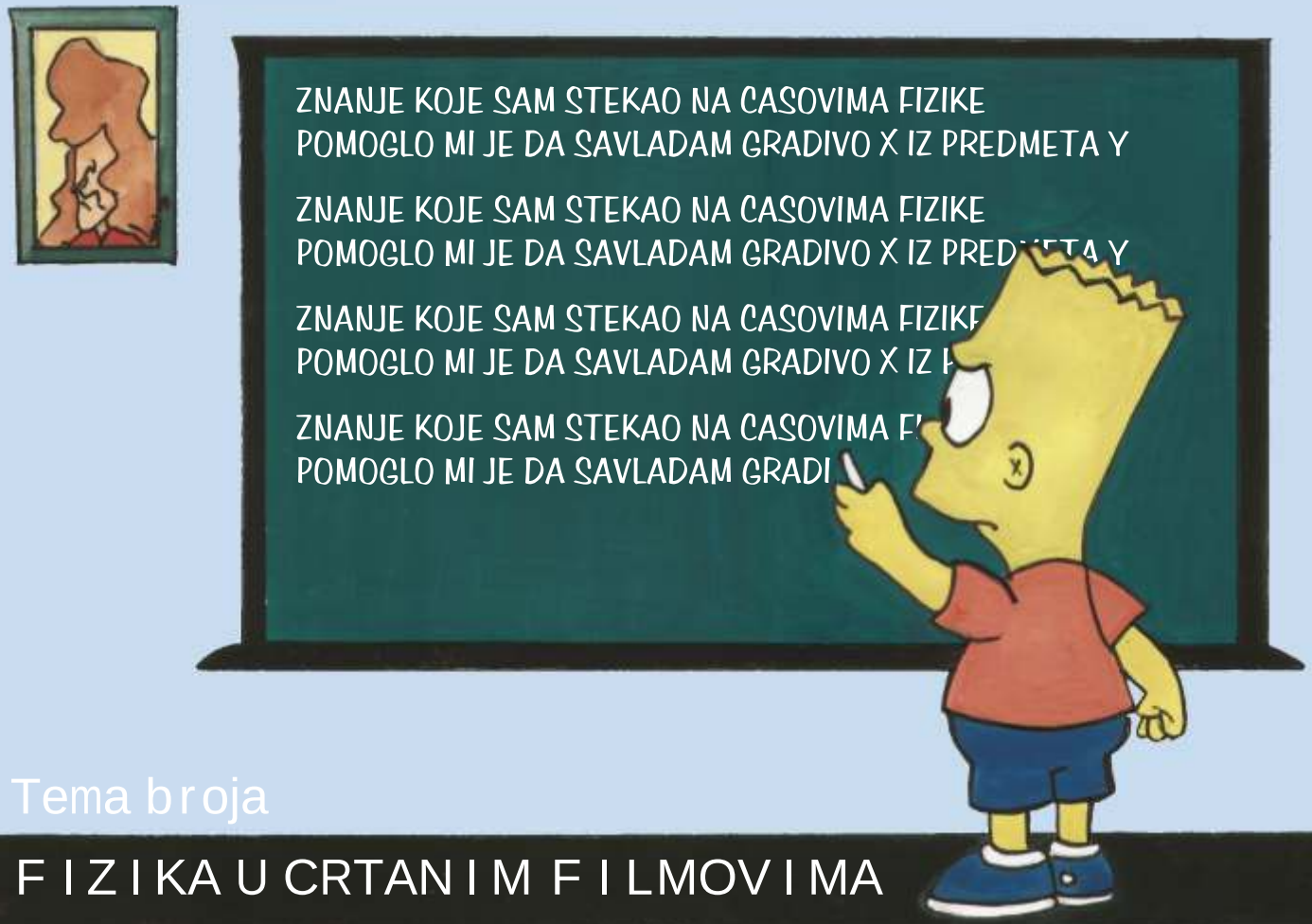
МладиФизичар

97

^asopis za u~enike osnovnih i sredwih {kola
Izdava~ Dru{tvo fizi~ara Srbije
[kolska godina 2004/05



Tema broja

FIZIKA U CRTANIM FILMOVIMA

прва**страна**	1
мф**вести**	2
мф**рекорди**	4
тема**броја**	5
срећна**нова**	40
м**ВЕЛИКИФ**	46
велика**физика**	49
додатни**час**	58
м**астроф**	66
мф**парадокси**	68
мф**репортажа**	70
напредни**мф**	76
мф**контролни**	80
олимпијски**задаци**	92
мф**такмичења**	96
наградни**задаци**	110
мф**одговарање**	130
мф**линкови**	131
последња**страна**	132

тема**броја**

ФИЗИКА У ЦРТАНИМ ФИЛМОВИМА

Закони физике цртаних фимова	6
Како "раде" цртани фимови	7
Десет Софронијевих заповести	10
“Млади физичар” и његов тигар	15
Бен и ја	19
Да ли је професор Балтазар физичар?	22
Физика у Симпсоновима	24
Футурама	29
Ледено доба - да ли још увек траје?	33
Пера Којот и јаје	36

млади**физичар**

Sadr`aj 97

мф**репортажа**

Прича из CERN-а: Храм физике модерног доба

младифизичар Часопис за ученике
основних и средњих школа

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

Главни и одговорни уредник
Душко ЛАТАС

Заменици уредника
Бранислав ЦВЕТКОВИЋ и Зорица ПАЈОВИЋ

Уредник интернет издања
Антун БАЛАЖ

Редакција
Слободан БУБЊЕВИЋ, Марко ВОЈИНОВИЋ, Ненад ВУКМИРОВИЋ, Драгана ИЛИЋ, Владимир ЈОВАНОВИЋ, Катарина МАТИЋ, Предраг МИЛЕНОВИЋ, Марија МИТРОВИЋ, Бојан НИКОЛИЋ, Новица ПАУНОВИЋ, Зоран РИСТИВОЈЕВИЋ, Славица СПАСОВИЋ, Владимир ШАМАРА, Милован ШУВАКОВ
Спољни сарадници
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, Милан ЖЕЖЕЉ, Огњен ИЛИЋ, Добросав ОБРАДОВИЋ, Коста РИСТИЋ

Претплата
Весна ВУЧИЋ (011)3160-260/143

YU ISSN 0351-5575
Copyright © Друштво физичара Србије
За издавача:
проф. др Илија САВИЋ, Председник Друштва физичара Србије

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, 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

Часопис је ослобођен пореза на промет на основу мишљења Министарства просвете Републике Србије бр. 443-00-14/2000-01 од 29. марта 2000.

На сајту Младог физичара читаоци су имали прилике да нас оцене. За око месец дана, укупно је гласало вас 86. Просечна оцена коју сте нам дали је 4.69 са чим смо врло задовољни, јер можемо да се надамо да ћете нам на полугодишту закључити 5. Добили смо сваку оцену бар једном. Најмање имамо двојки - једну - али она ми највише боде очи. Тројки смо добили дупло више - имамо их 2. Четворки имамо већ 2^2 више него тројки, а петица имамо 3^2 више него четворки. Дакле, може се приметити квадратна зависност, а пошто квадратна функција брзо расте исто тако брзо расте и број наших читалаца којима се допада ово што радимо. Али, добили смо и три јединице! Оне се очигледно не уклапају у законитост па их можемо приписати неком другом извору. Надамо се да оне потичу од младих физичари из иностранства, где је системи оцењивања другачији (у Немачкој је, на пример, 1 најбоља оцена).

Тема овог броја је физика у цртаним филмовима. Да ли сте знали да се толико физике може наћи у цртаћима? Верујемо да ће вам садржај овог броја Младог физичара помоћи да цртани филмови постану још занимљивији, али и да лакше учите физику (и то не само у цртаним филмовима). А онда ћете још успешније решавати наградне задатке, али и упућивати већи број корисних сугестија које ће нам помоћи да будемо још бољи.

Душко Латас

Најчувеније једначине

Ајнштајнова једначина $E=mc^2$ је вероватно најпознатија једначина свих времена, али у истраживању које је обухватило сто двадесет физичара из целог света није испало тако. Она је била тек на шестом месту. Прво место су заузеле четири Мексвелове једначине, док је на другом месту чувена Ојлерова формула која повезује пет математичких константи (основу природног логаритма, имагинарну јединицу, број π, јединицу и нулу), а она гласи $e^{i\pi}+1=0$. На трећем месту је Други Њутнов закон, на четвртом Питагорина теорема, на петом Шредингерова једначина. После Ајнштајнове једначине која је на шестом месту према гласовима физичара долази Болцманова једначина која повезује ентропију система са бројем стања у којима тај систем може бити, па израз 1+1=2 и принцип најмањег дејства.

Најбржи рачунари на планети

Америчка компанија IBM је направила суперрачунар за потребе Америчког одела за енергију који је тренутно најбржи на свету. Он може у секунди да уради 70720 милијарди операција са бројевима у покретном зарезу, односно има брзину од 70.72 терафлопса. Он је тако претекао до сада најбржи суперрачунар који се налази у истраживачком центру NASA који је брзине 51.87 терафлопса и други најбржи који се налази у Јапану и има брзину од 35.86 терафлопса. Најбржи суперрачунари на планети се користе за различите потребе у које спадају временска прогноза, војна истраживања као и истраживања у науци. Листа од 500 најбржих рачунара на планети се објављује на сваких шест месеци и базира се на броју операција које рачунар може да изврши у јединици времена. Поменимо да тренутно последњи на листи од 500 најбржих има брзину од 0.85 терафлопса. Нови најбржи рачунар се састоји од 32768 процесора и тренутно се налази у Минесоти, али ће бити премештен у Националну лабораторију Лоренс Ливермор у Калифорнији и углавном ће бити коришћен за истраживања везана за нуклеарно оружје. Суперрачунар у NASA-и се користи за предикцију урагана, студирање глобалног загревања и за астрофизичка истраживања. Најбржи рачунар у Јапану се користи за моделирање климе и за испитивање сеизмичких активности.

Најбржи суперрачунар у Европи се налази у Барселони (Шпанија) и има брзину 20.53 терафлопса, док се у нашој земљи најбржи рачунар налази у Институту за физику у Земуну и има брзину од 0.16 терафлопса.

Више о најбржим суперрачунарима можете видети на сајту http://www.top500.org

Пренета информација са материје на светлост

Истраживачи са Института за технологију у Џорџији (професор и дипломирани студент) су успешно пренели квантну информацију са две различите групе атома на појединачни фотон. Верује се да је ово прва демон-

страција преноса квантне информације са материје на светлост. Наиме, информација о атомском стању из две различите групе облака рубидијумових атома је пренета на појединачни фотон. Информација о просторном стању облака атома се на фотону репрезентује као вертикална или хоризонтална поларизација. Елементарна информација се у рачунарима остварује помоћу битова, док у случају квантног рачунара то је квибит (квантни бит). Квибитови су врло различити од "стандардних" битова. "Стандардни" бит може имати два стања, односно вредност или 0 или 1, док квибитови могу истовремено постојати у оба стања. Квибитови могу, такође, интераговати са другим квибитовима и њихове особине су корелисане на јединствен начин за квантне системе. Ове нове особине значе да квантним рачунарима можемо добити драстична побољшања за одређене типове израчунавања која се на обичним рачунарима тешко реализују. На нашим "обичним" рачунарима таква израчунавања много дуго трају, па немамо времена да чекамо године и године док се не заврше или немамо довољно новца да можемо да купимо такав суперрачунар који ће то израчунати у разумном времену.

Антена за видљиву светлост

Антена за видљиву светлост, аналогна антенама за радио таласе, се може направити од карбонских нанотуба. У радио антенама, чија је величина сразмерна таласној дужини долазећих таласа, талас побуђује електроне у антени и тиме индукује сигнал у антени. Такав сигнал са антене се појачава и обавезни је део радио и ТВ апарата. Када је у питању видљива светлост (електромагнетни талас) таласне дужине су пар стотина нанометара и антену је тешко направити. Ипак, научници са Бостонског колеџа (САД) су приметили антенски ефекат за видљиву светлост користећи низ карбонских нанотуба у којима је упадна светлост побуђивала мале електричне струје. Према мишљењу једног од научника, те мале електричне струје се могу мерити, али су потребне нанодиоде које могу да обраде електричне пулсеве чија се фреквенца осциловања налази на оптичким фреквенцијама (10^{15} херца) које нам још нису доступне. Нанотубе које су коришћене у експериментима су биле широке око 50 нанометара и дуге пар стотина нанометара. Антене од нанотуба су показале и поларизациони ефекат: када је долазећа светлост била поларизована под правим углом у односу на оријентацију антене, одговор антене је изостајао. Могуће примене оваквих антена су у оптичкој телевизији или за конверзију соларне енергије. У оптичкој телевизији телевизијски сигнал суперпониран на ласерски сноп би био слат кроз оптичка влакна до гладалаца, онда демодулисан помоћу низа нанотуба. Конверзија соларне енергије би се вршила тако што би се светлост трансформисала у наелектрисања, а она би се одлагала у кондензаторе.

Вести припремио:
Зоран Ристивојевић

Најнижа температура коју је човек остварио износи 450 пикокелвина. Остварена је од стране тима научника са MIT института у Кембрицу у САД-у. Ова изузетно ниска температура, која је од претходног рекорда боља за 6 пута, је последње достигнуће на путу ка апсолутној нули, или нула Келвина, најнижој могућој температури. На тако ниским температурама, само неколико милијардитих делова степена изнад апсолутне нуле, материја прелази у ново стање звано Бозе-Ајнштајнов кондензат (за чије је добијање 2001. године додељена Нобелова награда). У овом стању, изоловани атоми се понашају као својеврстан "суператом". Тим са MIT-а је овако ниску температуру остварио користећи тзв. "гравитационо-магнетну замку", која изоловане атоме држи знатно прецизније него магнетне замке коришћене до тада. Теоријски, чак и ниже температуре су остваривe помоћу ове нове технике.

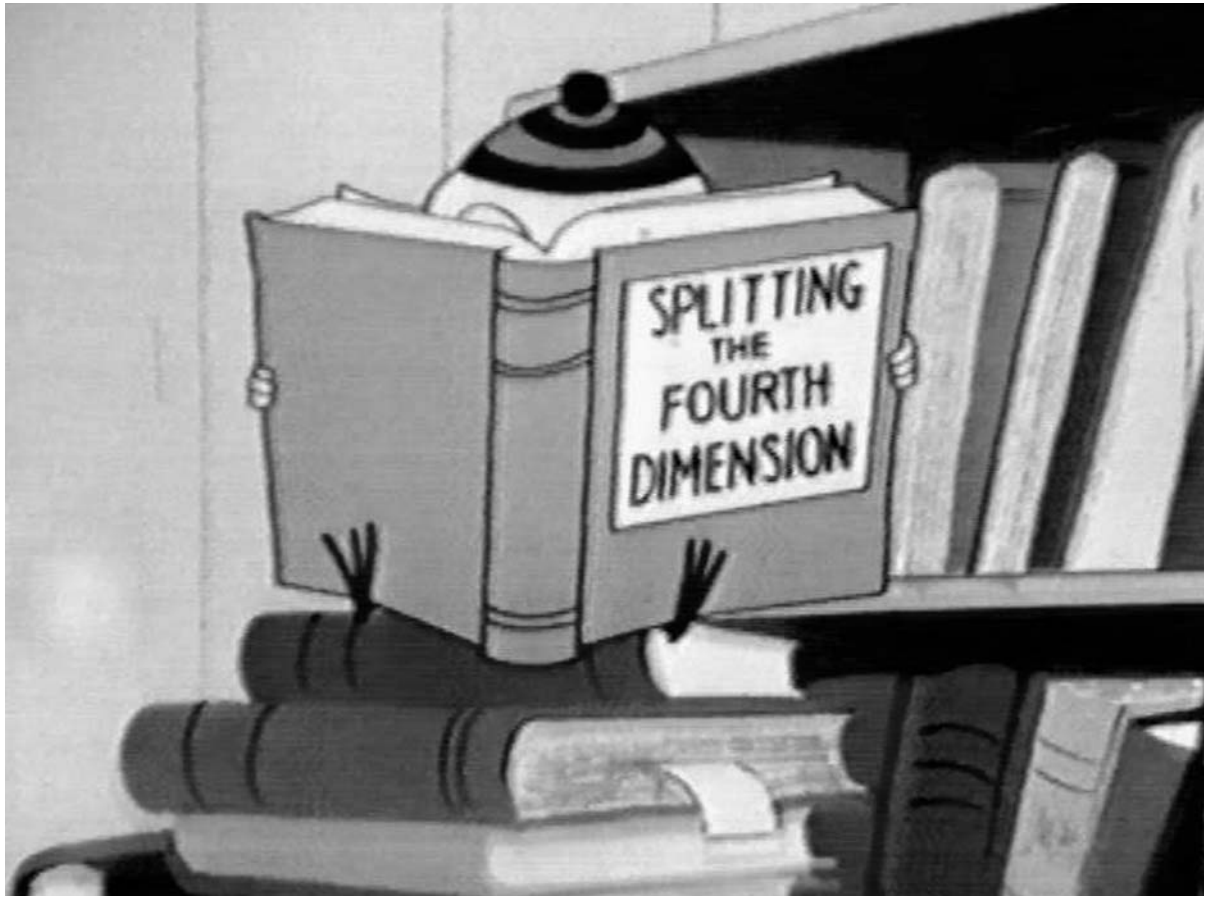
Највеће оптичко сочиво има пречник 1,827 m. Направио га је јануара 2000. тим предвођен Томасом Пеком (Thomas Peck) са Универзитета у Таксону, у Аризони, САД. Сочиво је направљено као тест за секундарно огледало 6,5 метарског телескопа на планини Моунт Хопкинс такође у Аризони. Треба напоменути да је велика а квалитетна рефракциона сочива изузетно тешко направити, јер напрезање стакла услед саме његове тежине постаје превелико. Зато се све веће опсерваторије одавно опремају рефлекторским сочивима која се могу направити већим (али и ту постоји практична граница на око 5 м).

Највећи телескоп су заправо два идентична телескопа Кек са пречником од 10 m. Смештени су на 4200 метара високом угашеном вулкану Мауна Кеа на Хавајима, где је ваздух због морског окружења кристално чист, без прашине, и са врло ретким облачним данима. Кек I је почео са радом 1993. а Кек II 1996. Пошто се не може направити јединствено телескопско огледало пречника преко 5 m, ови телескопи су изграђени на модуларном принципу, од 36 мањих идентичних хексагоналних огледала чији се положаји прецизно контролишу помоћу компјутера и тако формирају јединствено параболично огледало.

