаут

После дана паузе решавали смо експериментални задатак. Апаратура се састојала од емитера беле светлости и апсорбера, чији је отпор зависио од интензитета зрачења. Између ова два основна елемента постављали смо разне филтере за светлост и на основу мерења, требало је одредити Планкову константу. Експериментални задатак је био веома дугачак и сложен али се у тексту задатка налазило детаљно упуство. Од ученика се није тражило да употреби машту и сналажљивост већ да са пуном концентрацијом испрати упуство и да са што мање губитка времена реализује обраду резултата мерења. За израду овог задатка било је потребно познавати и метод најмањих квадрата за шта је такође дато упутство. Међутим, без адекватне увежбаности рада на калкулатору и уопште рада са овим методом није било могуће завршити обраду грешке у захтеваном року.

Када је завршен и експериментални део такмиче-

ња, свима је лакнуло и сви смо могли да се опустимо. Прошло је 10 часова исцрпног рада уз пуну концентрацију. На крају се испоставило да скоро ником из нашег тима није одговарао овакав тип задатака који су захтевали прецизност у ограниченом времену, па је било пуно превида са наше стране.

Било како било, остало нам је само да уживамо до краја Олимпијаде у пребогатом програму који су организатори испланирали тако да смо успели да заборавимо све пехове и да без посебног психичког оптерећења сачекамо резултате.

Програм Олимпијаде

Од првог дана, па до опроштајне вечере, сви учесници Олимпијаде имали су задовољство да буду део веома богатог програма. Слободног времена је било јако мало, а користили смо га на вечерње шетње прелепом Саламанком.

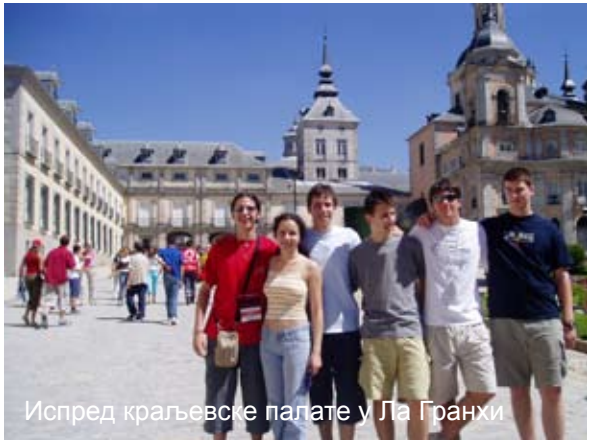
Биле су то скоро поноћне шетње а из простог разлога што је Шпанија у односу на Србију одмакнута за 25 степени географске дужине, а налазимо се у истој временској зони. Мрак је падао у 10 часова. Ми смо скроз губили осећај за време и често смо због тога каснили на уговорене термине. Међутим, то није био проблем јер су Шпанци као прави медитеранци доста опуштени и весели тако да ни њихови захтеви нису били никада стриктни.

Првог дана када су се најзад сакупили сви учесници била је организована заједничка вечера у дворишту универзитета где смо последњи пут имали прилику да попричамо са вођама тима јер су се по пропозицијама такмичења оно морали одвојити ради обавеза око превођења задатака.

Сутрадан је као и по обичају био ред на свечану церемонију отварања Олимпијаде. Учесницима су се обратили званичници из организационог комитета и људи који су потпомогли организацију овог такмичења. Најважнији и најлепши део програма је било традиционално представљање такмичара. Свима ће остати у сећању тренутак када је на бину изашла екипа Кувајта. То је била најсимпатичнија екипа на Олимпијади јер су је

Екипа СЦГ испред конгресног центра

Фукоово клатно


Испред краљевске палате у Ла Гранхи

чиниле само девојке, а била је права реткост имати и једну девојку у тиму. Наравно, наш тим је био један од изузетака.