Најсмрдљивијим једињењима се сматрају етил-марцепан (C_2H_5SH) и бутил селено марцепан (C_4H_9SeH), међу свих 17000 мириса класификованих до данас. Први је вештачки синтетисан, док је други нађен у супстанци коју лучи твор. Оба подсећају на комбинацију смрада покварених јаја, купуса, црног лука, белог лука, загорелог хлеба и канализационог смрада. Смрад етил марцепана се може осетити и при врло малим концентрацијама и зато се управо ово једињење додаје пропану који се користи у домаћинствима, који је иначе без мириса, како би се осетио карактеристичан мирис покварених јаја у случају цурења гаса.

Рекорде припремио:
Новица Пауновић

Знате ли како физичари гледају цртане филмове?



Закони физике цртаних филмова

Закон 1
Свако тело остављено без ослонца у простору остаје у простору све док не постане свесно своје ситуације.

Закон 2 (1. Њутнов закон физике цртаних филмова)
Свако тело које се налази у стању кретања остаје у том стању док на њега не делује чврста препрека.

Закон 3
Свако тело приликом проласка кроз чврсту препреку оставља отвор на њој који тачно одговара силуети тог тела.

Закон 4
Време пада неког тела са врха зграде је веће или једнако времену потребном да се особа која је избацила то тело стрчи до приземља зграде и покуша да ухвати избачено тело.

Закон 5
На тело под дејством страха не делују принципи гравитације.

Закон 6
Свако тело повећањем своје брзине изнад критичне стиче могућност да егзистира на више места истовремно.

Закон 7
Неке особе ("добре") су у стању да пролазе кроз зидове на којима су оцртана врата или улази у тунел, док друге ("лоше") то нису.

Закон 8
Насилна промена облика било ког дела мачјег тела не може бити стална.

Закон 9 (3. Њутнов закон физике цртаних филмова)
Свака осветa изазива исту или већу количину поновне осветe (у супротном смеру).

Закон 10
Сва тела под дејством гравитације падају брже од наковња.

Како "раде" цртани филмови

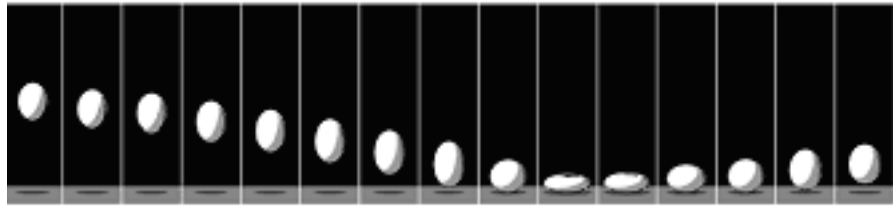
Пише: *Предраг Миленовић*

Вероватно сте се безброј пута запитали како "раде" цртани филмови и како је уопште могуће да нацртане објекте и карактере видимо "у покрету"!? Оно што сте се вероватно ређе запитали јесте каква је улога физике у креирању, како цртаних, тако и компјутерски анимираних филмова? Одговоре на оба питања покушали смо да вам, као увод у тему МФ-а, укратко представимо у овом тексту.

Визуелна перцепција и илузија покрета

Кључни моменат у разумевању феномена визуелне перцепције јесте прихватање чињенице да људско око не треба посматрати као једноставан физички систем: оптички објекат + фото-детектор (жута мрља људског ока) или неку врсту природне видео камере која континуирано прослеђује детектовани "видео" сигнал ка људском мозгу. Уместо тога, људско око представља комплексан физички систем детектора покрета и детектора детаља уз чију помоћ се, у комбинацији са људским мозгом и нашим визуелним искуством, формира визуелни доживљај света око нас. При томе, по теорији перзистенције вида, у току процеса визуелне перцепције, и људски мозак и жута мрља људског ока задржавају тренутно визуелизовану слику ради обраде у периоду од неколико десетина милисекунди. Из овог разлога приликом скуцесивног приказивања низа "покретних" слика постоји гранична фреквенција након које људски мозак више не региструје дискертан низ променљивих слика, већ се ствара илузија континуираног кретања.

Управо на овом ефекту илузије се базира рад телевизије, компјутерских монитора и биоскопа, па самим тим и приказивање цртаних (као и играних) филмова. Приказ неког филма се изводи тако што се сваки од кадрова приказује на екрану у кратком периоду времена (стандардно 24 или 30 пута у секунди, у зависности од система националне телевизије - PAL или SECAM, респективно) да би одмах након тога био замењен наредним кадровима, у тачно одређеном ре-



Слика 1. Сукцесивно приказивање ових кадрова ствара илузију кретања гумене лопте

доследу. Искуства из раних дана развоја филма показала су да при фреквенцијама мањим од 16 промена слика у секунди људски мозак почиње да разликује појединачне кадрове и да, заправо, види треперење слике.

У случају цртаних филмова, кретање и акције карактера се најчешће цртају "на паровима", односно један цртеж на свака два кадра. Иако је оваква учестаност промене цртежа на изглед врло ниска, она је сасвим довољна да обезбеди привид континуираних покрета цртаних карактера у већини случајева од интереса. Међутим, ако је неопходно да неки карактер изврши неке брзе покрете - ипак се приступа цртању карактера "на сингловима", тј. један цртеж - један кадар. Комбинацијом ове две технике обезбеђује се континираност покрета карактера и њихових акција (за наше око и мозак), а смањују време и трошкови производње цртаних филмова.

Физика у креирању цртаних и компјутерски анимираних филмова

За разлику од играних филмова и представа, креатори цртаних филмова не морају да брину о проблемима практичне продукције својих дела. Све што они, у принципу, могу да замисле, то може без проблема и да се реализује у цртаном филму. Тако је једна од најзанимљивијих чињеница везаних за цртане филмове да, заправо, начин њихове анимације дозвољава креаторима потпуну слободу игнорисања и произвољног преправљања закона физике реалног света на један духовит и интересантан начин.

Оно што је можда још интересантније јесте да су, користећи ову могућност, Warner Brothers и MGM Studios, током стварања цртаних филмова раних 50-тих година двадесетог века, развили један конзистентан сет физичких закона данас познат као "Закони физике у простору цртаних филмова". Чињеница да карактери у овако креираном свету могу да на комичан начин прокосе законима физике наше реалности, дала је нови шарм и духовитост овим цртаним филмовима и најзаслужнија је за њихов велики успех и популарност.

С обзиром да се цртани филм може састојати и од више десетина хиљада кадрова и да је сваки кадар потребно руком нацртати, њихова продукција представља врло напоран и временски захтеван посао. На срећу, развој компјутерских анимација значајно је убрзао овај процес.

Из овог разлога, у оквиру цртаних филмова, данас можемо посебно издвојити категорију компјутерски анимираних филмова. У овом случају се, уместо руком, уз помоћ

"Наш поглед на свет, Стварност, је само један, погодан израз могуће сложености света око нас. Ако је могуће направити систем који ће довољно верно симулирати ову сложеност и бити у могућности да прикаже свет који је верна копија наше физичке реалности, онда је могуће направити корак и другом смеру и истим системом створити нешто што публика зна да не постоји, нешто комично, фантастично, као у цртаном филму, али створити га тако да изгледа апсолутно верно у једном новом свету неке имагинарне физичке реалности."

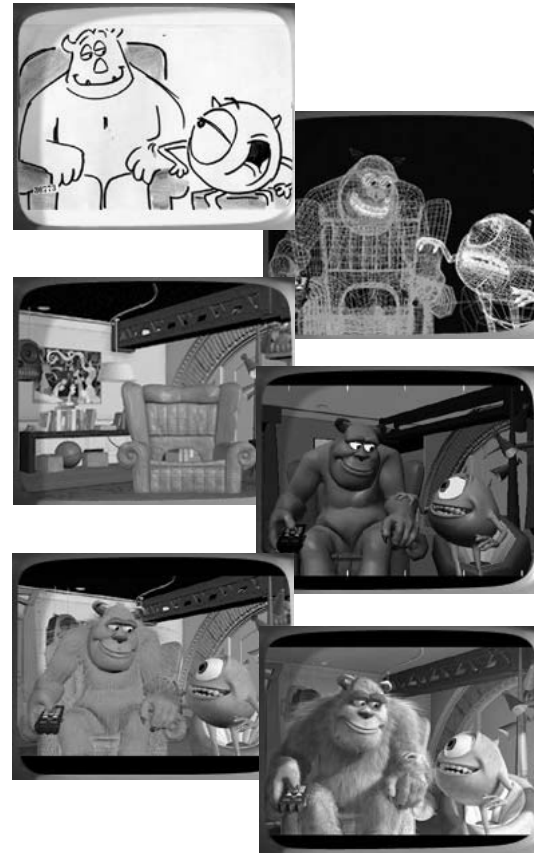
Дејвид Бараф, аниматор у Пиксар студију

"Публику не интересује заиста да ли ће нешто учинити Њутна срећним, све док су интерна логика и закони физике цртаних филмова конзистентни."
Џон Рајтфилд

одговарајућег софтвера, на рачунару креирају и анимирају тродимензионални модели свих објеката и карактера цртаног филма. Да би читав свет овако креираног цртаног филма изгледао што верније, софтвер за анимацију мора да обезбеди да се симулирана кретања свих анимираних тела, као и њихове интеракције, одвијају по реалним физичким законима.

Савремени софтвер има могућност да прецизно и до детаља симулира како једноставне физичке проблеме: кретање тела под дејством различитих сила (гравитациона сила, сила трења, електромагнетна сила, инерцијална сила) и међусобне интеракције различитих објеката, тако и комплексне проблеме кретања система више објеката: кретање река, таласа мора или океана, атмосферске појаве, па чак и кретање и "таласање" крзна или косе главних цртаних јунака. Најинтересантнији пример, вероватно, представља главни јунак анимираног филма “Monsters Inc.” и његово дигитално крзно које су креатори, да би добили на верности анимације, моделирали са 3.2 милиона(!!!) појединачних власи симулирајући кретање сваке од власи независно! Колики је степен комплексности ових симулација може се видети из чињенице да свакој секунди трајања анимираног филма типично одговара око 20 минута софтверске симулације сцена тог филма!

Међутим, креирањем оваквих цртаних филмова, који су у складу са законима физике, наизглед се бесповратно губи стари шарм света цртаних филмова. Гледајући анимиране филмове последњих година, уочава се да њихови аутори све више поштују законе физике и управо на њима заснивају своје маштовите креације.



Од идеје... до кадра

Десет Софронијевих заповести
(или језик савремене физике)

Пише: *Марко Војиновић*[1]

Уплашен да ће се смрзнути током зиме која наилази, Певац Софроније решава да презими код удовице Коке, која има лепу и топлу кућицу. Одлази код ње, и уз речи "Потребни сте ми, Госпо, Ваша љубав треба да ме греје!", пита је да се уда за њега. Она, међутим, неће да се уда све док Софроније не покаже да може да буде добар отац њеном сину, малом Јуниору. Софроније се са задовољством прихвата тог задатка, уз коментар "Нема проблема, ја сам рођени тата!"… Малиша за то време седи у другој соби на гомили дебелих књига и чита једну исто тако дебелу, са насловом "Пробијање пете димензије". Софроније га зове да дође, и уз мали коментар "Је ли то дечко?!" изводи га у двориште да се играју…

Овако почиње један од најлегендарнијих цртаних филмова о Певцу Софронију, који је међу физичарима постао толико значајан и цитиран да га једна ужа група назива Цртаћ, са великим словом, јер се ни на који начин не може смислено помешати са осталим цртаћима. У наставку ћемо покушати да дочарамо разлог због кога је овај конкретан цртаћ постао Цртаћ.

Заповести

Чим су изашли у двориште, Софроније схвата да малиша не зна шта је то бејзбол. Промрмљавши за себе да "нешто није у реду - овај, нешто није у реду са дечком који не игра бејзбол", даје му палицу, одлази на други крај дворишта и баца лопту уз речи "У реду, момак, натерај ми лопту право у грло! У грло!". У следећем тренутку лопта се великом брзином враћа и улеће му кроз кљун право у грло. Софроније тада изговара своју Прву Заповест:

"Знаш, овај, знаш, за ово сам сам крив."

Потпуно природно, сваки новопечени студент физике у једном тренутку изговори, или бар помисли, ову Заповест. Ретки су они који упишу другу годину студија а да нису схватили смисао ове Заповести, а може се поуздано сматрати да се дословце никада није догодило да неко упише четврту годину студија без да изговори ово бар три пута. Ова Заповест на пророчки начин говори шта очекује сваког ко науми да се озбиљно бави физиком, и веома се често цитира у круговима свих озбиљних физичара.

Поучен овим искуством, Софроније даје малиши да баца лопту, а он узима палицу, објашњавајући Јуниору да је палица још

[1]Редакција Младог физичара се захваљује колегама из Филмске Редакције Радио Телевизије Србије на помоћи током припреме материјала за овај текст.

увек мало тешка за њега. И док Софронијe са другог краја дворишта виче "Да видимо да ли можеш да добациш толико! Дај мало, забибери ударац!", малиша најпре сипа мало бибера на лопту, а затим узима папир и оловку и обрачунава оптималну путању лопте тако да петао нема довољно времена да обиђе све четири базе под претпоставком да успе да удари лопту из првог покушаја. И док се Софронијe припрема да дочека лопту, Јуниор је баца тако да лопта буквално пробуши не само палицу коју овај држи, него и цео дрворед који се налази иза њих. Видевши шта се догодило, Софронијe изговара своју Другу Заповест:

"Нешто се овде збива што ја не-ра-зумем..."

Ова Заповест се користи веома много у две ситуације: код експерименталних физичара - када им није јасно зашто се апаратура не понаша онако како очекују, и код теоријских физичара - кад упоређују резултате својих израчунавања. Што више искуства физичар има, то ће се чешће позивати на ову Заповест, јер се бави све компликованијим проблемима. Наравно, она има свој значај и у осталим наукама и делатностима. На пример, програмери не могу без ње.

Чим је Софронијe то рекао, малиша му доноси папир на коме је све израчунао, а Софронијe га окреће са свих страна покушавајући да га прочита, и мудро изговара своју Трећу Заповест:

"Овај, изгледа да - разумем!?!..."

Наравно, кад неки клинац ушета у лабораторију и укључи апаратуру у струју, или кад ноншалантно баци поглед на папир и заокружи место на коме се једначине разликују, сваки физичар који држи до себе обавезно се сети ове Заповести. Дакле, она се малтене увек користи у комбинацији са претходном. Мада, у програмирању се готово никад не јавља потреба за њом.

Схватајући да бацање лопте за бејзбол није баш безбедно кад је у питању Јуниор, Софронију пада на памет идеја да га научи да прави и баца папирне авионе. Узима два папира, од једног прави авион и баца га, гледајући како лети. Затим се окрене према Јуниору и изненади се кад види да овај прави авион некако другачије. У једном даху изговара Четврту и Пету Заповест:

Још неке Софронијеве Мудрости

1. Двапут ништа је ништа! Математика је јасна!
2. Овај дечко је више збуњен од два лудака у бурету.
3. Замало да направим гег, хоћу рећи штос, сине…
4. Грешиш, овај, грешиш силно, сине!
5. Ја знам, овај, ја знам шта ћеш рећи.
6. Овај, мислим, па, овај, па ја сам сада мајка!
7. Неки морају све време да блебећу, али ја јок!
8. Сине Небојша!!!
9. То је фер и престани да дискутујеш па ћеш видети да сам ја у праву.

Десет Софронијевих Заповести у аудио формату можете наћи на сајту нашег листа http://mf.dfs.org.yu

"Ма не, не, не, не, не, дечко!"

Ова Заповест је незаменљива у усменим дискусијама међу физичарима. Без обзира на пол и године саговорника, користи се како на конференцијама, семинарима и предавањима, тако и у неформалним дискусијама у учионици, пекари, а понекад и у кревету.

"Тако се не праве аероплани! Тај ти никада неће по...летети??!"

Наравно, ова Заповест се метафорично користи у свим ситуацијама када се у нешто сумња. Сумња и критичност су незаобилазни у сваком истраживању у физици, и када ове Заповести не би било, физичарима би било много теже да подсећају једни друге на то да увек треба бити критичан према начину на који човек покушава себи да објасни природу. Наравно, као што нам Софроније и Јуниор мудро демонстрирају, онај коме се упућују ове саветодавне речи обично је у праву.

Док изговара реч "по…летети", пред Софронијевим кључуном авион узлеће као муња, сустиже његов авион, пуца, обара га на земљу, маневрише натраг и слеће испред клинца и запрепашћеног петла. И док Софроније гледа како је направљен тај авион, малиша стане да записује нешто на папир, не би ли му објаснио важне детаље конструкције и аеродинамике авиона. Софроније, међутим, сећајући се своје прве три Заповести, промишљено изговара Шесту Заповест:

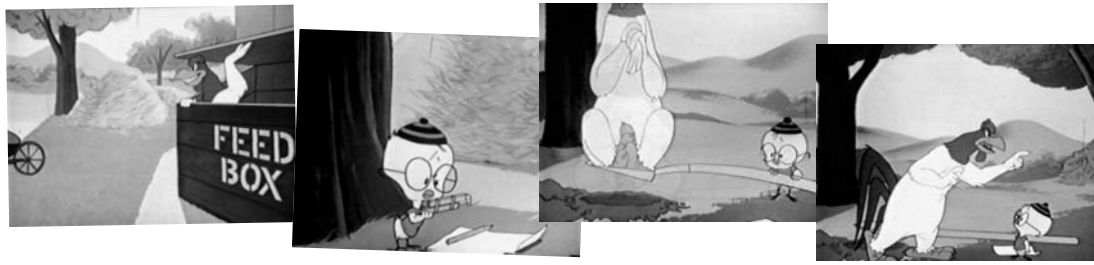
"Оставимо то, Ајнштајне, и онако ја то не бих разумео."

Када се сретну физичари различитих ужих струка, углавном се у дискусијама може чути ова Заповест. Ајнштајново име је у њој цитирано да би му се тиме одала почаст, јер он и данас држи светски рекорд по броју људи који су му је упућивали.

Разочаран својом идејом о авионима, Софроније решава да се са малишом игра жмурке. Поставља га да жмури код дрвета, на прстима одлази до једног сандука, сакрива се унутра и самоуверено изговара своју Седму Заповест:

"Хе, хе, дечку би био потребан шибер да ме овде пронађе."

Око интерпретације ове Заповести и данас постоје опречни ставови међу физичарима. Неки тврде да је треба користити када треба дати оцену нечије способности рачунања, док други мисле да је намењена



ситуацијама у којима се коментарише број и тип проблема које физичар уопште може да реши без помагала. Трећи су, пак, убеђени да она говори о неопходности коришћења свих расположивих алатки за рачунање, почев од абакуса па све до умрежених ресурса Интернета. Вероватно су сва три става тачна.

Јуниор завршава бројање, окреће се око себе, затим узима шибер и на папиру израчунава координате на којима вероватноћа налажења петла има максимум, узимајући у обзир квантномеханички тунел-ефекат. Затим узима ашов и одлази у потпуно супротном правцу од сандука. И док се Софронијe смешка у себи како је надмудрио клинца, овај долази на израчунато место, ашовом начне рупу у земљи и из ње извуче збланутог петла. "Мамамамама, дечко, ја сам овде! Сандук!", каже Софронијe, покушавајући да убеди Јуниора и себе да се он заправо не налази ту где је, и потпуно збуњено изговара чувену Осму Заповест:

"*Али, то је немогуће!*"

Ово је веома једноставна Заповест која на концизан и свеобухватан начин описује мишљење физичара који је изговара када му се предочи неки нови феномен, било у природи, експерименталан, било у предвиђањима теорије. У оба случаја углавном није у праву, као што нам Софронијe и наговештава. Ипак, постоје и ситуације када физичар са правом и прекором изговара ову Заповест, на пример када неки проналазач дође да му се похвали како је направио мотор који врши рад без утрошка било какве енергије.

Малиша му на то ћутке показује израчунавање максимума вероватноће, и Софронијe на то побеђено изговара веома важну, Девету Заповест:

"*Добро, добро, знам, цифре не лажу.*"

Када дискусија међу физичарима досегне ниво у коме се посеже чак за нумеричким вредностима, односно конкретним бројевима (што је иначе заправо веома ретко, нарочито међу теоретичарима), ова Заповест обично разрешава малтене сваку дилему и опречност у ставовима, и омогућава да се ефективно пресуди у корист једне стране. Иако се ретко користи, понекад је незаменљива, и због тога је изузетно значајна. Она страшно уме физичарима да уштеди време, јер често и не започињу расправе о неким

темама, просто зато што знају да ова Заповест постоји и да би помоћу ње после коначног времена дошли до тачног одговора на питање, па не желе да губе време на то. Математичари овакве ситуације обично карактеришу речима "решење постоји".

Софронije, међутим, и даље немоћан да се навикне на идеју да га је Јуниор пронашао, уз веома често цитирани коментар "Али ипак…" (који неки сматрају за још једну од Заповести), одлази до сандука у који се био сакрио. Савлађујући искушење да га отвори, он тада изговара НАЈВАЖНИЈУ, СУШТИНСКУ, УЛТРА КЉУЧНУ - ДЕСЕТУ ЗАПОВЕСТ:

"БОЉЕ ДА НЕ ГЛЕДАМ, МОЖДА И ЈЕСАМ ТАМО."

Сваки физичар током целог свог живота сваки пут изнова проналази нову и све већу дубину ових речи. Коначна интерпретација ове Заповести или још није досегнута, или не постоји, што је и чини најзначајнијом. Може се применити малтене увек, у свакој ситуацији и сваком тренутку, са стопостотним успехом. Са првом озбиљном интерпретацијом ове Заповести физичари се сретну током студија, када положе курс квантне механике (у току треће односно четврте године студија или никад, како ко), а затим све чешће, у све различитијим ситуацијама препознају њен смисао и долазе до нових интерпретација. Засад се зна да овај процес траје цео живот, и да је иреверзибилан.

Пошто је успешно демонстрирао своје знање физике, Јуниор одлази да се поигра са својом новом играчком, "Млади Хемичар", коју му је мајка купила, и на чијој кутији пише "безопасно". И таман док је сипао нешто у епрувету, Софронije долази да види чиме се то малиша занима. Узима му епрувету из руке, и уз коментар "Личи ми на оранжаду" почиње неодговорно да је мућка. Затим дода "Пази, пази, па то шишти!", не схватајући шта се догађа. У следећем тренутку се дешава једно велико БУУУМ, и кад се слегла прашина, Софронije је остао потпуно очерупан, без и једног пера на себи…

У последњој сцени Цртаћа, Софронije враћа коки малог Јуниора, и каже јој да погодба отпада. Када га она пита "Али, зар не желите да Вас греје моја љубав?", Софронije, потпуно прекривен завојима, одлазећи одговара:

- Мадам, не треба ми ваша љубав. Имам, овај, имам завоје који ће да ме греју...

Епилог

На крају, шта рећи? Сигурно је то да је Цртаћ једна од најзначајнијих и најцитиранијих ствари у животу сваког физичара. Чак и после пола века постојања (и то тачно пола века - Цртаћ је снимљен 1954. године), он не престаје да плени својом дубином, и мудре изреке и Заповести које се у њему износе су и дан данас неопходне сваком физичару, како у комуникацији са колегама, тако и као идеје водиље које му помажу да оформи правилан став према Физици, Животу, Универзуму и Свему Осталом...

Како је једанпут неко приметио, "Па наравно, на тим стварима се одраста!!!"

КЕЛВИН И ХОБС

“Млади физичар” и његов тигар

Пише: *Слободан Бубњевић*

Стрип “Келвин и Хобс” аутора Била Вотерсона је препоручљива лектира за сваког младог физичара. Један од истинских класика девете уметности са једноставним, али сугестивним стрипским језиком. Уз аутентичан, интелигентан хумор, “Келвин и Хобс” се међу многим другим темама, бави и физиком.

Седмогодишњи дечак - разбарушене плаве косе, у црвеној мајици са црним штрафтама и ролерима на ногама - прилази својој мајци док она залива цвеће. "Хеј мама, да ли си знала да се гравитација у отвореном свемиру понаша као да је космос мека, равна површина? То је истина", самоуверено каже дечак. "Тешка материја, као што су планете, закривљује простор и када у близини прође нешто попут светлости, биће скренуто у закривљење које је планета начинила у простору. Светлост је тако, у ствари, скренула привучена гравитацијом. Запањујуће, зар не?". Дечак шири руке док говори, а мајка га збуњено посматра. Потом, дечак почиње брижљиво да намешта своје ролере и уз то, сасвим нехајно додаје: "И, када већ причамо о гравитацији, испустио сам чашу лимунаде на кухињски под, када су моји ролери нагло скренули"... Дечак се зове Келвин и добро је познат свим иоле упућенијим љубитељима стрипа. Он је главни јунак антологијске серије стрипова "Келвин и Хобс" (Calvin i Hobbes), аутора Била Вотерсона (Bill Watterson, p. 1958), који је одавно стекао место међу класицима стрипске уметности.

(Не)обичан дечак

"Келвин и Хобс" има широм света на милионе искрених љубитеља свих узраста и по томе је налик на широко распрострањене стрипове какви су култно остварење Хуга Прата "Корто Малтезе" или популарни стрип серијал "Алан Форд". Дечак Келвин, главни јунак Вотерсоновог стрипа, има само седам година, али је овај стрип очигледно прављен за знатно старију публику, што због оригиналног хумора, али и

озбиљних тема којима се бави. Наизглед сасвим обичан дечак, Келвин је несташан и увек спреман за гледање цртаних филмова или неку од својих авантура. Са презиром се односи према школи, а само девојчице мрзи више од домаћих задатака. Међутим, он је изразито радознао, критичан и одлично обавештен о стварима које су непознате многим одраслим особама, тако да се од њега може сазнати свашта неочекивано. Неке Келвинове особине су у најмању руку необичне, бар за дечака од седам година. Тако Келвин прављење Снешка Белића доживљава као концептуалну уметност, када погреши у рачуну сматра да је то његово право загарантовано Уставом, а своју наставницу види као ванземаљца.

20 година свежих идеја

Прву епизоду стрипа "Келвин и Хобс", Бил Вотерсон објавио је 18. новембра 1985. године. Наредних 20 година, Вотерсон је неуморно цртао и у многим америчким листовима свакодневно објављивао нове догодовштине Келвина и његовог плишаног тигра. Са увек свежим идејама и савршено јасним стрипским изразом, стрип-мајстор Вотерсон је сматрао да "Келвин и Хобс" припада искључиво свету стрипа, тако да никада није продао права великим филмским компанијама које су више пута желеле да направе цртани филм о Келвину и Хобсу. Последњи каиш овог стрипа Вотерсон је нацртао 31. децембра 1995. године. Од тада је, заједно са својом супругом Мелисом, ишчезао из јавности и сада живи на непознатој адреси. Нове епизоде Келвина и Хобса се више не цртају, али се огромна количина нацртаног материјала и даље објављује, штампа и приказује на интернету. Од недавно су многе табле "Келвина и Хобса" преведене и на српски језик, а укоричене свеске "Ово је чаробан свет", "Благо је свуда" и "Шта се то шуња под креветом?" могу се пронаћи у свим нашим боље снабдевеним књижарама.

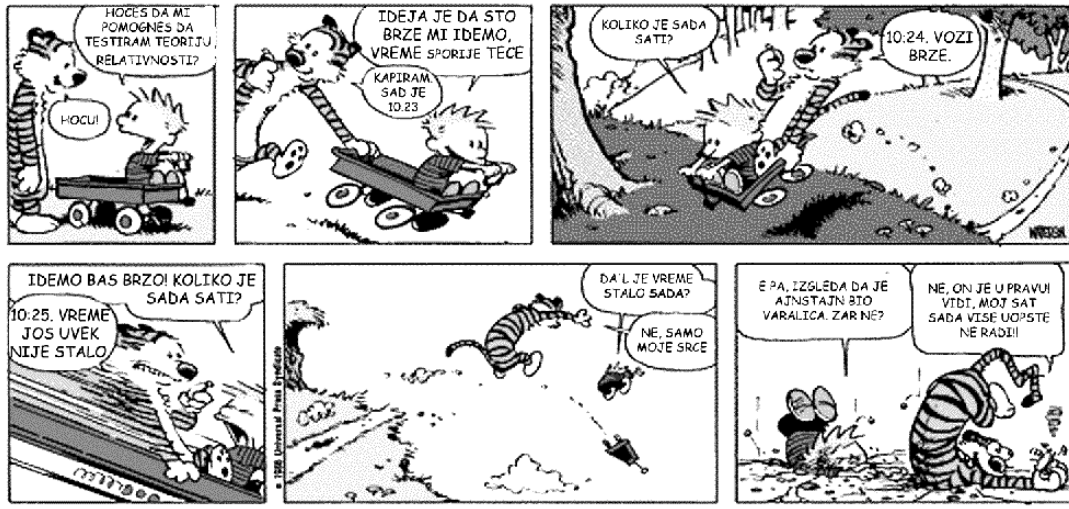
Плишани тигар

Келвинов најбољи пријатељ је плишани тигар Хобс. За све друге ликове у стрипу Хобс је обичан лутан, али је за Келвина он прави правцати тигар са којим се може играти, гледати телевизија и разговарати. Хобс је нацртан као играчка од плиша на свим сличицама у којим се појављују Келвинови родитељи, учитељица или другари из школе, док је на сличицама са самим Келвином Хобс увек представљен као тигар који је жив. Хобс, иако очигледно лик из Келвинове маште, има сопствене ставове и често је

врло критичан према манама свог друга. Хобс дели све Келвинове страсти и пороке (као што су стрипови, топла чоколада или грудвање девојчица из заседе), али је за разлику од Келвина, обично хладнији и прибранији. Хобс учествује не само у свим Келвиновим несташлуцима и експериментима, већ му повремено помаже и у изради домаћих задатака. Хобс је као и Келвин, сујетна и компликована личност, па за обичне проблеме увек налази најсложенија могућа решења. Ако заједно решавају тривијалне школске задатке из аритметике, као што је "9+4=?", Хобс ће у рачуну сигурно употребити Питагорину теорему или комплексне бројеве. Када га Келвин упита како зна све то градиво, а никада није ишао у школу, Хобс одговара: "Инстинкт. Ми тигрови смо рођени са тим!".

Машта

Келвинов свет је простор у коме истински влада машта. Сва друга правила су укинута, а Келвин није спутан било каквим ограничењима. Он је у непрекидном рату са системом који га окружује, иако има само седам година. У једном каишу стрипа, Келвин се затиче како седи на плафону. Зачуђен, он покушава да скочи на под, али потом пада назад на плафон. Пошто се сви други предмети, осим њега, и даље налазе на својим уобичајеним местима, Келвин закључује да је његова лична гравитација променила поларитет. Али, Келвин није претерано збуњен - он чак и ову ситуацију користи да на свој оригинални начин критикује образовни систем. "Човек би помислио да се оваква ствар учи на часовима Познавања природе, али не, ми учимо о тамо неким облацима цирусима", гунђајући каже док шета плафоном. Као и други дечаци његових година, Келвин се плаши мрака и чудовишта која замишља под креветом, али се, крајње неуобичајено, највише на свету боји очевог бицикла (читаоци овог стрипа ће рећи да је то са разлогом - бицикл га напада и прогони сваки пут када му отац окрене леђа). Због



свих ових необичних особина, Келвин је, уз свог тигра Хобса, стекао симпатије толиког броја читалаца.

Млади физичар

Када се погледају сва оригинална Келвинова размишљања, намеће се једно очигледно питање. Да ли ће, када порасте, Келвин постати физичар? Многе његове шашаве особине иду у прилог овој могућности, а неке епизоде стрипа посебно наговештавају да ће се Келвин једног дана бавити научним радом. Међутим, никако се не може рећи да је "Келвин и Хобс" стрип о дечаку који је предодређен само за једно занимање, па било оно и занимање физичара. Као и сам Келвин, каишеви и табле "Келвина и Хобса" мало чим су ограничене - стрипови о Келвину и Хобсу баве се подједнако физиком колико и другим наукама, али и питањем образовања, уметношћу, етиком, религијом, људском природом и егзистенцијом, екологијом, ратом, људским друштвом, телевизијом и многим другим темама. Зато је тешко закључити да је Келвин искључиво млади физичар, који ће једног дана израсти у физичара истраживача. Највероватније, заправо, да дечак као што је Келвин никада неће одрасти (мада је то одлика и многих физичара). Како било, сви Келвинови вршњаци, као и знатно старији дечаци од њега, морали би што пре да се упознају са Келвином, а посебно ако се већ осећају као млади физичари и стога, читају истоимени лист. Од Келвина могу сазнати свашта о многим темама, па тако и о физици. Уз то, нема никакве сумње да ће им друштво Келвина и Хобса бити изузетно забавно.

Бен и Ја

Пише: *Владимир Јовановић*

Име ми је Амос и ја сам, ни мање ни више, него црквени миш! Моја прича, упркос томе што је донекле измишљена, истинито сведочи о времену у коме су стварана чудесна дела, која су заувек изменила свет. Пресудну улогу у томе, одиграо је мој најбољи пријатељ, чувени научник Бенџамин Френклин.

Све је почело давно, у првој половини осамнаестог века, око 1730. године. Моја двадесетшесточлана породица била је на ивици глади, па сам морао да нађем посао да бих је прехранио. На неколико места нису хтели да ме приме, па сам на крају добио посао у трошној штампарији. Нисам ни сањао да ће запошљавање у штампарији бити пресудно за мој живот. Власник штампарије био је Бенџамин Френклин и убрзо смо нас двојица постали нераздвојни пријатељи. Бен је рођен 1706. године у Бостону, па одмах упада у очи да смо вршњаци. Исто као и ја, имао је много браће и сестара. Био је млађи од њих деветоро, а старији само од седморо. Бен је имао искуства у вођењу штампарије.

Прича миша Амоса

Дизнијев цртани филм "Бен и ја" своју премијеру доживео је давне 1953. године. Направљен је по истоименој дечијој књизи Роберта Лосона. То је прича о Бенџамину Френклину виђена очима црквеног миша Амоса, који води славну личност америчке историје до успеха и високог места у друштву.

Његов отац хтео је да га школује за свештеника. Постати свештеник није било лако, јер су за то биле потребне године учења. Због имовинске ситуације, мој пријатељ се школовао само годину дана. Видевши да воли књиге и оно што у њима пише, отац га запошљава као шегрта у штампарији у којој је радио његов брат Џејмс. Тада је Бен имао само дванаест година. Код брата је радио у тешким условима, због чега је пет година касније решио да побегне. У Њујорку није успео да нађе посао, па одлази у Филаделфију бродом, и наставља са старим занимањем, штампањем. У то време ја сам му покуцао на врата и затражио посао.

Бенови и моји проналасци

Бен је много волео да чита. То је управо је-

Плакат за цртани филм "Бен и ја"

дан од разлога због кога су настала два наша мања изума. Мислим да не бих био нескроман када бих рекао да су мени пали на памет. Једног зимског дана сам имао слободног времена, па сам свратио до Бена, а он, по свом устаљеном обичају, није ме одмах приметио. Нисам се љутио на њега због тога јер сам ситан, а Бен, када чита, мало шта примећује, па чак и хладноћу која је тада владала у соби. Ватра у камину била је готово угашена, па сам помислио како Бен уопште не брине о себи. Зато је почело да ми се врзма по глави шта треба урадити да би загревање собе било ефикасније. Камин у Беновој соби, као и сви други камини, био је неефикасан, јер је трошио доста дрвета и топлота би углавном одлазила у димњак. Уз то, камин је био опасан јер су варнице из њега могле лако да запале читаву кућу а дим је био неподношљив. Док сам прилазио Бену да бих му обзнанио своје присуство, просто сам се саплео о идеју да би згодно било заложити ватру у металној фуруни, облика буренцета, која би била постављена на сред собе. Метали боље проводе топлоту од других материјала, па би у таквој металној фуруни топлота пламена била боље искоришћена него у узиданом камину, јер би се мање грејао зид а више соба. Тако би загревање собе постало равномерније и била би потребна мања количина дрвета за огрев. Чак би се могло у исто време кувати на њему! (Но, читаоци Младог Физичара добро су се упознали са пећима, шпоретима, фурунама и кувањем у прошлом, 96. броју). Док сам хитао Бену у сусрет и викао да сам дошао на генијалну идеју, схватио сам да тражи своје наочаре за даљину да би ме угледао. У целој тој журби, он је морао још и да скине наочаре за читање, што је додат-

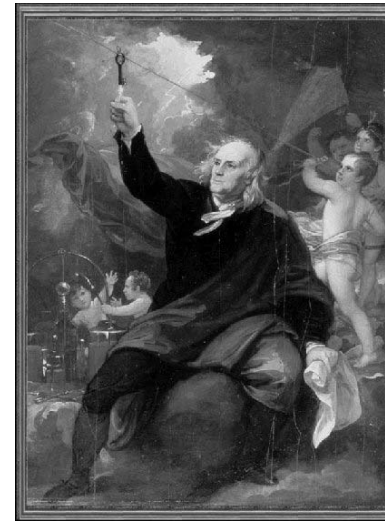
Где је Бенџамин Френклин стигао први?