После завршетка церемоније отварања кренули смо у обилазак Саламанке. Сваку екипу је пратио водич домаћин чији је задатак био да својој екипи увек буде на располагању и који је био одговоран за своју екипу. Наш водич био је Серхио, студент математике из Барселоне који ће нам вероватно заувек остати у сећању.

Трећег дана, после израде теоријских задатака био је организован излет за Ла Алберку, село близу Саламанке познато по језеру које нисмо успели да видимо због недостатка времена, али је било довољно да се упознамо са архитектуром старог шпанског села јер су такве куће веома добро сачуване у Ла Алберци.

Увече је у Конгресној палати био приређен шпански фолклор, познат под називом фламенко. Занимљив је био оркестар, који се састојао из «бубњара» који лупа у звучник-микрофон, акустичног гитаристе и заиста необичног певача којег је тешко описати.

Следио је дан паузе, искоришћен за целодневну екскурзију у Сеговију и Ла Гранха вртове. Сеговија је градић из римског периода са римским аквадуктом, а познат и по добром вину. Ла Гранха вртови су прелепи краљевски вртови поред Сеговије са пуно фонтана, са Краљевском палатом у којој нам је био приређен ручак са заиста пуно ритуала. Имали смо прилику да прођемо кроз краљевски дворац испуњен накитом, скулпурама и сликама непроцењиве вредности.

Седмог дана после експерименталних задатака у сада већ добро познатој Конгресној палати било је организовано предавање о Дон Кихоту. Шпанци су веома поносни на Сервантеса и његово познато дело. Често су спомињали овог писца и овај роман у својим говорима тако да нас ово предавање није нимало изненадило. Оно што је тог дана заиста било занимљиво је предавање нобеловца Ентонија Легета – а на тему квантних течности. Полазећи од Бозе-Ајнштајнове кондензације и основних појмова из квантне механике професор Легет је покушао да објасни предност ових материјала у односу на чврсте.

Осмог дана обишли смо Технолошки центар у Бочили. Уз богат мултимедијални програм нам је претстављен највећи центар ове врсте у Кастиљи Леоне и један од највећих у Шпанији. Запазили смо да Шпанци са великим ентузијазмом гледају на овакав тип развоја што је доста неочекивано за ову земљу познату по туризму и "егзотичној" пољопривреди. Иначе, по речима колеге из шпанског тима, Шпанија је до уласка у Европску Унију била

сиромашна земља. Од тада се пуно тога променило и Шпанија је данас међу најразвијенијим државама у Европи.

Посетили смо и Ваљадолид, главни град покрајине Кастиља Леоне, који неодољиво потсећа на Нови Сад. Увече је одржан је концерт џез састава Биг Бенд у Анаја палати.

Следећа два дана организовани су излети у Канделарио, Бехар и Кјудад Родриго, мале градиће где смо могли као и у Ла Алберци да уживамо у шпанској сеоској архитектури.

У Бехару смо посетили музеј са Фукоовим клатном у холу. Неки су имали срећу да посете планетаријум смештен у згради истог музеја. У Кјудад Родригоу провели смо цео дан на поседу хотела Конде Родриго. После ручка сервираног у ресторану овог хотела допуштено нам је да користимо хотелски базен заједно са хотелском ливадом.

Био је то можда и најлепши дан проведен у дружењу са вршњацима из свих земаља. На крају вечери био је приређен ватромет који је затворио туристички програм Олимпијаде. Девети дан је био резервисан за церемонију затварања на којој је била додела похвала, медаља и посебних награда и признања. На крају завршне церемоније, после богатог културно-уметничког програма, на бину су изашле четири играчице из Сингапура које су уз мултимедијалну подршку са видео бима имале задатак да најаве и презентују следећу олимпијаду из физике која ће се одржати у Сингапуру. На основу онога што су показале, може се закључити да следећи домаћини вредно припремају наредну олимпијаду и да ће свим учесницима тог догађаја припредити изузетан програм.