Бенџамин Френклин је један од пионира америчке науке. Измислио је громобран, бифокалне наочаре, Френклинову пећ, одометар, пераја за пливање и медицински катетер. Један од њему најдражих изума била је стаклена (х)армоника, музички инструмент састављен од низа стаклених цилиндара кроз чију средину пролази осовина која може да ротира. Цилиндри су делимично били потопљени у воду, тако да се ротирањем осовине и прислањањем прстију на ивице стаклених цилиндара добијао звук. Бетовен и Моцарт су неке своје композиције написали управо за овај инструмент. Френклин је често путовао у Енглеску, па је приметио да се много краће путује из Америке до Европе него обратно. Закључио је да је узрок томе Голфска струја и био први човек који је проучавао и мапирао Голфску струју. Бенџамин Френклин је први користио термине: батерија, проводник, кондензатор, позитивно и негативно наелектрисање, наелектрисати, електричар,... Своје изуме, као што су пећ и громобран, није патентирао, јер је желео да користе човечанству. Најважнији његов допринос физици јесте закон одржања наелектрисања (наелектрисање изолованог система не мења се са временом). Бенџамин Френклин није био само изумитељ и научник, већ се бавио и писањем и филозофијом. Био је и зачетник Америчког филозофског друштва, првог Америчког ватрогасног одељења, школе која је касније постала Пенсилванијски универзитет. Уз све то, он се активно борио за независност америчких колонија и један је од петорице потписника Декларације о независности Америке.

но одузимало време. Док је Бен у рукама држао и једне и друге своје наочаре, и за читање и за даљину, незнајући где ће са којима, смислио сам још једну идеју: требало је само пресећи стакло на наочарима по хоризонтали на пола, половине различитих наочара спојити и ставити у један оквир. Тако се добијају бифокалне наочаре, које имају две равни фокуса, са којима би Бен, без промене наочара, брзо могао да подигне поглед на нешто удаљено док чита или слаже слова за штампање. Док је Бен стављао наочаре за даљину ја сам већ био на његовом рамену и објашњавао му нове идеје, које је његов ум готово истог тренутка прихватио са усхићењем. Већ сутрадан, грејали смо се на фуруну поред које сам задовољно грицкао кукуруз и посматрао Бена како чита књигу уз помоћ нових наочара - наш изум, нова метална фуруна, постављена на средини собе, много ме је подсећала на Бена, јер је била дебељушкаста и зрачила је топлотом, што су биле и Бенове особине.

Електрицитет

Био је један период у Беновој и мојој историји када уопште нисам хтео да знам за њега. То је почело једног олујног дана. Позвао ме је да заједно пуштамо змајеве. Нисам могао ни да помислим да ће се све убрзо претворити у један од његових експеримената са електрицитетом. На путу до места на коме су људи обично пуштали змајеве, срели смо многе познанике. Стајао сам у Беновом шеширу и шапутао му имена људи које је сретао (много људи га је знало и није могао свима да се сети имена). Био је тако удубљен у некакво размишљање да просто није видео бандеру испред себе. Тада сам стао да вичем: "Бандера, пази на бандеру!" Он се тек толико тргао из размишљања, да је успео да изусти једино: "Добар дан, господине Бандеро", а затим је дошло до судара. Када смо, упркос малом пеху, стигли на одредиште, облаци су се већ нагомилали и Бен ме је замолио да уђем у један џепић на свиленом змају сашивен само за мене. После мало негодовања, одлучио сам да уђем у џеп. Грмљавина је узимала маха, а ја сам био винут међу облаке, не знајући која је моја улога у том циркусу. За разлику од других змајева, овај је био од свиле, имао дугачку металну шипку на врху и на крају његовог ужета био је свезан кључ. Бен је знао да ће метална шипка послужити да привуче гром. Он се сакрио на суво место јер је део канапа који је држао морао бити сув, како



не би погинуо. Мокар део канапа би спровео електрицитет из грома и наелектрисао кључ. Изненада, гром је ударио у змаја. Ја умало да будем спржен, али Бен није обраћао пажњу - приближио је руку на пар центиметара од кључа и осетио да га је пецнула варница створена између руке и кључа. Тако је показао да гром и облаци садрже електрицитет - баш као што је и претпостављао, али о тој претпоставци ми није никада раније причао. Када сам, потпуно наелектрисан, некако доспео до земље помоћу остатака згромљеног змаја, нисам се ни опростио од Бена, само сам се окренуо и отишао. Био сам бесан, јер ми није наговестио каквој ме опасности излаже.

Био је то крај пријатељства између Бена и мене, бар сам ја тако мислио. Међутим, Бен је тражио, молио да му опростим. Саставио сам списак услова које је морао да потпише да ће испунити да бисмо били квит. Када сам му однео списак, био је на некаквом важном састанку, па ме ја замолио да дођем касније. Рекао сам му да, ако му је пријатељство најважније, мора одмах да прочита списак услова наглас, без обзира на састанак и жучну расправу око њега. Када је, коначно убеђен да нећу устукнути, почео да чита наглас списак, сви на састанку су одушевљено повикали: "Тако је!", "Тако је!" "То је то!", ... Мој списак услова је на тај начин постао чувена Декларација о независности тринаест британских колонија у Америци од Велике Британије, коју је потписао и Бенџамин Френклин на Континенталном конгресу одржаном 4. јула 1776. године у Филаделфији.

Да ли је професор Балтазар физичар?

Пише: *Слободан Бубњевић*

“Бал, Балтазар, Бал, Балтазар,...”

Лик професора Балтазара нацртан је врло једноставно, у неколико потеза оловком: велики бабурасти нос, наочаре на ситним очима, седи увојци косе и браде, црвена машница, црни капутић и плаве панталоне. Наравно, ту је и обли црни

шеширић, као незаобилазан детаљ. Професор Балтазар је вероватно један од најпозитивнијих ликова који су се икада појавили у свету цртаног филма - увек доброћудан и насмејан, он је љубитељ природе и свих живих бића, заштитник нејаких и несрећних, борац за добро и поборник толеранције, мира и љубави. Прослављени научник, али увек скроман, професор Балтазар је на услузи сваком од житеља Балтазар-града, чије проблеме увек решава једноставно и са успехом. Но, једном младом физичару то не може бити довољно. Очигледно је да су Балтазарови изуми и експерименти маштовити и вредни дивљења, али се поставља питање којој научној дисциплини уопште припадају. Да ли је професор Балтазар хемичар, биолог, математичар или пак - физичар? Површно посматрано, епрувете, реторте и друга лабораторијска опрема у његовој кући сугеришу да је Балтазарова наука најближа хемији. Међутим, многе научне лабораторије споља подсећају на оно што је уобичајена представа о изгледу хемијске лабораторије, иако се у њима врше експерименти из сасвим других области. Изглед научне опреме не говори много о предмету истраживања. Но, тешко је уопште установити предмет и област истраживања Балтазарове науке јер није јасно дефинисан ни у једној епизоди цртаног серијала (насупрот томе, Балтазарови истраживачки мотиви, као и примена истраживања, сасвим су јасни, пошто је сврха свих његових оригиналних идеја да учине свет лепим и угодним за живот). Ипак, најбољи начин да се установи којој научној области припадају Балтазарова истраживања је разматрање научног метода који он примењује. О томе нешто говори устаљена форма већине цртаних филмова о Балтазару. Обично се у Балтазар-граду деси неки страшан догађај (сви шешири у граду буду однесени изненадним ветром или пак, настане саобраћајна гужва јер саобраћајац не може истовремено да компонује на својој пиштаљци и регулише саобраћај), чиме је пред професора Балтазара јасно постављен задатак који ће решавати. Потом га видимо како хода од зида до зида у својој соби и са рукама на леђима размишља о проблему. Када најзад до-

Загребачка школа цртаног филма

Серијал цртаних филмова о професору Балтазару је једини аниматорски пројекат са простора бивше Југославије који је постао светски познат. Лик професора Балтазара први пут се појавио још 1967. године у цртаном филму "Изумитељ" аутора Златка Гргића. Заједно са другим аниматорима, Гргић је припадао такозваној Загребачкој школи цртаног филма у чијим су радионицама настали многи филмови запажени и награђивани широм света. Загреб се у некадашњој СФРЈ сматрао центром продукције цртаних филмова, а лик професора Балтазара његовим најуспешнијим производом. Пошто је Гргићев филм "Изумитељ" постигао изузетан успех код публике, снимљен је читав серијал од 59 епизода са Балтазаром као главним ликом. Балтазаров лик познат је свим генерацијама ТВ гледалаца. Иако је серијал цртаних филмова о њему био пре свега намењен деци, Балтазар има много више обожавалаца међу одраслом публиком. Разлог за то лежи у префињеним поетско-филозофским причама, пошто скоро сви цртани филмови о Балтазару носе универзалне и хумане поруке. Данас се у продукцији "Загреб филма" снимају нове епизоде, а Балтазаров лик је постао толико препознатљив да га Министарство науке у Хрватској користи као свој симбол.

бије инспирацију, професор Балтазар узима креду у руке и по табли почиње да исписује математичке једначине. На основу овог рачуна он проналази решење и демонстративним испуштањем капи из епрувете гради уређај који потом на опште чуђење примењује у пракси. Тако разрешава проблем. Када се изузму сви поетични елементи нарације, види се да Балтазар увек прави математички модел који потом проверава реалним експериментом. Такав приступ и метод, упркос томе што је уграђен у један измишљени цртани филм, својствен је искључиво физици која свет описује математичким моделима и увек их подвргава експерименталној провери. Занимљиво да Балтазаров приступ чак није ни емпиријски (он никада не седи под дрветом и само записује појаве које уочава), већ су сва његова открића експериментално проверљиви математички модели, па се може рећи да је Балтазарева наука егзактна, исто као и физика. То што су његови изуми одмах примењиви и што се Балтазар упушта у разматрање тако сложених система као што је нестанак осмеха међу његовим сугрђанима не чини га физичарем мање од његових других колега, физичара из стварности. Последњих година, са развојем социјалне физике или биофизике, област истраживања физичких наука значајно се проширила, па се може очекивати да ће се физичари једног дана позабавити и проблемима које сада професор Балтазар истражује само у цртаним филмовима. Уз све то, настојање да се свет упозна и учини бољим, физичари одувек деле са Балтазаром.

Физика у Симпсоновима (и Симпсонови у физици)

Пише: *Душко Латас*

Симпсонови су најпаметнија серија на телевизији. Они увек имају поруку.
Стивен Хокинг

Симпсонови су, без сумње, најпопуларнија цртана серија свих времена. Приказују се још од 1989. године, а радо их гледају и деца и одрасли. Зато и физачари уживају кад виде познату шпицу која најављује нове догодовштине становника Спрингфилда.

Свако ко је бар једном гледао Симпсонове добро зна да се у Спрингфилду налази

нуклеарна централа. Инспектор задужен за безбедност нуклеарке је Хомер, глава породице Симпсон, која је у свему просечна. Његова жена Марџ је домаћица, Барт и Лиза иду у основну школу, а једногодишња Меги се труди да изговори своју прву реч. И мада то никако не успева, у једној од првих епизода Меги је, играјући се са коцкицама на којима су слова и бројеви, успела да напише чувену Ајнштајнову једначину $E=mc^2$. Али то нико није приметио, а Меги није била нешто одушевљена, па је наставила да се игра растуривши своју претходну креацију.

И остали чланови породице Симпсон долазили су у додир са физиком. У једној епизоди Хомер је чак студирао нуклеарну физику. Када су надлежни инспектори посетили нуклеарку, констатовали су да Хомер није квалификован за посао који обавља. Да не би добио отказ Хомер је кренуо на колеџ. Предавања из нуклеарне физике су му била дуга и досадна, па је време проводио уживајући у благодетима студентског живота. Тако је упознао нове другове. На

крају није могао да положи испит, али је један од његових пријатеља "провалио" у компјутерски систем колеџа и "средио" за Хомера најбољу оцену.

Али, нису сви чланови породице Симпсон тако лоши физичари. У епизоди "Бартова комета" Барт је, као што претпостављате, открио нову комету. Директор основне школе Скинер често је кажњавао Барта. Једном је та казна била врло сурова - Барт је морао да помаже директору Скинеру у претраживању неба. Скинер је био астроном аматер и годинама је проводио ноћи поред свог телескопа у дворишту школе пажљиво и систематски претражујући небо. Бартов задатак је био да записује његова посматрања. На сваком делу неба ка којем је Скинер усмерио телескоп није било ништа, што је Барт записивао у свеску. Међутим, неким чудом, у пет ујутро је зазвонио телефон у директоровој канцеларији, Скинер је отишао да се јави и Барт је остао сам. Случајно је ударио у телескоп који се завртео као точак на рулету, а када се зауставио Барт је погледао кроз њега и угледао је комету. Испоставило се да је то била до тада непозната комета, која је названа Бартова комета. Даље праћење је показало да се Бартова комета креће према Спрингфилду. Научници су констатовали да је за спасавање града неопходно да се комета разбије на ситније делове пре него што уђе у атмосферу. Међутим, ракета која је требало да уништи комету погодила је једини мост који води из града. И кад су сви становници Спрингфилда очекивали судњи час, испоставило се да је комета сагорела у

Скинеров телескоп

Скинер за своја аматерска посматрања користи телескоп чија је основна карактеристика да се прикупљање светлосних зрака и увећање посматраних објеката врши помоћу сочива. Такав тип телескопа назива се рефрактор (поред ових постоји још једна врста телескопа - то су рефлектори, који уместо сочива користе огледало). Пречник сочива његовог телескопа је око 60 mm, што значи да је највеће увећање које може да постигне реда 100 пута. Окулар телескопа је постављен нормално на цев телескопа (светлост се помоћу призме усмерава ка окулару), како би угао посматрања био прикладнији у случају посматрања објеката који су високо на небу. Наравно, у великим опсерваторијама астрономи ретко посматрају директно кроз окулар (мада је то и даље најузбудљивије за њих), јер је људско око ипак непрецизан и ограничен детектор. Уместо ока, на окулару се монтирају компликовани и прецизни детектори, као што је спектрограф. Још једна карактеристика Скинеровог телескопа је да је хоризонтално монтиран, или како се још то каже, има хоризонталну монтажу. То значи да је цев телескопа постављена тако да му оса буде нормална на хоризонт. Сферни координатни систем по којем се усмерава овако постављени телескоп је месни хоризонтски систем, где је положај небеског објекта одређен са две координате, азимутом и висином. Његова мана је што координате објеката нису универзалне, зависе од места посматрања и обе се мењају током ноћи, па при дужем посматрању морате померати телескоп по две осе, како бисте испратили привидно померање небеске сфере услед дневне ротације Земље. *Драгана Илић*

презагађеној атмосфери изнад града и претворила се у безопасни каменчић, који је пао на гаражу Неда Фландерса, одмах уз кућу Симпснових.

Ова епизода настала је 1996. године, свега неколико месеци након што је комета Шумејкер-Леви ударила у површину Јупитера. Тај догађај је изазвао велику пажњу у свету. Био је то највећи судар комете са планетом сунчевог система у новијој историји и вероватно је инспирисао ауторе Симпсонових да направе ову епизоду.

Историја физике и астрономије памти мало случајних открића као што је Бартова комета. Углавном се до великог открића долази дуготрајним и мукотрпним радом. Међутим, до неких значајних проналазака се дошло на сличан начин. Анри Бекерел је сасвим случајно открио радиоактивност. Он је био јако изненађен када је приметио да је филм којег је оставио у орману са хемикалијама осветљен. Испоставило се да је радиоактивни елемент који се налазио у бочици поред филма имао до тада непознату особину да зрачи без икакве побуде. Била је то прва манифестација радиоактивности - појаве која је пресудно утицала не само на физику, већ на читаво друштво двадесетог века.

Неколико епизода након Бартове комете, гледали смо епизоду "Барт против Аустралије" у којој физика није тема, али је покретач радње. Прича почиње тако што Лиза и Барт посматрају како вода отиче у лавабоу. Лиза каже Барту да вода улази у одвод у смеру супротном од казаљке на часовнику, због Кориолисовог ефекта. Барт се не слаже, он сматра да вода иде како јој се прохте. Међутим, кад му Лиза објасни да на јужној хемисфери вода улази у одвод супротно, тј. у смеру казаљке на сату, он одлучује да то провери. Позвао је Аус-

Мислите да сте открили комету...

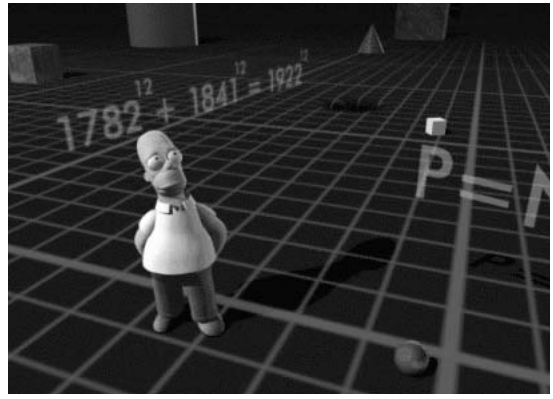
Уколико помислите да сте током истраживања неба угледали нову комету, то откриће треба да пријавите Међународној астрономској унији преко Смитсонове астрофизичке опсерваторије у Кембрицу, Масачусетс, САД, где се налази Централни биро за астрономске телеграме (реч телеграм је остала у називу из историјских разлога јер су раније сва хитна обавештења стизала у виду телеграма), који ће примити вашу обавест. Пре него што Биро објави ваше откриће, оно мора бити потрђено додатним посматрањима. Ако је комета заиста откривена, име ће јој се дати тако да садржи следеће: ваше име, годину открића, велико слово које обележава половину месеца у којем је откривена (слово А за прву половину јануара, слово Б за другу, Ц за прву половину фебруара и тако даље) и редни број који указује која је по реду откривена комета у тој половини месеца. Нека је на пример Барт открио комету 21. јануара 1996. и нека је то трећа комета откривена у тој половини месеца. Та комета би добила име Комета Симпсон 1996 Б3, или краће С/1996 Б3. Име периодичних комета, са периодом мањим од 30 година, почиње словом Р уместо С, испред којег се наводи број пролазака кроз перихел, на пример 1П/1982 У1 је чувена Халејева комета. Уколико сте налетели на неку комету пријавите је Бироу, али ипак, они вас моле да пре него што их позовете, проверите још једном да ли је то заиста комета (детаље можете пронаћи на њиховој интернет адреси http://cfa-www.harward.edu/iau/cbat.html)

Драгана Илић

тралију и направио огроман телефонски рачун... На крају је читава породица отишла у Аустралију да провери зашто је рачун тако велик. Ту су им се догодиле многобројне авантуре, које ћемо сад да изоставимо. Битно је да је Барт у хотелском купатилу приметио да у Аустралији вода заиста отиче у смеру казаљке на сату. Да ли то значи да је Лиза била у праву?

Кориолисов ефекат је неинерцијалана сила која настаје због ротације Земље. Тај ефекат је врло слаб и потребно је извршити прецизна мерења да би се он констатовао. Интензитет Кориолисове силе зависи од географске ширине, а смер силе је различит на јужној и северној хемисфери. Вероватно је зато Лиза тврдила да је отицање воде у Аустралији другачије. Ипак, она није била у праву. Кретање неког тела зависи од укупне силе која на тело делује (та разлика је на јужној и северној хемисфери јако мала) и од начина како је кретање започето. Када вода улази у одвод, онда је овај други услов пресудан. Дакле, у купатилу у кући Симпсонових и у хотелу у Аустралији различити су били почетни услов и то је изазвало разлику у начину отицања воде.

У око 350 полусатних епизода Симпсонових, колико је снимљено до сада, радња се углавном одиграва у Спрингфилду. Као што смо већ видели, у неким епизодама Симпсонови су путовали далеко од своје куће (посетили су све континенте). Највећи путник међу Симпсоновима свакако је Хомер, који је путовао у свемир, али и у тродимензионални свет. Пролаз у трећу димензију у Симпсоновима се налази из ормана. Интересантно је да се у тродимензионалном свету око Хомера појављују многобројне формуле и геометријска тела. Неки изрази су тачни (Ојлерова формула која повезује пет најзначајнијих бројева $e^{i\pi} + 1=0$), али има и нетачних. Једнакост $1782^{12}+1841^{12}=1922^{12}$ није исправна, јер кад би она била тачна,



онда би противречила великој Фермаовој теореми, која каже да се n-ти степен природног броја, када је n>2, не може приказати као збир друга два таква степена природних бројева. Ферма је још у XVII веку тврдио да је ову теорему доказао, али њен доказ није пронађен у његовим списима. Само је на маргини једне књиге записао да је доказ бриљантан, али да нема довољно места да га испише (зато су маргине Младог физичара шире него обично - ако вам падне нека идеја на памет, имате довољно места да је напишете). Дуго времена људи су покушавали да докажу ову теорему или да нађу пример који би је нарушио. Тек пре десетак година, ова теорема је доказана, тако да Хомер у димензији више, није могао да нађе на пример који би је оповргао.

У једној од епизода Симпсонови гледају квиз "Желите ли да постанете милионер". У врућој столици налазио се Мо Сизлак, власник кафића у коме Хомер воли да проводи слободно време. Мо је стигао до 14. питања за 500.000$, а оно гласи: "Која од наведених честица није субатомска?" Понуђени су одговори: протон, електрон, неутрон и бомбон. Након дужег размишљања, Мо је одлучио да позове пријатеља. Питање је било из физике, па је изабрао Хомера. И мада сваки читалац Младог физичара зна да у атомима нема бомбона Хомер није био сасвим сигуран шта је уљез. Ипак, Лиза му је помогла да се присети и тако је Мо Сизлак добио огромну своту новца.

Како је расла популарност Симпсонових, тако се увећавао и број познатих личности које су гостовале у појединим епизодама. Глумци, музичари, политичари, спортисти, звезде свих врста су се појављивале у Спрингфилду. Међу њима нашао се и један физичар - Стивен Хокинг, најпопуларнији савремени научник. Знатно пре Хокинга, у епизоди у којој се Барт уписује у специјалну школу за надарене ученике, појављује се и Алберт Ајнштајн, додуше само на слици у канцеларији директора школе. Та слика је окачена заједно са Бартовом, јер је директор много очекивао од Барта. А он се само потписао на тест интелигенције којег је урадио Мартин Принс, његов друг из одељења. Зато и не чуди што је у лабораторији изазвао експлозију од које је сасвим позеленео. Када је Барт схватио да није геније одлучио је да се врати у обичну школу. Али пре свега требало је да скине зелену боју са свог тела. И док му је помагао да се окупа, Хомер га је тешио речима: "Кладим се да је и Ајнштајн променио много боја пре него што му се упалила лампица." Да ли је то порука младим физичарима о којој је говорио Хокинг?

Футурама

Пише: *Владимир Шамара*

Иако Симпсонови обилују лудостима и научном-фантастиком, Мат Гронинг (Matt Groening), аутор Симпсонових, се тек у Футурами размахао својом бујном маштом. У овој научно-фантастичној цртаној серији све врви од робота, мутаната, ванземаљаца, паралелних универзума и откачених изума.

Радња Футураме се врти око Филипа Фраја, њујоршког разносача пица који грешком упада у криогену комору 31. децембра 1999. године. Коначно га 3000. године одмрзава једноока мутанткиња Лила. Ово својеврсно хиљадугодишње Фрајево путовање у будућност је више медицински него физички проблем. Са физичке стране, основни проблем у замрзавању представља вода која чини највећи део људског организма. Вода се приликом мржњења шири и при том уништава ћелијске мембране, слично као што долази до пуцања стаклене флаше када се напуни водом и остави у замрзивачу да се заледи.

Након одмрзавања Фрај сазнаје да има једног рођака у будућности, чукун-чукун...чукун нећака, професора физике Фарнсфорта и на путу ка њему упознаје откаченог робота Бендера. Да не дужим причу, Фрај, Лила, Бендер и још пар занимљивих ликова се запошљавају код професора Фарнсфорта као разносачи пакета широм галаксије у свемирском броду професорове производње и на својим путовањима доживљавају тотално сумануте авантуре.

Што се тиче свемира, Гронинг се углавном држи научних чињеница (бестежинско стање, непростирање звука у безваздушном простору, цурење ваздуха из брода кроз пукотине у вакуум и слично), али не баш увек.

Некоректна физика се посебно односи на брзину свемирског брода. Наиме, посада испоручи пакет у систем удаљен стотине светлосних година и опет стигне на време за ручак. Аутори серије не објашњавају овај феномен већ га узимају здраво за готово иако специјална теорија релативности Алберта Ајнштајна строго забрањује кретање било ког објекта брзином већом од брзине светлости. Ово ограничење важи и за информације које се преносе електромагнет-

Крионика
Ако имате 125 000 $ можете се и сами подвргнути замрзавању као Фрај у америчкој фирми Алкор (http://www.alcor.org/) која се бави криоником - замрзавањем и чувањем тела до тренутка кад медицина довољно узнапредује да одмрзне и излечи тренутно неизлечиво болесне људе.

ним таласима и за чудо, трећа епизода другог серијала се базира баш на овој чињеници.

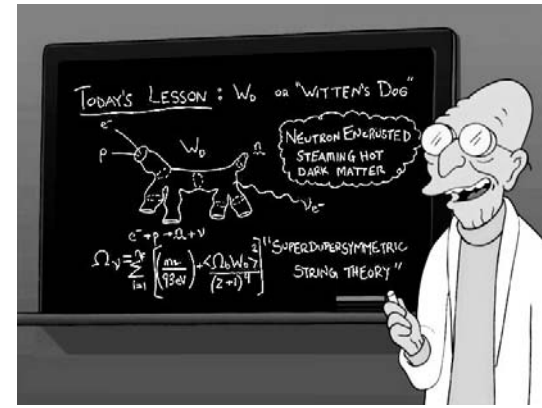
У овој епизоди, Земљу нападају чудовишта са планете Омикрон, јер нису могли да виде последњу епизоду серије - "Неудата адвокатица" ("Single Female Lawyer"). Серија је престала да се емитује још крајем XX века, али су електромагнетни таласи којим се преносила ова серија путовали 1000 година до Омикрона, тако да су Омикронјани гледали серију са хиљадугодишњим кашњењем, па су исто тако са кашњењем од хиљаду година сазнали да је серија прекинута. Ту опет настаје парадокс када Омикронски свемирски бродови готово у истом дану пређу растојање од 1000 светлосних година до Земље, али је бар први део ове приче у потпуности физички коректан.

Грудвање смећем

У Футурами се често исмевају бројне друштвене појаве, од политике преко шоу-бизниса до спорта и религије. У великом броју епизода се исмева наш однос према природи. Тако се у једној говори о депоновања смећа у великим градовима. Њујорчани будућности су коначно решили проблем смећа тако што су направили једну огромну грудву од смећа и бацили је у свемир, али се после више година та грудва вратила претећи да се сударе са Земљом.

Ова прича има добре физичке основе јер ако неком телу (без обзира на његову масу) дамо почетну брзину од преко 11,2 km/s (друга космичка брзина) онда оно заувек напушта Земљу. Међутим, ако је та брзина у односу на Сунце мања од 42 km/s (ако се одузме брзина кружења Земље око Сунца добија се 13,6 km/s - трећа космичка брзина), тело неће напустити Сунчев систем већ ће наставити да кружи око Сунца у мање или више издуженој путањи. У том кружењу постоји шанса да тело налети на Земљу и поново буде привучено њеном гравитацијом. Приликом пада би се ослободила огромна количина енергије равна експлозији неколико атомских бомби.

Професор Фарнсфорт проналази начин како да се Земља одбрани од ове огромне грудве смећа. Он предлаже да се направи још једна таква грудва смећа и с њом погоди прва грудва. Приликом судара обе грудве би промениле првобитне смерове кретања и грудва би промашила Земљу. И ова теорија има реалну физичку позадину, пошто је стварно могуће променити правац кретања једног тела судором са другим телом. Ако се познају масе и брзине оба тела, поштујући законе одржања енергије и импулса могуће је тачно израчунати како ће се тела кретати



после судара.

У истој епизоди је приказан и занимљив изум проф. Фарнсфорта, мирископ (Smelloscope) - као телескоп, али не повећава слику небеског објекта већ његов мирис. Пошто мирис преносе молекули који испаравају са тела које се мирише, да би се осетио мирис неког тела, неопходно је да молекули могу да испаре и да могу да дођу до посматрача. Први услов није тешко испунити у свемиру ако су у питању мања тела (астероиди и комете) близу Сунца. Сунце загрева површину објекта и на тај начин подстиче испаравање материјала са површине (реп комете представља баш тако испарен лед са прашином). Други услов такође може бити испуњен, али проблем је што концентрација испарења опада са квадратом удаљености тако да би врло мала количина молекула долазила до Земље, а и та мала количина би се врло брзо распршила у атмосфери и практично не би ни стигла до посматрача на површини Земље.

И две санте леда, молим!

У првој епизоди петог серијала Футурама се бави још једним еколошким проблемом - глобалним загревањем. У овој епизоди је тачно описан ефекат стаклене баште: у атмосфери је све више гасова (CO_2 и H_2O) који пропуштају зрачење са Сунца које греје Земљу, али рефлектују назад инфрацрвено зрачење које емитује Земља и тиме онемогућавају хлађење Земље.

Ово загревање у почетку је решавано довлачењем огромних санти леда са Хелијеве комете, али у једном тренутку на комети више није било леда и ту настају проблеми.

Научници иза сцене

Главни разлог зашто је у Футурами тако пуно физике је што је осим продуцента Дејвида Кохена који је по струци физичар, на изради серије ангажовано још пет доктора наука. Па, ако се питате шта радити после студија физике, ево вам још једне идеје.

Довлачење леда са комете има теоријску основу јер на кометама стварно има леда и топљењем леда се одузима топлота околини, али на све ово би требало додати и проблем гравитационе потенцијалне енергије санте леда која би се приликом пада претворила у топлоту, тако да би на крају добили да санта леда бачена са комете на Земљу у ствари загрева Земљу. Ако је санта тешка 1000 тона ($m=10^6$ kg), онда је њена потенцијална енергија

$$E_p = \gamma \frac{mM_Z}{R_Z} = 6,3 \cdot 10^{10}\,\mathrm{kJ}$$

где су: γ гравитациона константа, M_Z и R_Z маса и полупречник Земље.

С друге стране, енергија која се апсорбује топљењем исте санте леда на температури од 0^0C и загревањем тако добијене воде на температуру од 30^0C је:

$$E_T = m \cdot q_t + m \cdot c \cdot \Delta T = 4,6 \cdot 10^8\,\mathrm{kJ}$$

Поређењем ове две формуле видимо да је количина топлоте ослобођена приликом пада вишеструко већа од количине топлоте утрошене за топљење леда, те би лед на крају грејао Земљу.

Кад је понестало леда, проф. Фарнсфорт је предложио да роботи гурну Земљу од Сунца (избацујући издувне гасове према Сунцу, а самим тим, преко закона акције и

реакције, гурајући Земљу од Сунца). Пошто је снага зрачења које са Сунца пада на Земљу обрнуто пропорционална квадрату удаљености Земље од Сунца, то је Земља хладнија што је удаљенија од Сунца и проблем глобалног загревања је решен.

Осим овог главног ефекта, споменут је и споредни ефекат, а то је продужење године за једну седмицу. Ово продужење има реално физичко објашњење и може се тачно израчунати преко трећег Кеплеровог закона (Квадрати времена обиласка планета око Сунца се односе као кубови полуоса њихових орбита). Ако узмемо да је период обиласка Земље око Сунца T=365 дана, а орбита (a=150 милиона километара) померена за h=2 милиона километара, онда се време продужења године (t) рачуна на следећи начин:

$$\frac{(T+t)^2}{T^2} = \frac{(a+h)^3}{a^3}$$

$$t = T\left(\left(\frac{a+h}{a}\right)^3 - 1\right) = 7,3\,\mathrm{d}$$

Једини проблем код гурања Земље је што би за тако нешто била потребна огромна енергија, као и маса издувних гасова у износу од једне петине укупне масе Земље.

У серији се као оружје користе позитронски топ који испаљује грудвице позитрона (античестице електрона, иста маса и спин као електрон, али супротно наелектрисање) које на окупу држи енергетско поље. При удару у мету, енергетско поље се распада и позитрони (антиматерија) долазе у контакт са материјом, а све се завршава великом експлозијом анхилације материје и антиматерије.

Футурама на интернету

Уколико вас је овај чланак заинтересовао да сазнате више о Футурами, а не желите да чекате да је нека од наших ТВ станица откупи, посетите неки од сајтова посвећених овом серијалу

http://www.gotfuturama.com/
http://www.foxworld.com/futurama/
http://tfp.killbots.com
http://frontwheeldrive.com/david_x_cohen.html
http://www.tvtome.com/Futurama/

Позитрони стварно постоје и могу се чувати у магнетним замкама (за које би могли рећи да су нека врста енергетских поља), а у контакту позитрона (анитматерија) са својим двојником електроном (материја) ослобађа се енергија $E=2mc^2$, где је m маса електрона (и позитрона, пошто су једнаке).

За крај ћу само још да споменем холограме, 3D слике настале ласерским снимањем објеката, који постоје и данас (мада не у тако савршеној форми као у Футурами). За њихово објашњење је потребно много више простора, па ћу рећи само да су вероватно могући и у облику како је то приказано у Футурами.

Ледено доба - да ли још увек траје?

Пише: *Драгана Илић*

Цртани филм Ледено доба описује узбудљиве доживљаје праисторијских животиња и људи у потрази за топлијим крајевима. Ништа сензационално, рећи ћете, мада ту и тамо протрчи симпатично створење налик на веверицу. Нама је ту занимљив узрок њихове миграције - почетак леденог доба.

Када се каже ледено доба, обично се мисли на Плеистоцен, доба у земљиној историји које је завршено пре десетак хиљада година и када су последњи пут забележени хладнији климатски услови. Међутим, историја климе на Земљи у последњих билион година је много бурнија и необичнија. Смењивања топлих периода, понекад потпуно без леда - и хладних периода, када су ледници прекривали велике површине на Земљи, непрестано су се дешавала. За време хладних периода, односно ледених доба, цела Земља би доживљавала приметно хладније климатске услове, нарочито поларни крајеви, и бивала би прекривена леденим слојевима величине континената.

Још од доба Прекамбријума (600 милиона година раније) ледена доба су се појављивала у широким временским размацима од приближно 200 милиона година, трајући милионима, па и десетинама милиона година. За време Кенозоика, периода у Земљиној историји који је почео пре 65 милиона година и траје још увек, десила су се три велика захлађења, пре 36, 15 и 3 милиона година. Последње ледено доба, које је почело пре 3 милиона година, траје још увек. Оно се одликује константним смењивањем хладнијих периода (периода глацијације) и топлијих периода (периода интерглацијације), где се ове смене могу десити релативно брзо, чак за пет до десет година. До сада су се двадесетак пута промениле фаза глацијације и интерглацијације. Наша данашња топла клима нам говори да смо тренутно у периоду између две глацијације, али питамо се докле ће да траје?

Да бисмо одговорили на ово питање, морамо пронаћи теорију која објашњава зашто долази до ширења ледника и откуд тако изразита периодичност. Данас је широко прихваћено да је узрок ледених доба комбинација три различита фактора: састава атмосфере (нарочито концентрације CO_2 и метана), промена у Земљиној орбити око Сунца и распореда континената. Промене у Земљиној орбити немају великог утицаја на узрок дугопериодичних ледених доба, али изгледа да контролишу многострука захла-

ђења и отопљавања која се дешавају у оквиру актуелног леденог доба. Сложени модел промена Земљине орбите и промена осунчавања је први пут објашњен у теорији најпознатијег астронома из ових крајева, Милутина Миланковића у такозваној Астрономској теорији климе.

Милутин Миланковић није трагао за узроком ледених доба, већ је развијао општу математичку теорију климе, ослањајући се на сферну астрономију, небеску механику и математичку физику. Он је у своју теорију уврстио три доминантна циклуса промене Земљине орбите, који се често називају Миланковићеви циклуси, иако их он није пронашао већ само тачно израчунао и увидео њихов утицај на климу. Гледајући заједно, варијације у ова три циклуса доводе до промена у количини Сунчевог зрачења које пада на Земљину површину и самим тим изазивају промене климатског система на Земљи, односно утичу на повећање разлике између годишњих доба.

Први од три Миланковићева циклуса је промена ексцентричности Земљине орбите, од скоро правилног круга до благо издужене елипсе (ексцентритета 0,06), периодичности 100.000 година. Ексцентричност утиче на разлике међу годишњим добима: када је Земља најближа Сунцу, добија највише његове топлоте. Хемисфера која је током зиме најближа Сунцу има благе зиме, а она на којој се то догађа лети има релативно топла лета. Сада је Земља у периоду мале ексцентричности (око 3%), што значи да је разлика у удаљености од Сунца у афелу 3% већа него у перихелу. Та разлика значи да Земља прими 7% више Сунчеве енергије у јануару него у јулу. Када је Земљина орбита највише издужена (ексцентритет око 9%), разлика у примљеној енергији зими и лети достиже 20%. Ексцентричност додатно утиче на трајање годишњих доба, мењајући размак између пролећне и јесење равнодневице.