Закључак

На крају још да напоменемо и успех такмичара наше екипе. Сребро је освојио Лука Трифуновић, бронзу Огњен Илић, а похвалу Дејан Розгић. Марина Радулашки и Никола Продановић били су близу освајања похвала. Општи утисак је да је могло бити много боље, али да постигнути успех и није тако лош.

Најуспешнији тимови били су из азијских земаља, а посебно треба издвојити екипу Тајвана са пет освојених златних медаља која је била раме уз раме са Кином. Изненађење Олимпијаде је Сингапур са три злата, сребром и бронзом и специјалном наградом за најбоље урађен експеримент.

Апсолутни победници били су Gábor Halász (Мађарска) и Ying-Hsuan Lin (Тајван). Ове године није додељена награда за најбољег женског такмичара али је Вијетнамка Phuong Dung Nguyen Thi освојила злато и добила један од највећих аплауза на церемонији затварања.

Општи утисак о организацији Олимпијаде је да се организатор стварно потрудио да целокупни програм Олимпијаде буде незабораван. Међутим у организацији самог такмичења било је пропуста, од самих задатака, што је већ објашњено па до организације израде задатака где су поједини ученици са ситним закашњењем добили своје задатке.

Ипак, ова Олимпијада и оно што смо видели током ње ће још дуго остати у нашем сећању.

Оно што нам још остаје је да се захвалимо свим људима који су помогли нашем тиму током припрема за олимпијаду и да пожелимо више среће наредној олимпијској екипи која ће представљати нашу земљу у Сингапуру.

Свет без физике

Страх у тами

Пише: Слободан Бубњевић

Проведимо један дан у алтернативној историји. Заправо, у мрачном добу у коме никада није било Њутна, Коперника и Галилеја, нити рођења модерне физике, какво се у правој историји десило у XVI веку. Како би изгледао свет када физика не би постојала, када се физичке науке не би изучавале у школама, а методе и начин размишљања модерне физике биле потпуно стране свим људима?*

Метално звоно. Отвараш очи у полутами. Калуђер у црној ризи пролази између кревета и звони на устајање. Бледа светлост првог свитања допире само кроз уске отворе на таваници, пошто у манастирској спаваоници нема прозора са стаклима. Твоји другари већ устају из суседних кревета и тресу се од хладноће. Не постоје радијатори, а пошто ни металне пећи са димњаком нису измишљене, просторија се врло лоше загрева помоћу недовољно ефикасног манастирског камина. Облачиш тврду вунену тканину. Технологија глачања и механичког упредања вуне није развијена и твоја одећа те гребе попут јежевих бодљи.

Када устанеш, имаш прилику да се умијеш леденом водом (бојлери и томе налик електрични грејачи, наравно, не постоје), али не можеш да се погледаш у огледалу јер је употреба огледала забрањена за ђаке. Пошто ни оптика не постоји, није познато какве силе образују твој одраз у огледалу, па се огледало међу твојим учитељима сматра Ђавољом направом. То те не мучи сувише, пошто те, у духу метафизичке сколастике, сваког дана уче да презиреш материјални свет и потпуно ти је свеједно како ће твоје лице и тело данас изгледати.

*При овој сасвим спекулативној реконструкцији једне алтернативне историје, извесни детаљи се у много чему ослањају на историјске прилике какве су владале у Европи пре развоја модерне физике. За ту сврху делимично су коришћена дела *Историја средњег века*, *Јесен средњег века*, *Грех и страх* Жан Делима и *Филозофија природе* Бранка Павловића.