Други циклус је промена нагиба Земљине осе ротације у односу на раван орбите око Сунца. Ове осцилације дешавају се у распону од $21{,}5^0$ до $24{,}5^0$ са периодом од 41.000 година. Када је нагиб мањи, Сунчево зрачење је равномерније распоређено зими и лети. Количина енергије која се прими на половима је већа, док промена угла не утиче на енергију која се прими на екватору. Порастом нагиба за 1 укупна енергија коју Земља прими порасте за око 1%.

Последњи циклус је прецесија тачке равнодневице, односно револуција Земљине ротационе осе која траје између 19.000 и 23.000 година. Прецесија Земљине осе је последица два фактора: љуљања Земљине осе и обртања елиптичне Земљине орбите. Прецесија утиче на оријентацију осе, али не на њен нагиб. Како је смер љуљања осе супротан од смера кретања Земље, кроз

11.000 година Земљин северни пол неће бити окренут ка Северњачи, већ ће имати отклон од око 47^0 и показиваће ка звезди Вега у сазвежђу Лира. Последица овог сложеног кретања Земље је да се дани равнодневице не догађају истог датума, већ се полако померају у календару. Резултат померања равнодевице је да су на северној хемисфери зиме данас релативно кратке и топле, а лета релативно дуга и хладна. Главна последица прецесије је да се релативна дужина годишњих доба током времена циклично мења.

Узимајући у обзир ова три циклуса, Миланковић је израчунао амплитуде и учестаности секуларних промена осунчавања Земље милион година у прошлости. Та крива зрачења или крива осунчавања јасно је показивала ток четири ледена доба за која се тад веровало да су постојала.

Потврду ове теорије дају нам истраживања седимената са океанског дна, која су показала да су на ритам ширења и повлачења леда у последњих неколико стотина хиљада година утицала три циклуса дуга 100.000, 41.000 и нешто више од 21.000 година, врло слично као процеси осунчавања које је дао Миланковић. Показано је да су сва три циклуса заједно одговорна за око 80% промене

климе. Највеће изненађење које су истраживања морских седимената донела је сазнање да је у последњих 800.000 година преовлађујућу улогу имао циклус од 100.000 година, који је требало да буде најслабији, јер изазива промене у осунчавању од свега 0.1%. С друге стране, за време између 3 и 0.8 милиона година раније, доминантан процес који је доводио до глацијације био је промена нагиба Земљине осе, периода 41.000 година.

Утврђивање периодичности је само један део посла. Тачни механизми којима промене у осунчавању доводе до стварања трајног леда и његово повлачење још нису детаљно објашњени. Потребно је узети у обзир додатне механизме који ће допринети ширењу леда, као што је на пример велики коефицијент рефлексије Сунчевог зрачења снега и леда. Такође, у неким временским раздобљима ледених доба није ни било иако их Миланковићева крива предвиђа, а није ни објашњено зашто је неки циклус доминантнији у неком времену у прошлости.

Што се тиче наше будућности, теорија предвиђа да ће се у току следећих 25.000 година осунчавање 650 упоредника (прошла ширења ледника пратила су пад летњег осунчавања тог упоредника) повећавати и да у следећих 100.000 година не треба очекивати опадање његовог осунчавања довољно да изазове период глацијације. Остаје вам само да наставите да читате Младог физичара и следећих 100.000 година, јер ћемо вас сигурно обавестити о новом следећем периоду глацијације, макар се она десила само у цртаном филму.

Пера Којот и јаје

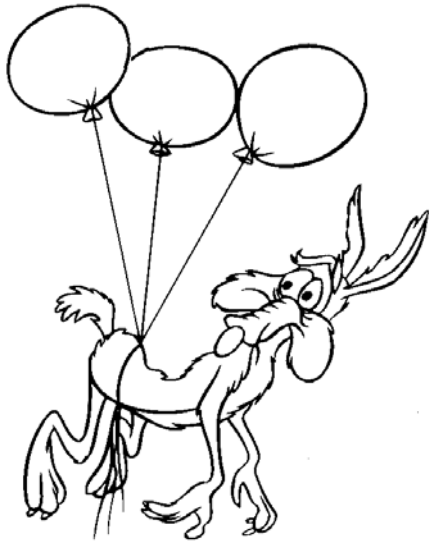
Пише: *Ненад Вукмировић*

У претходном броју Младог физичара изашла је вест о светском рекорду у висини са које је бачено свеже јаје, а да се није разбило. Да вас подсетимо, господин Дејвид Донахју је бацио јаје из хеликоптера на голф терен са висине од 213 метара. Већини читалаца Младог физичара ово је изгледало као само једна занимљивост која им свакако неће променити живот.

Ипак, ова вест је променила живот једном од ликова цртаних филмова компаније Браћа Ворнер, код нас познатом као Пера Којот. На путовању балоном ликова цртаних филмова кроз Србију Пера је случајно пролазећи поред књижаре на Студентском тргу у Београду, угледао часопис Млади физичар, број 96 и на насловној страни је видео да је тема броја Физика у кухињи. Помислио је да ће у Младом физичару наћи најновије рецепте како да скува Птицу Тркачицу након што је ухвати и без размишљања је купио часопис. У једном даху га је прелистао и у први мах се разочарао. Шпорет, микроталасна пећница, експрес лонац, све је то већ покушавао, а онда је у рубрици рекорди нашао подухват господина Донахјуа.

Идеја му је синула у тренутку – гађати Птицу Тркачицу јајем из хеликоптера. "Боже, колики сам ја геније!" помислио је у том тренутку. Динамит, топови, замке, бодљикаве жице, разне скаламерије, сва та средства су се показала као неефикасна. Најгоре је што је углавном у њима завршавао Пера Којот уместо Птице Тркачице. Такође је у последњих неколико година Пера Којот почео од браће Ворнер да добија све мање средстава за набавку истих. С друге стране, јаја су веома јефтина, а и гађаће Птицу Тркачицу као што је господин Донахју бацао јаје, тако да се јаје не разбије и ако промаши. "Геније, нема другог, суви геније", мисао му је прошла кроз главу.

У својим покушајима да ухвати Птицу Тркачицу Пера је примењивао доста физике, али сматрао је да његово знање физике ипак недовољно за овај подухват живота и одлучио је да потражи помоћ.



Обратио се на праву адресу – часопис Млади физичар. Закуцао је на врата редакције часописа, ушао и представио се: "Дозволите да се представим, Пера Којот, гениje..." Изненађен овом посетом, уредник Младог физичара Душко Латас, само је промрмљао: "Шта могу да учиним за Вас, господине Којот?" Пера Којот је све објаснио, интересовало га је коликом брзином треба да иде хеликоптер да би могао да баци јаје тако да оно у тренутку пада има брзину паралелну подлози, колико ће времена то јаје падати, која ће бити брзина јајета у тренутку пада, колико ће бити хоризонтално растојање од места са којег је јаје избачено до места на које ће јаје

Перине направе

Цртани филм Пера Којот припада серији краткометражних цртаћа направљених од стране Чака Џонса, који је једном рекао: "Пера Којот је моја реалност, док је Душко Дугоушко мој циљ". Овај цртаћ почива на врло једноставној идеји: гладни којот звани Пера прогања врло брзу птицу звану Тркачица по путевима југозападне Америке. У нади да ће је ухватити и појести, Пера Којот набавља сложене и комичне машине, које поузећем наручује од компаније ACME. Иначе, ово име је скраћеница од компанија која прави све (енг. A Companu Making Everything), термин обично коришћен у америчком судству као име за неку фиктивну компанију. ACME има богат асортиман производа специјано намењених хватању Fast Food-a и прилагођених климатским условима америчких пустиња. Наш Пера је њихов велики обожаватељ и приликом посете нашем уреднику, поводом прорачуна брзине избацивања јаја, он је у поверењу издвојио пар својих омиљених направа:

1. добри стари катапулт (флексибилна мобилна направа, лака за употребу, у стању да зафрљачи стену и до пола километра)
2. којот-а-пулт (генијална направа у чијем је пројектовању учествовао и Пера лично, не захтева стену за бацање - сам којот је ђуле, штеди време доласка до хране)
3. преносиве рупе (омогућавају Пери да крећући се малим брзинама стигне Тркачицу користећи се простор-временским пречицама, тзв. црвоточинама)
4. ракетне ролшуле (конструисане тако да је отпор ваздуха доведен на минимум, са точковима од високо углачане платине који онемогућавају проклизавање, са системом за избегавање каменчића на путу)
5. тениске ципеле на млазни погон (последња реч технике, превучене хромираним титанијумом, амортизују чак и падове са високих литица, италијански дизајн)
6. витамини за брзо трчање (са овим производом еволуција не мора бити одлучујући фактор у томе шта ћете јести за вечеру)
7. аспирин (чести падови, ударци у стену и сличне незгоде услед заказиваwa ACME производа могу проузроковати непријатне главобоље које овај ACME производ успешно лечи)

пасти и остало. Душко, али не Дугоушко, већ Латас, је са задовољством поверио овај задатак једном од чланова редакције, који је случајно и аутор овог текста. Задатак је био помоћи Пери Којоту и објавити решење задатка у броју 97 Младог физичара.

Пера Којот је изразио жељу да јаје буде бачено са исте висине са које га је бацио и господин Донахју, што значи да је у тренутку $t = 0$ $y-$координата јајета $y = 213\,\mathrm{m}$ ($y-$оса је усмерена навише са координатним почетком на земљи), а изабраћемо координатни почетак $x-$осе тако да је за $t = 0$ $x-$координата јајета $x = 0$. На јаје током кретања делују силе Земљине теже и отпора ваздуха. Претпоставићемо да је сила отпора ваздуха усмерена супротно брзини јајета и једнака по интензитету

$$F_{ot} = \frac{1}{2}\rho_v S v^2,$$

где је v тренутна брзина јајета, S површина пројекције попречног пресека јајета на раван нормалну на правац кретања, а ρ_v густина ваздуха. Једначина кретања јајета је у векторском облику дата са

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{ot},$$

где је $\vec{F}_{ot} = -\frac{1}{2}\rho_v S v\vec{v}$, m маса јајета, а $\vec{g}$ убрзање силе Земљине теже. Пројекције ове једначине на x и $y-$осу су:

$$ma_x = -\frac{1}{2}\rho_v S v v_x,$$

$$ma_y = -mg + \frac{1}{2}\rho_v S v v_y.$$

Да бисмо ове једначине написали у нешто лепшем облику увешћемо појам терминалне брзине. Терминална брзина представља брзину коју би након довољно дуго времена достигло јаје које пада вертикално наниже. Једначина кретања таквог јајета би била $ma_y = -mg + \frac{1}{2}\rho_v S v^2$, па је терминална брзина v_T одређена условом $a_y = 0$ и дата је са $v_T^2 = \frac{2mg}{\rho_v S}$. Користећи $g \approx 10\frac{m}{s^2}$, $\frac{m}{S} \approx \rho_j L_j$, $\frac{\rho_j}{\rho_v} \approx 1800$, где је ρ_j густина јајета, а $L_j \approx 10\,\mathrm{cm}$ ред величине димензија јајета, процењујемо $v_T \approx 60\frac{m}{s}$.

Тако наше једначине постају

$$a_x = -g\frac{v v_x}{v_T^2},$$

$$a_y = -g + g\frac{v v_y}{v_T^2}.$$

Добијене једначине се не могу решити у аналитичком облику, али могуће је зато решити их нумерички. Пошто за мали временски интервал Δt важи $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$ и $a_y = \frac{\Delta v_y}{\Delta t}$, следи:

$$v_x(t + \Delta t) = v_x(t) - g\frac{v(t)v_x(t)}{v_T^2}\Delta t,$$

$$v_y(t + \Delta t) = v_y(t) - \left(g - g\frac{v(t)v_y(t)}{v_T^2}\right)\Delta t,$$

а такође је и

$$x(t + \Delta t) = x(t) + v_x(t)\Delta t,$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + v_y(t)\Delta t.$$

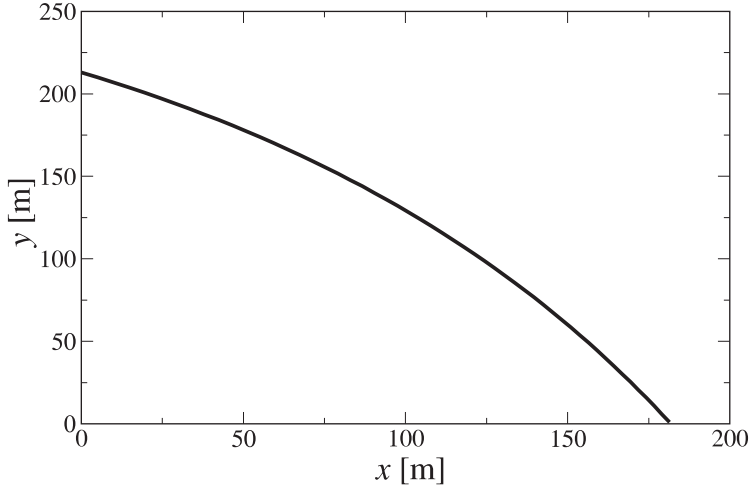
Из последње 4 једначине, знајући почетне услове $x(0)$, $y(0)$, $v_x(0)$, $v_y(0)$, могуће је

одредити $x(\Delta t)$, $y(\Delta t)$, $v_x(\Delta t)$, $v_y(\Delta t)$, а одатле даље и $x(2\Delta t)$, $y(2\Delta t)$, $v_x(2\Delta t)$, $v_y(2\Delta t)$, и тако се даље могу одредити координате јајета и компоненте брзине за практично било које t.

Већ смо напоменули да су почетни услови $x = 0$, $y = 213\,\mathrm{m}$. Редакција Младог физичара након дуготрајног размишљања одлучила је да предложи Пери да јаје избацује почетном брзином $v_x(0) = 50\,\frac{m}{s}$ и $v_y(0) = -30\,\frac{m}{s}$. Наиме, Перина жеља је била да погоди Птицу Тркачицу у тренутку док се она спушта низ веома стрму падину нагибног угла од $\alpha = 65^0$.

Трајекторија јајета при датим почетним условима је приказана на слици 1. У прорачуну је узето $\Delta t = 0.1\,\mathrm{s}$. Јаје пада на подлогу након $t \approx 5.2\,\mathrm{s}$, тад му је $x-$координата $x \approx 181\,m$, а компоненте брзине су му $v_x(t) \approx 23\,\frac{m}{s}$, $v_y(t) \approx -49\,\frac{m}{s}$. Да би у тренутку пада брзина јајета била паралелна подлози, нагиб подлоге мора бити $\alpha = \mathrm{arctg}\frac{-\mathrm{v_y(t)}}{\mathrm{v_x(t)}} \approx 65^0$, као што је Пера и захтевао.

Тако је Пера веома задовољан напустио редакцију Младог физичара. Набавио је хеликоптер, запутио се у пустињу на југозападу Америке и чекао у заседи Птицу Тркачицу. "Перо, генијалчино, опет си сам себе надмашио," није могао а да не помисли. Шта се тад десило, сами можете да претпоставите. Птица Тркачица се није појавила у тренутку кад ју је Пера очекивао, а Перин хеликоптер се сударио са једном од стена. У даљини су само одјекивали звуци Птице Тркачице: "Мип! Мип!"



Слика 1: Трајекторија јајета

Деда Мраз као макроскопски квантни феномен

Пише: *Марко Војиновић*

Сигурно сте већ чули за анализу проблема Деда Мраза у физици. Просто, елементарним испитивањем особина које Деда Мраз треба да има да би успео да стави поклоне под јелку сваком добром детету у новогодишњој ноћи, закључује се да то није могуће, односно да је практично неизводљиво кад се виде конкретни бројеви. У овом тексту ћемо показати да је савремена физика ипак у могућности да опише феномен Деда Мраза на задовољавајући начин.

Први корак у решавању било ког проблема састоји се у ваљаној поставци. Зато ћемо најпре да се позабавимо прецизирањем питања која постављамо и претпоставки од којих полазимо.

Формулација проблема

Деда Мраз има задатак да у току новогодишње ноћи стави под јелку новогодишње поклоне свој доброј деци на свету. Он носи поклоне у врећи на леђима, до куће у којој има добре деце се довози летећим санкама у које су упрегнути јелени, треба да слети на кров, спусти се низ димњак, остави поклоне испод лепо окићене јелке, попне се истим путем натраг на кров, и затим продужи даље. У зградама и кућама где не постоји димњак овај сценарио је мало другачији, али разлике нису релевантне за нашу анализу.

Како нас интересује само груба процена, решимо следеће задатке, са задатим апроксимацијама (које се касније могу профинити ако је потребно):

1. Израчунавање укупног броја добре деце на свету. Претпоставићемо да добра деца чине четвртину укупног становништва планете, које отприлике износи шест милијарди људи.
2. Израчунавање укупног броја кућа које Деда Мраз треба да посети, као и средњег растојања између две куће са добром децом. Сматраћемо да су деца хомогено распоређена по континентима који заузимају четвртину површине Земље, као и да је у просеку по двоје деце у истој кући. Полупречник Земље је 6000 km.

3. Израчунавање укупног времена које Деда Мраз има на располагању да обави посао, као и средњег времена по једној кући. Узећемо да новогодишња ноћ почиње 31. децембра у 21:00, а завршава се 1. јануара у 7:00. Ради једноставности, третираћемо проблем нерелативистички и са грубом апроксимацијом да сва деца живе у истој временској зони. Затим ћемо израчунати средњу брзину санки.
4. Процена укупне масе и запремине вреће са поклонима коју Деда Мраз треба да понесе са собом. Замислићемо да један поклон стаје у кутију запремине једног литра и да је тежак 200 грама, сматрајући притом да свако дете добија по један такав поклон.

Пошто смо прецизно формулисали питања и претпоставке од којих полазимо, прелазимо на решавање. Генерално гледано, постоје два могућа приступа: класичан и квантни приступ.

Кратка историја Деда Мраза

Легенда о Деда Мразу потиче из прича о Светом Николи, који је живео у четвртом веку нове ере у граду Смирни (данашњи Измир у Турској) и био дарежљив и добар епископ. Према легенди, помагао је сиромашне дајући им поклоне, а био је и заштитник морепловаца. И православна и католичка црква га поштују као свеца. Кроз векове и разне легенде у протестантским крајевима Данске и северне Немачке појавио се лик патуљастог и насмејаног дедице који доноси доброј деци поклоне пред Божић. Име "Saint Nicholas" се временом претворило у германизовано "Saint Klaus", а по доласку Данских емиграната у Америку у 17. веку постаје "Santa Claus" што са енглеског преводимо као Деда Мраз. У данашњем облику, са црвеним капутом, капом, величине човека а не патуљка, први пут се појављује 1931. године на реклами за Кока Колу.

Класичан приступ

Веома једноставним и праволинијским рачунањем добијамо следеће податке: укупан број добре деце на свету је милијарду и по, и живе у 750 милиона кућа. На основу полупречника Земље налазимо да је њена површина око 400 милиона квадратних километара, док континенти заузимају четвртину овога, тј. 100 милиона. Пошто претпостављамо да су куће хомогено распоређене по овој површини, имамо да се по једна кућа са двоје добре деце налази на сваких 13 хектара. Ако узмемо да је плац сваке куће облика квадрата са толиком површином и да се кућа налази у његовом центру, средње растојање између најближих суседа је једнако основици квадрата, односно 365 метара. То је (у просеку) растојање које Деда Мраз треба да пређе између две узастопне испоруке поклона. Са задатим претпоставкама, укупно време које он има на располагању да обави посао је 10 сати, односно 0.048 милисекунди по једној кући. Просечна брзина санки треба да буде 27.4 милиона километара на сат. Укупна запремина поклона на санкама се смањује са временом, а у почетном тренутку износи 1.5 милион кубних метара (око 600 просечних десетоспратних стамбених зграда). Пошто је сваки поклон по претпоставци тежак 200 грама, укупна маса вреће је 300 хиљада тона.

Ови резултати су, благо речено, обесхрабрујући. Деда Мраз нема никакве шансе да обави свој задатак. Наравно, можемо про-

финити претпоставке. На пример узимајући у обзир различите временске зоне у којима живе деца, Деда Мраз ће имати нешто више времена да подели поклоне што смањује просечну брзину санки. Или, ако се ограничимо само на хришћанску децу која ките јелке њихов број ће се донекле смањити. Напокон, ако прецизније задамо положаје свих кућа и узмемо у обзир да су подручја насељена људима углавном згуснута у села и градове смањује се укупан пут који треба превалити. Но, и поред свих ових претпоставки, све величине које смо израчунали су и даље крајње нереалне. Евентуално се може размотрити сценарио у коме Деда Мраз не ради сам, већ има логистичку подршку - неко је раније већ дистрибуирао по пар поклона негде у околину сваке куће, или постоје помоћници, тзв. вршиоци дужности (в.д.) Деда Мраза који у његовом одсуству испоручују поклоне у његово име - али и такви модели имају проблема, првенствено везаних за број потребних помоћника и одговарајућу диспечерску службу која би координирала допремање и испоруку поклона. Напокон, ти модели нису у духу првобитне, изворне идеје Деда Мраза који ради сам.

Ово је углавном свима познат, често цитиран резултат, из кога следи закључак да класична механика није у стању да на задовољавајући начин опише феномен Деда Мраза. Међутим, имајући на уму најновије резултате које ћемо сада презентовати, било би крајње погрешно закључити да Деда Мраз не постоји. Напротив, може се рећи да класична механика, будући по својој природи апроксимативна теорија, у овом случају греши, тј. није довољно добра за опис понашања Деда Мраза.

Квантномеханички приступ

Процена броја деце, броја кућа, средњег растојања између њих и укупног времена које Деда Мраз има на располагању се овде не разликују од класичног приступа, и резултати су исти. Међутим, време по једној кући, средња брзина санки, као и укупна запремина и маса вреће са поклонима се у квантном случају драстично разликују од класичних резултата. Размотримо ово детаљније.

Основна парадигма (парадигма је философско полазиште, скуп концепата у начину размишљања) квантног описа физичког система састоји се у особинама стања у коме систем може да се нађе. Једна од тих особина је тзв. принцип суперпозиције стања који каже да ако систем може да се нађе у стању A и стању B, онда може да се нађе и у суперпозицији (збиру) тих стања, $A+B$. Другим речима, збир два стања је такође стање. Ова особина се користи када желимо да опишемо феномен проласка једне честице истовремено кроз два отвора на заклону - ако стање "честица пролази кроз горњи отвор" обележимо са A, а стање "честица пролази кроз доњи отвор" са B, онда квантна механика тврди да је $A+B$, тј. ситуација "честица пролази и кроз горњи и кроз доњи отвор" такође стање у коме честица може да се нађе (узгред, ово није само теорија, постоје и експерименти који потврђују да се овакве ствари заиста догађају). Прецизно речено,

кажемо да се честица налази у стању кохерентне суперпозиције. Принцип суперпозиције стања је фундаментална особина природе и веома је важан.

Друга парадигма квантног описа физичког система је утицај мерења на систем. У класичној физици се подразумевало да можемо да меримо (односно посматрамо) неку особину неког физичког система, а да се физички систем не промени. У квантној физици то није могуће - свако мерење (посматрање) система обавезно има утицај на систем, што по правилу (мада не увек) мења стање у коме се систем налази. Тај феномен се стручно зове колапс таласне функције, и лепо може да се илуструје на примеру честице која пролази кроз два отвора. Наиме, ако се наша честица налази у стању *A+B* (пролазак кроз оба отвора), ми као експериментатори имамо три могућности:

1. да измеримо да ли је честица прошла кроз горњи отвор,
2. да измеримо да ли је честица прошла кроз доњи отвор, или
3. да не меримо путању честице.

Ако изаберемо прву опцију и као резултат измеримо да честица јесте прошла кроз горњи отвор, онда знамо да честица није прошла кроз доњи отвор. Стање система се променило зато што смо вршили мерење, систем који је пре мерења био у стању *A+B* након мерења је у стању *A* и није у стању *B*, таласна функција система је "колапсирала" из *A+B* у *A*. Уколико бисмо као резултат истог мерења добили резултат да честица није прошла кроз горњи отвор, онда бисмо знали да јесте прошла кроз доњи, тј. таласна функција колапсира из *A+B* у *B*. Слично се догађа и ако уместо горњег проверавамо доњи отвор.

Али, можемо одабрати и трећу опцију, да не вршимо мерење, и тада систем остаје у стању *A+B*, нема колапса таласне функције и закључујемо да је честица прошла кроз оба отвора.

Процес колапса таласне функције се другим именом још зове декохеренција, јер систем мерењем из стања кохерентне суперпозиције прелази у стање које није у кохерентној суперпозицији.

Сада када смо изучили две основне особине квантне механике, можемо да се вратимо Деда Мразу и да покушамо да га опишемо са квантног становишта. Ту нас чека велико изненађење.

Замислимо Деда Мраза у квантном стању *A(k)* где оставља поклоне у *k*-ту кућу (број *k* пребројава све куће које Деда Мраз треба да посети, од 1 до 750 милиона). Нека са собом носи у врећи свега два поклона, која ће оставити у кући. Саберимо затим сва стања *A(k)* за све могуће вредности *k*. Добијени збир је, по законима квантне механике, такође могуће стање у коме Деда Мраз може да се нађе, тј. кохерентна суперпозиција свих појединачних стања. Ако се Деда Мраз нађе у таквом стању, онда он заправо оставља поклоне у свим кућама истовремено. То онда значи да он има пуних десет сати времена да се санкама довезе до куће са свега пар поклона у врећи, сачека у прикрајку, када га нико не види остави поклоне испод

јелке и одвезе се кући. Нема велике брзине санки, нема 300 хиљада тона поклона, нема само 0.048 милисекунди времена за сваку кућу!

И то није све, квантна механика лепо објашњава и зашто Деда Мраза ниједно дете никад није видело! Просто, ако би га неко дете видело, његов положај би био измерен, дошло би до колапса Деда Мразове таласне функције и испоставило би се да је он био баш у тој кући и да није био у другим кућама, што није тачно, јер сва добра деца проналазе његове поклоне испод јелке. Зато, када вас ваше дете буде једном питало "А зашто ја никад не видим Деда Мраза?", исправан одговор је: "Зато да би и друга добра деца могла да добију поклоне".

Као што видимо, квантна механика даје сасвим реалан и задовољавајући опис Деда Мраза, а сем тога пружа и нова предвиђања, тј. даје одговоре на питања на која класична механика нема одговор. Као што честица може да прође кроз два отвора истовремено, тако и Деда Мраз може да остави поклоне у свих 750 милиона кућа истовремено. Штавише, да не би дошло до декохеренције Деда Мразовог квантног стања, ниједно дете не сме да га види како оставља поклон, што се заправо и догађа. Закључујемо, као што смо и обећали на крају претходног одељка, да квантна механика сасвим успешно описује феномен Деда Мраза, чиме се показује да Деда Мраз може да постоји, а да једино класична механика не може да га опише.

Недостаци квантномеханичког приступа

Свако ко хоће да се озбиљно бави науком (пре свега физиком) мора критички да посматра било какав модел или теорију, без обзира колико се она чини успешна. Критика је услов без кога нема напретка у науци, јер у том случају нема нових питања на која би требало одговорити, а која би се кроз критику природно јавила.

Дакле, који проблеми постоје у нашем квантном моделу Деда Мраза? Постоје два основна питања:

1. Пошто је Деда Мраз у стању кохерентне суперпозиције када оставља поклоне деци, и ти поклони су у стању исте такве кохерентне суперпозиције. Заправо, то је један поклон који се, попут Деда Мраза, налази испод свих јелки истовремено. Како то да, када дете ујутру нађе поклон и отвори га, не дође до декохеренције поклона и он нестане испод свих јелки осим испод оне код које га је "измерило" прво дете?
2. Како то да само Деда Мраз, и нико други, може да се нађе у суперпонираном стању, тј. на више места истовремено? Зашто то не можемо и ми остали да изведемо?

Ова питања су озбиљна и претендују да угрозе наш модел, ако се на њих не одговори на задовољавајући начин. Одговори постоје, а да ли су задовољавајући, треба накнадно проценити. Идемо редом.

Најпре, ако конзистентно примењујемо законе квантне механике, тачно је да ће прво дете које отвори поклон тим чином извр-

шити "мерење" над њим, па ће таласна функција поклона колапсирати и као резултат поклон ће се наћи код тог детета, а код друге деце неће. То је управо и био разлог због кога ниједно дете није могло да види Деда Мраза. За ову критику не постоји добар одговор, и проблем може да се реши једино ако смислимо бољи модел Деда Мраза. Такав модел се може конструисати.

Можемо да претпоставимо да Деда Мраз негде на Северном Полу има велики хангар са милијарду и по поклона. Затим, када одлучи да крене на пут, Деда Мраз се нађе у стању кохерентне суперпозиције нових стања, $A(k,j)$, где свако стање описује Деда Мраза како у k-тој кући оставља j-ти поклон! Заправо, Деда Мраз се налази у суперпозицији стања у којој у сваку кућу доноси други, различит поклон. Када дете сутра ујутру измери свој поклон, доћи ће до колапса таласне функције поклона, али овај пут он неће нестати испод осталих јелки, него из хангара. Тако ће свако дете добити свој поклон, и проблем се не јавља. Иначе, овакав сценарио је могућ, и јавља се у феномену који се зове "квантна телепортација", који је предмет веома интензивних проучавања у данашње време.

Покушајмо да се оправдамо и од друге критике, која поставља питање зашто се закони квантне механике не виде свуда око нас, него само кад је у питању Деда Мраз. Најпре, појава да неки физички систем великих, свакодневних димензија испољава квантне особине, као у овом случају Деда Мраз, зове се "макроскопски квантни феномен" (погледајте наслов овог текста). Није тачно да је Деда Мраз једини феномен те врсте. Постоји их неколико, а овде ћемо навести три - појава "суперпроводљивости", која описује провођење електричне струје без отпора кроз неке материјале, појава "суперфлудности", која описује протицање извесних течности (течног хелијума, кроз уске капиларе без отпора) и појава "феромагнетизма", тј. постојање сталних магнета направљених (најчешће) од гвожђа (ако нисте знали, магнети са којима смо се сви играли и вероватно их имамо у кући не могу никако да се опишу класичном, већ само квантном механиком!).

Дакле, макроскопски квантни феномени су обично ретки, али постоје, па зашто не и Деда Мраз?

Закључак

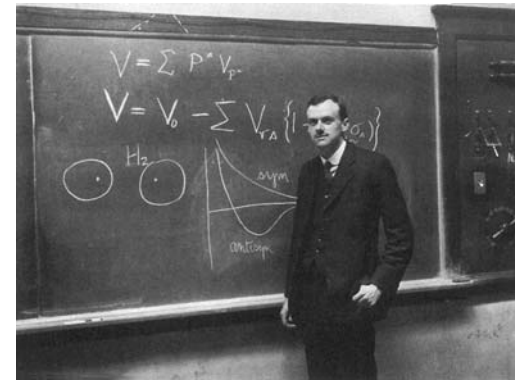
Да резимирамо: закључили смо (експлицитном конструкцијом модела) да се феномен Деда Мраза не може описати класичном механиком, али да се може (истина, уз мало муке) успешно описати квантном механиком. Дакле, ако хоћете за новогодишњу ноћ која ускоро наилази да добијете поклон од Деда Мраза, будите добри, окитите јелку и учите квантну механику.

Остало је само једно питање на које нисмо дали одговор, чак га уопште нисмо ни дискутовали: како то да Деда Мразове санке могу да лете? Ако хоћете да једног дана постанете успешни физичари, покушајте да направите модел Деда Мраза који ће ово лепо да објасни. У међувремену, човек мора понекад мало и да сања, зар не?

Пол Дирак - математички гениј у служби физике

Пише: *Душко Латас*

"Добра физичка теорија мора пре свега да има математичку лепоту." Овако је Пол Дирак описао суштину физике. Читав живот он је провео тражећи ту лепоту. Некад га је та потрага одводила на странпутице, а понекад га је доводила до резултата којима се и данас дивимо.



Пол Дирак је рођен у Бристолу (Енглеска) 15. августа 1902. године. Имао је старијег брата Реџиналда и млађу сестру Беатрис. Отац породице, Шарл је био швајцарски држављанин. Завршио је француски језик у Женеви и у Енглеску је дошао као сасвим млад. Своју супругу Флоренс, упознао је 1899. године, када су се и венчали. Тада су се настанили у Бристолу, Флоренс је радила у библиотеци, а Шарл је добио место професора француског језика у школи коју су касније похађала његова деца.

Показало се да је ова чињеница доста утицала на даљи развој његовог сина, Пола Дирака. Наиме, следећи родитељске амбиције, Дираков отац је желео да његова деца буду најбоља на часовима француског. Зато је инсистирао да се код куће говори искључиво француски. Полу се то није допало, тако да је код куће углавном ћутао. Читав живот Пол Дирак је остао ћутљив. Треба само да се захвали судбини што његов отац није предавао физику или евентуално математику.

Пол Дирак је кренуо у основну школу са 6 година. Врло брзо је показао изузетан таленат за математику, физику и хемију. Али, сем што је показивао незаинтересованост на часовима француског, памтили су га и наставници физичког васпитања - по изузетној трапавости.

Ипак, то му наравно није сметало да се упише у најбољу средњу школу у Бристолу тог времена. Та школа се налазила у истој згради у коју је био смештен и Технички факултет, тако да је већина наставника предавала и студентима на факултету, а лабораторије су биле јако добро опремљене. Показало се да је на образовање младог Пола Дирака позитивно утицало и избијање првог светског рата. Наиме, велики број студената је уместо у лабораторијама тад био у рововима, а да не би затварали лабораторије амбициозни професори су их отво-

рили за ученике.

Дирак се у лабораторијама јако лепо сналазио, па није чудно да је своје студије почео у истој згради - на Техничком факултету Бристолског универзитета. Знајући његове математичке способности, Диракови професори су били неугодно изненађени кад су сазнали да је Пол одлучио да студира на одсеку за електротехнику. А сам Дирак је то објаснио практичном чињеницом да се за живот не може зарадити ако се човек бави само математиком.

Када је 1921. године завршио факултет, Дирак је желео да настави школовање на Кембрицу - водећем научном центру у Енглеској. Ипак, то му није одмах пошло за руком, јер је лоше урадио пријемни испит. Понуђена му је мала стипендија недовољна за школовање. Разочаран, вратио се у Бристол, где је безуспешно тражио посао у струци. Тешка економска криза која је владала у Енглеској после Првог светског рата довела је до смањења потребе за електро-инжињерима. То је нагнало Дирака да се врати својој првој љубави - математици. Пристао је да студира математику, под условом да не мора ништа да плати. Пошто је на одсеку за примењену математику била уписана само једна студенткиња, професори су одлучили да дозволе Полу Дираку да јој се без икакве надокнаде придружи. Након две године, Дирак је дипломирао и математику. Поново је покушао у Кембрицу - и овог пута је успео. Добио је две стипендије које су му биле сасвим довољне да лагодно заврши докторске студије.

У Кембрицу је двадесетих и тридесетих година радила читава плејада истакнутих физичара. Дирак је тамо затекао легендарног Џ. Џ. Томпсона, који је први открио електрон. Томпсонов наследник на месту директора Кевендишке лабораторије био је Ернст Радерфорд, који је открио да у атому постоји нуклеарно језгро. Под Радерфордовим вођством радили су познати експериментатори: Капица, Блекет, Чедвик (открио неутрон), Гајгер (Гајгер-Милеров бројач), Мардсен, Кокрофт... Списак теоретичара који су радили на Кембрицу у то доба није ништа мање импозантан: Лармор, Едингтон, Милн, Фаулер, Ленард-Џонс, Канингем...

Диракова једначина

Један од најзначајнијих Диракових успеха је откриће релативистичке једначине за електрон. Та једначина се данас назива Диракова једначина, а откривена је 1928. године. Касније, Дирак се присећао да је почео да ради на својој релативистичкој теорији "играјући се са једначинама, а не покушавајући да открије неку конкретну физичку теорију." Резултат те игре је био фасцинантан - Дирак је показао да се основна карактеристика честица, спин, природно појављује у једначини која спаја кавантну механику и теорију релативности. Анализом решења, Дирак је предвидео постојање античестице електрона - позитрона - који је недуго затим и откривен. Баш за ово откриће Дирак је добио Нобелову награду.