Мерења

Калуђер престаје да звони и посматра под којим углом сунчев зрак пада са таванице на под. Када процени да је Сунце довољно високо изашло, он намешта пешчани часовник по коме ће се мерити време током целог дана. Нико осим њега то не уме да ради јер у свету у коме живиш није развијен никакав мерни систем. Дужине, углове и тежине обично одређују најискуснији за послове размеравања. Апотекари користе и необичне справе попут ваге или лењира, али на њима имају мерну скалу која је обично јединствена за дати инструмент и није упоређена ни са једном другом скалом, тако да сви ти инструменти увек мере међусобно различите вредности. А неки трговци су толико искусни да успевају све мере произвољно да одреде, без икаквих инструмената, мада мало ко верује у поштење њиховог мерења. Пошто је пешчаник постављен, један од твојих другара се смешта испред њега – он ће током читавог дана мотрити и окретати пешчани сат, што је један врло важан посао. Међутим, догађа се да се неки од ђака успава на овој дужности, па понеки дан тада траје дуже, а вечера почиње касније.

Истинитост

Наравно, присуствујеш јутарњој молитви. Током доручка један од калуђера и наставника, редовник за то јутро, држи беседу о Паклу. Он описује сцене мучења из Деветог круга – страшног места са ужасним методама мучења где су заувек заточени сви они који су током живота преиспитивали законе природе. Нико од твојих другара не поставља никаква питања, иако многе од тих језивости делују претерано и неуверљиво. Нико се не пита на основу чега се дошло до управо таквих представа Пакла. Ни ти, а ни твоји другари нисте кукавице које се плаше да се супроставе наставнику – напросто, у свету без физике уопште није развијен начин размишљања помоћу кога бисте смислили било какво питање за њега. Свет без физичког начина резоновања је свет у коме све што неко каже може бити истинито. Наравно, ипак мора постојати неки ред и мора се знати шта је истинито, а шта није. Зато је у таквом животу најважније да научиш не да сам промишљаш и разумеш појаве (томе нема ко да те научи у свету без физике), већ да схватиш коме смеш да верујеш, а коме не. Сви око тебе имају једноставан рецепт - поштују црквено учење које тачно одређује шта јесте, а шта није истина о свету који те окружује. Углавном нико и не уме да изводи никакве огледе којим би покушао да сазна како заиста стоје ствари у природи. Зато и не постоје никакве школе изван манастира јер се углавном мисли да нико осим Цркве не зна нити може да гарантује шта је истина о свету. У супротном би настала потпуна збрка различитих верзија о природи које би свако могао произвољно да измишља. То мишљење је прилично оправдано јер су скоро сви осим монаха и других свештених лица неписмени.

Науке

Данас си ослобођен наставе. То се често догађа, али не пропушташ много. У твојој манастирској школи учи се грчки, латински, теологија, право и филозофија. Ове науке, онако како се изучавају у твојој школи, служе само једној сврси – да ти омогуће да што боље разумеш књиге које се чувају као највеће благо у скрипторијуму. Пошто се никаква нова знања не откривају, сва постојећа наука је одавно довршена и записана у старим књигама које треба пажљиво проучавати. Пошто нема модерне хемије, папир се производи на застарео начин, па је врло скуп, а књиге су врло ретке и изузетно вредне.

Запало ти је у задатак да један руком преписани манускрипт из скрипторијума однесеш до оближњег града, како би се ондашњи свештеници упутили у нека космолошка питања. Када они прочитају неколико пасуса, вратићеш књигу у сигурност манастира. Док ходаш до града, кришом прегледаш манускрипт и сазнаш да постоје звезде које стоје на небу, док неке од њих круже око Земље. Те покретне звезде се називају

Планете. Уз то, сазнајеш да Земља мирује док се Сунце окреће око ње. Нимало не сумњаш у тај погрешно постављени небески систем, пошто ти изгледа разуман. У пролазу видиш две јабуке како истовремено падају са дрвета. Толико си уверен у аристотеловско учење да тежа тела падају брже, па уопште не запажаш како су јабуке истовремено пале на земљу. Нико те никада није саветовао да било шта око себе пажљиво посматраш, пошто се реални свет око тебе стално потцењује као скуп лажних представа.

Град

Када стигнеш у град, видиш да су улице изузетно прљаве, пошто не постоји начин да се оперу. Нема текуће воде и водовода, а ни канализације. Ове ствари су постојале у древној прошлости, али пошто нема физике, нико није разумео како функционишу тако да су, као и многа друга открића, временом заборављене. На једном зиду видиш чудан натпис од два слова мф. Познато ти је да без физике нема развоја технологије, па нема телефона, интернета, новина, нити икаквих средстава комуникације, тако да се људи често споразумевају таквим натписима на зидовима. Поједина тајна удружења стављају шифроване ознаке како би својим члановима у пролазу објавиле да у том граду постоји њихова задруга. Улице кривудају јер се мало ко разуме у геометрију. Неколико кућа је срушено тако да мораш да их заобилазиш. Нико не уме да направи статички прорачун приликом изградње и грађевине често падају под сопственом тежином. Због сталног заобилажења, почињеш да луташ и најзад, сасвим се изгубиш. На зиду у кривудавој улици опет видиш два слова мф. Прилази ти један млад јеретик и кришом ти предаје некакав тајно одштампани документ на штампарској преси. На сличним брошурама обично се објављују какве тајне теорије или резултати огледа које ипак повремено изводе нека од јеретичких друштава. Брзо га сакриваш испод одеће. Радознао си, али нећеш га прегледати на улици. У ствари, не разумеш шта нагони те људе да ризикују живот како би изучавали природу. Казна за такве огледе обично је спаљивање на ломачи. Одлазиш низ улицу и проналазиш цркву где треба да предаш манускрипт на читање. Уз пут, гушиш се од задаха који влада у граду.

Мрак

Најзад, обавио си свој задатак и враћаш се у манастирску школу. Пада ноћ и то те прилично забрињава. Сви људи које успут видиш, махнито беже пред сумраком. Склањају се у куће. И тебе хвата велики страх од мрака. Али, то је сасвим нормално. Ником није познато како се смењују дан и ноћ, а у целом свету влада правило да ноћ није доба када људи треба да бораве на отвореном. Пошто нико не проверава, сумња се да ноћу најчудније звери и авети лутају унаоколо. Најгора ствар у свету без физике нису разне неугодности и неразвијена технологија, већ страх. Нема начина да се провери било шта непознато, а у непознатом клија страх. Споро ходаш и хвата те мрак. Одузимаш се од страха. Затвараш очи јер не желиш да провериш како изгледа тај ужасни свет ноћи. У свету без физике, никада ништа не желиш да провериш и зато се иначе толико бојиш.

Најзад, притиснут страхом, увиђаш једну ствар. Можда се она тајна удружења заправо боре против страха. Можда се мање плаше када упознају свет који их окружује. У мраку, чујеш звоно. Оно има метални призвук, као звоно којим те калуђери буде сваког јутра. Тај звук те разбуђује. Отвараш очи и одједном видиш око себе један потпуно другачији свет. Уобичајена грађа у школском дворишту, твом другу звони мобилни телефон, улицом пролази трамвај, али се звоно и даље чује. Почиње час. Када се сетиш школског распореда, срећнији си него икад јер после пакла кроз који си прошао, најзад почиње час физике. Нешто је ипак остало – испод јакне напипаваш свитак који си добио у кривудавој улици, вадиш га и са радозналошћу отвараш. То је, наравно, стоти број Младог физичара.

Линкови

Пише: Антун Балаж

Овај пут пронашли смо интересантне линкове који повезују уметност и физику, и то не само буквално. У томе нам је много помогао наш вредни читалац Милија Јовичић, ученик I разреда Гимназије у Прибоју. Уколико и ви имате неке интересантне линкове, пошаљите их на адресу: linkovi@dfs.org.yu

http://www.b92.net/info/zivot/nauka.php

Б92, најпопуларнији веб сајт на српском језику, недавно је покренуо секцију посвећену науци. Млади физичар има одличну сарадњу са Б92 – они нама помажу у промоцији часописа, а ми њима у осмишљавању научно-популарних садржаја. Неке од интересантнијих чланака из МФ можете пронаћи и на овом сајту, а ту су и текстови сарадника нама пријатељског часописа "Астрономија".

http://library.thinkquest.org/3257

Да ли сликари користе физику у свом раду? Вероватно мислите да не, али се варате, а овај линк то лепо показује. Познато је да сликари воле да користе и различите трикове, као и физичари. Camera obscura је само један од многих трикова о којима можете више прочитати на овом сајту.

http://www.exploratorium.edu/

На овом сајту можете наћи гомилу занимљивости, и то не само из физике, него и из других природних наука. Поред вести и слика са Хабловог свемирског телескопа и мисије Дубоки удар (Deep Impact), веома је интересантна и дигитална библиотека која садржи преко десет хиљада фотографија, филмова (у QuickTime формату) и других фајлова.

http://library.thinkquest.org/C0111882/enhanced/main/index.html

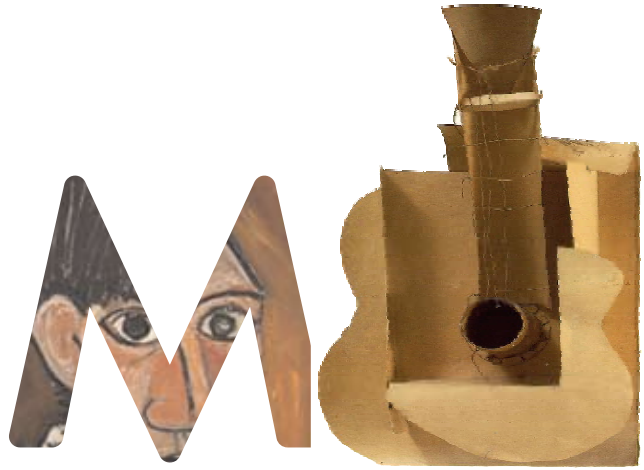
Оптичке илузије не представљају само краткотрајну забаву, већ могу да нас наведу на интересантне закључке о структури простора и времена. На овом сајту можете наћи више о Ешеровим радовима, а ту су и незаобилазне игрице и квизови.

http://bbc.co.uk/mobile

Уколико не можете да живите без мобилног телефона, ево разлога више за залуђеност. На овој wap адреси (дакле, садржај је прилагођен за мобилне телефоне) можете наћи разнолике вести – од политике и спорта, до науке. Ако вас случајно интересује наука, одаберите рубрику BBC News, а затим Sci Nature или Technology. Вести се често мењају, па је овај сајт прави лек за досадну вожњу аутобусом без друштва, лошу журку или посету омиљених пријатеља ваших родитеља коју нисте успели на време да избегнете.

Велики сликари и Млади физичар

Замолили смо велике уметнике да нам пошаљу радове на тему Млади физичар. Ево мале изложбе најзанимљивијих радова



Пикасо

Мондриан

Енди Ворхол

ТЕКСТ – ТТАОПТУА ЦРТЕЖ – КОЛТОЛК

МЕНИ ЈЕ ТАЈ МАЛИ УНИШТИО КАРИЈЕРУ!
А МЕНИ БРАК! ЈАО ОЈЈ...
ЈА БОЉЕ ДА НИШТА НЕ ГОВОРИМ ...
... И КОНАЧНО ЈЕ СА НАМА ...
МЛАДИ ФИЗИЧАР!
≈100 ГОДИНА МЛАДОГ ФИЗИЧАРА
ВОЊИМ СВЕ ШТО ВОЊЕ МЛАДИ!
ЛУПАЈ!
ДРЖ ГА!
≈100
ЛА!
ПУШТ?!
ДО!
УДАРАЈ!
КРАЈ