Кад је пристао да напише популарни чланак о релативстичкој једначини електрона за Сајентифик Америкен, Дирак није знао да у тексту не сме да употреби ни једну формулу. То му се није допало, јер је он у својој једначини видео сву лепоту математичког израза коју је постигао. А да не би прекршио правила часописа, он је заиста написао чланак без формула, а на једној слици у позадини налазила се и једначина. Та једначина стоји и на Дираковом епитафу, а она изгледа овако:

$$i\gamma\partial\psi = m\psi.$$

Тако се Дирак на самом почетку каријере нашао у благотворној атмосфери предњег фронта науке. Имао је могућност да изучава физику под руководством истакнутих научника. Дираков научни руководилац био је један од главних теоретичара на Кембрицу тог доба Р. Фаулер, а када је Фаулер отпутовао у Копенхаген да ради заједно са Нилсом Бором, Дираковим научним истраживањем је руководио Е. Милн.

Дирак је био прилично самосталан студент, на предавањима се трудио да схвати само основне идеје. Остале материјале је сакупљао из других књига и оригиналних чланака. То му је омогућило да често дође до конкретнијих доказа или нових могућности за решавање мање познатих и добро продискутованих проблема. Тако су настали Диракови први научни радови. Чини се да је ова особина - да се на "обичне" ствари гледа на нов, необичан начин - својствена само истакнутим људима, научницима и уметницима. Корен такве способности треба тражити пре свега у умећу да се диве једноставним и обичним појавама у свету који их окружује.

Дирак је био веома посвећен научник. Није посећивао позориште, ретко је ишао у госте, мало је читао белетристику. Једина његова забава су биле дуге недељне шетње. Обично је узимао храну потребну за један дан и кретао је рано ујутро, а враћао се касно увече. За време таквих шетњи није се нарочито трудио да размишља о науци, али су му се баш тад јављале интересантне мисли.

Основна црта Дираковог карактера је спој високог професионализма с безграничним дивљењем према свету који нас окружује. То му је омогућило да врло брзо направи бриљантну научну каријеру. Дирак је докторирао са 24 године, када му је било 28 већ је био академик, са 30 је постао професор на познатој Лукасијанској катедри којом је својевремено руководио Исак Њутн. У 31-ој години Пол Дирак је добио Нобелову награду за физику и тако постао најмлађи нобеловац у историји. Овај његов рекорд још увек није оборен.

Дираков таленат за математику

Да би се разумео Дираков допринос физици потребно је много предзнања, али да би се препознао његов таленат и елеганција математичког мишљења довољно је познавање средњошколске математике. Наиме, док је био на докторским студијама, Дирак је једно време провео код Нилса Бора у Гетингену. У то време Борови сарадници су покушавали да реше следећи проблем: како записати све бројеве од 1 до 100, користећи број 2 четири пута и све математичке операције. На пример:

$$1 = \frac{2 \cdot 2}{2 \cdot 2}$$
$$2 = \frac{2}{2} + \frac{2}{2}$$
$$3 = \frac{2}{2} + 2 \cdot 2$$

Видевши проблем, Дирак се мало замислио и врло брзо је показао да је могуће записати сваки природни број користећи број 2 само три пута:

$$-\log_2 \log_2 \sqrt{\sqrt{\cdots \sqrt{2}}}$$

где је број корена једнак броју којег желимо да добијемо. Са истом математичком елеганцијом Дирак је нашао и једначину кретања за електрон, открио је позитрон, предвидео је магнетне монополе, установио је Хамилтонову анализу система са везама и још много, много тога.

Нобелова награда за физику 2004

Пише: *Слободан Бубњевић*

На традиционалној церемонији у Стокхолму поводом дана Нобелове смрти, 10. децембра, тројици америчких теоретичара - Дејвиду Гросу, Френку Вилчеку и Дејвиду Полицеру - званично је додељена Нобелова награда за физику. Ове године, Нобелов комитет наградио је рад који објашњава особине кваркова.

По свему судећи, кваркови су заиста фундаменталне честице. Они немају унутрашњу структуру и не могу се раздвојити у нешто мање. Посебно је занимљива њихова "заробљеност"" због које не постоје слободни кваркови, а ниједан од бројних експерименталних покушаја да се неки кварк истисне из хадрона није био успешан. Вечито заробљени унутар масивнијих честица, кваркови показују још једну чудну особину - понашају се као слободне честице на међусобно блиским, малим растојањима, што је у већини других физичких ситуација незамисливо. Ову карактеристику "асимптотске слободе" кваркова разоткрили су овогодишњи лауреати Нобелове награде Дејвид Грос (David Gross, p. 1941.) са Калифорнијског универзитета у Санта Барбари, Френк Вилчек (Franck Wilczek, p. 1951.) са Технолошког института у Масачусетсу (MIT) и Дејвид Полицер (David H. Politzer p. 1949.) са Технолошког института у Калифорнији. По одлуци Нобеловог комитета, овим заслужним физичарима следује диплома, Нобелова медаља, као и награда од 10 милиона шведских круна (1,1 милион евра) коју ће равноправно поделити на три једнака дела.

Изумитељ динамита

Нобелова награда додељује се од 10. децембра 1901. године, када је обележена пета годишњица смрти славног шведског научника Алфреда Нобела (Alfred Bernhard Nobel, 1833-1896), који је својим тестаментом засновао Нобелову награду. Нобел се родио 21. октобра 1833. године у Стокхолму у Шведској, али се већ са 9 година преселио у Русију где је његов отац Имануел са променљивим успехом водио неколико фабрика. Алфред је као дечак стекао одлично образовање, пошто су његови родитељи унајмљивали најбоље кућне учитеље у Санкт-Петерсбургу. Као вредан и надарен ђак, Алфред је већ са 16 година поседовао многа знања из природних наука, а уз то, течно је говорио пет језика. Пошто је показивао велико интересовање за хемију, био је послат на студије у Париз, а потом у Сједињене државе. Када су 1859. године послови његовог оца пропали, Алфред се вратио у Шведску и отворио малу фабрику за производњу нитроглицерина - тада тек откривеног - врло снажног експлозива у течном стању. Током периода од 1862. до 1865. године Нобел је у својој фабричкој лабораторији покушавао да од нитроглицерина направи поуздан експлозив у чврстом стању. То му је

пошло за руком и направио је динамит, чија је производња њему и његовој породици донела велики иметак.

Бољи свет

Поред хемије, Нобел се интересовао и за књижевност. Читавог живота био је усамљеник, а поред силног богатства, живео је аскетски скромно. Послове око производње и продаје динамита водио је са великим успехом и када је 10. децембра 1896. преминуо у Сан Рему, иза њега је остала права индустријска империја са преко 90 фабрика у поседу. Као хуманиста, Нобел је жудео за светом у коме влада мир и веровао у стварање бољег живота за све људе на планети. Тешко је подносио што се његов изум, динамит - осим при минирању у каменоломима, код градње тунела, путева и мостова - често користи и за убијање људи. Сматрао је да наука и уметност могу да допринесу развоју човечанства и зато је, својим тестаментом, цео иметак оставио за оснивање престижне међународне награде. Њом би се сваке године награђивали истраживачи и стваоци најзаслужнији за пет области које је Нобел сматрао пресудним по напредак цивилизације. Према његовој жељи, награда се већ читав век, сваке године додељује у пет категорија: за физику, хемију, медицину, књижевност и мир. Од 1969. године, Банка Шведске омогућила је увођење и шесте Нобелове награде - за економију.

Значај награде

Нобелова награда за физику има посебан значај. Строга селекција кроз коју пролазе сви кандидати обезбедила је да током XX века награду добију најзначајнији физичари. Награду, по Нобеловој жељи, додељује Шведска краљевска академија наука која се сваке године суочава са тешким задатком да награди најзаслужније физичаре, а да притом никог не заборави. Ретко спорна за област физике, Нобелова награда понекад ипак заобиђе истраживаче од великог значаја, пошто се не додељује постхумно - научницима који су преминули. У већини случајева комитет успева да награди најзаслужније, иако многи чекају на Нобелово признање две или три деценије од свог открића. Сматра се да Нобелов комитет не само што одаје признање и пружа значајну материјалну подршку највећим физичарима, већ избором дела физике из кога додељује награду, светској заједници физичара сугерише у ком смеру треба развијати читаву науку у наредним годинама. Тако је ове године, одлуком да се Нобелова награда за физику додели "за откриће асимптотске слободе у теорији јаке интеракције", Нобелов комитет поново скренуо пажњу на фундаментална истраживања структуре материје.

Стандардни модел

Добитници овогодишње Нобелове награде за физику - Дејвид Грос, Френк Вилчек и Дејвид Полицер - постали су познати још 1973. године, када су у часопису "Physical Review Letters" објављена два њихова рада о понашању кваркова на високим енергијама. У то време Вилчек и Полицер били су само дипломирани студенти. Њихов рад са про-

Заробљеност и слобода кваркова

Када се сноп високоенергетских електрона расејава на протону, уочава се да је до судара електрона дошло на тачкама унутар протона, што је један од доказа да унутар протона постоје од њега елементарније честице - кваркови. Током седамдесетих година, кваркови су својим особинама у много чему збуњивали физичаре. Јака интеракција, која делује међу кварковима, има прегршт необичних особина. На растојањима реда димензија хадрона у којима су кваркови заробљени, јака интеракција има тако велики интензитет да је немогуће раздвојити и ослободити кваркове. Међутим, што су кваркови ближи једни другима, јака сила међу њима све је слабија. Када се сасвим приближе, кваркови се понашају као слободне честице. То наликује замишљеној ситуацији са три затвореника која су узајамно везана еластичним ужетом - што се више удаљавају једни од других, сила која их повезује све је јача, а када се приближе једни другима могу да се крећу слободно. Управо овај феномен су 1973. године Грос, Вилчек и Полицер објаснили "асимптотском слободом" кваркова, што им је донело Нобелову награду.

фесором Гросом објашњавао је необично понашање кваркова на високим енергијама. Ово објашњење представљало је један од кључних корака у проучавању кваркова и стварању Квантне хромодинамике, теорије која описује кваркове, најелементарније од свих честица. Квантна хромодинамика омогућила је стварање потпуне слике Стандардног модела физике елементарних честица. Према Стандардном моделу, у природи постоје четири интеракције и 12 елементарних честица, као и 12 њихових античестица. Четири интеракције које Стандарни модел описује су електромагнетна, слаба, јака и гравитациона, а елементарне честице деле се на две групе: 6 лептона и 6 кваркова.

Кваркови

Физичари су кварковима дали необична имена - горе (up), доле (down), страност (strange), шарм (charm), дно (bottom) и врх (top). Ови кваркови у међусобним комбинацијама изграђују хадроне какви су протон (up+up+down) и неутрон (up+down+down), који потом граде атомска језгра. Језгро, изграђено од протона и неутрона, заједно са електронским омотачем чини атом, за који се пре само сто година мислило да је најмањи градивни елемент све материје у природи. Пут од магловите представе о материји сачињеној од недељивих атома до данашње релативно једноставне феноменологије елементарних честица у оквиру Стандардног модела био је дуг, али непрекидно узлазан. Када је, 1964. године, Гел-Ман објавио постојање кваркова, била су позната три кварка: горе, доле и страност. Десет година касније, 1974. године, приликом открића J/Ψ мезона, утврђено је постојање четвртог кварка, названог шарм. Пети, дно кварк откривен је 1977. године, да би 1995. године био откривен најмасивнији међу кварковима врх, чиме је Стандардни модел добио своју симетрију јер је број кваркова изједначен са бројем лептона. Без доприноса који су томе дали лауреати Нобелове награде, толики напредак у схватању структуре материје не би био могућ.

Планете, фудбал и палачинке

Пише: *др Александар Богојевић*

Лабораторија за примену рачунара у науци
Институт за физику

http://scl.phy.bg.ac.yu/

Фудбал и рингишпил

Кад посматрате нешто сложено важно је да разлучите битно од небитног. Замислите да до сада нисте никад видели фудбалску утакмица, а да вас интересује да научите њена правила. Због тога одлазите на стадион. Пуно ствари се истовремено дешава пред вашим очима. Двадесетак људи са кривим ногама трчи по терену, свако на своју страну. Десетине хиљада људи седи око вас. Велика већина гледа терен, али један човек поред вас већ пола сата нетремице буљи у згодну девојку са своје десне стране. Неки дувају у трубе. А да, ту је и нека лопта која се котрља час тамо, час вамо.

Ако све време будете пратили лопту онда ћете прилично брзо схватити основна фудбалска правила. Наравно, требаће вам куди камо више времена да схватите неке финесе ове игре, на пример, зашто сви певају "Оле, оле". Са друге стране, ако и ви будете буљили у ону девојку, онда ће фудбалска правила за вас још дуго представљати мистерију.

Наравно, није довољно само да знате у шта треба да гледате. Важно је и да знате одакле да гледате. Замислите да нисте на стадиону, већ да утакмицу посматрате дурбином из оближњег луна парка где се возите на рингишпилу. Е па управо из такве перспективе су људи хиљадама година покушавали да докуче правила кретања планета, јер наша Земља није ништа друго него рингишпил. Она се врти око своје осе и истовремено кружи око Сунца. Није ни чудо што су се толике мистерије везивале за кретања планета.

Сунце је господар нашег планетарног система. Хиљаду пута је масивније од џиновског Јупитера, триста хиљада пута од наше Земље. Одавде треба посматрати овај небески спектакл, не са Земље.

Наравно, Сунце је ужарена лопта и, мада је реч о звезди осредње величине, није баш згодно да смо јој много близу - са звездама се не треба шалити. Наместимо се зато на безбедном удаљењу непосредно изнад сунчевог северног пола. Поглед на доле нам говори да се Сунце полако окреће око своје осе. Ако пратимо оне пеге близу сунчевог полутара, видећемо да им је потребно око 27 дана да би направиле пун круг. Кретање им је у смеру супротном од казаљке на сату. Ништа чудно, то је просто дефиниција северног пола.

Окренимо поглед од бљештаве површине Сунца. Очи нам се постепено привикавају на мрак. Одједном опажамо светлуцаве објекте који круже око Сунца. Они ближи Сунцу изгледају као сићушне куглице, док остале видимо тек као светлеће тачке. За разлику од звезда, ове тачке се приметно

крећу - то су планете. Светлост која долази са њих је само одбљесак сунчеве светлости.

Планете се око Сунца крећу по елипсама у чијој заједничкој жижи се налази Сунце, то брже што су му ближе. Ове елипсе могу бити више или мање издужене. Орбите већина планета су толико мало издужене да их голим оком не можемо разликовали од кругова. Изузеци су Меркур и Плутон - најближа, односно најудаљенија планета.

Све те елипсе би могле бити нагнуте под ма којим углом у односу на раван која пролази кроз сунчев полутар. Могле би, то нам каже закон гравитације, но испоставља се да нису. Испоставља се да је сунчев систем заправо много једноставнији - сва догађања се, у доста доброј апроксимацији, могу сместити у ту једну једину раван. Добро, није баш тако - земљина орбита одступа неких 7 степени од те равни, али то је заиста мали угао. Највеће одсупање, 17 степени, показује орбита Плутона, но ни то није пуно. Немојмо цепидлачити, сунчев систем је раван ко палачинка. Зашто?

Планете и физика 21. века

Пре него што почнемо да се бавимо палачинкама мислим да је ред да вам објасним зашто сам се уопште одлучио да вам причам о планетама. На крају крајева, зар није реч о проблематици која је била интересантна физичарима седамнаестог и осамнаестог века, али која је данас много мање узбудљива? Ако сте ово помислили онда сте грдно погрешили. Планетарни системи, њихов изглед и настанак су управо постали једна од врућих тема физике на почетку двадесетпрвог века.

Планете људе фасцинирају одвајкада, а систематски их посматрамо већ неколико миленијума. Коперник и Кеплер су направили прве кораке у нашем разумевању тајни кретања планета. Коперник нам је показао како да сиђемо са рингишпила званог Земља и да до тада мистериозни плес планета по први пут сагледамо у свој његовој једноставности. Кеплер је први прецизно описао правилности тог једноставног кретања, а онда је дошао Њутн и из својих закона механике и гравитације извео све те уочене правилности. Планете су тако представљале важан део теоријске физике од самог њеног постања.

За разлику од кретања планета, размишљања о настанку планетарних система, међутим, су све до недавно пре припадала филозофији него физици. Најпознатија међу овим разматрањима је идеја до које су (независно) дошли Кант и Лаплас крајем осамнаестог века. Та идеја не припада филозофији зато што је Кант био филозоф (Лаплас је свакако био физичар), нити зато што је представљала груби, речима исказан сценарио догађаја пре него прецизни физички модел (у том тренутку се и није могло боље). Разлог зашто су до пре пар година све ове идеје биле на самом рубу физике је изузетно једноставан. Физика је, у својој бити, експериментална наука - то важи и за теоријску физику. Теоријски модел вам може бити јако леп, али ако немате експерименталне резултате са којим ћете упоредити предвиђања тог модела то није физика (ако је модел прецизан то је математика,

ако је непрецизан то је филозофија[1]). До пре само неколико година смо имали експерименталне податке о једном једином планетарном систему (о сунчевом систему), а кроз једну експерименталну тачку заиста није тешко провући не један него безброј лепих теоријских модела.

Разматрања о настанку планетарних система су пре шест године нагло постала део физике када смо открили прве планете које круже око других звезда. У овом тренутку се број екстрасоларних планета попео на 134, док је број планетраних система у којима видимо више од једне планете сада 14 (каталог екстрасоларних планета се налази на http://www.obspm.fr/encycl/catalog.html). Крајње је интересантно како "видимо" планете које су више десетина светлосних година удаљене од нас и чију светлост далеко надјачава сјај звезде око које круже. За сада их не видимо директно већ мерећи изузетно мале периодичне промене у кретању њихове звезде[2]. Било би лепо да се у неком од будућих бројева Младог физичара опише ова посматрачка метода, њене особине и ограничења, но у овом тренутку ће нас једино интересовати чињеница да метода веома успешно ради (дајући нам масе и удаљења ових планета од својих звезда), као и то да се предвиђа да ће применом усавршених верзија овог метода у следећих десет година бити откривено око десет хиљада екстрасоларних планета. Формирање планетарних система је тако постала врућа тема данашње физике.

Прича о облаку и палачинки

То што круже по елиптичним орбитама, то што се крећу брзинама којим се крећу, све то директно следи из закона гравитације. Међутим, чињеница да се све планете крећу у готово истој равни, у равни сунчевог полутара, то нема никакве везе са гравитацијом. То свакако не може бити ни случајност. Исто тако не може бити случајност што се све планете крећу у истом смеру око сунца, у истом смеру којим се сунце обрће око своје осе.

Чињеница да је сунчев систем раван нам шапуће тајне о његовом почетном изгледу - пре него што су постојале планете, пре него што се упалило Сунце.

Пре пет милијарди година није било ни Сунца ни сунчевог система већ се у ближој околини само могао приметити облак материје (углавном водоник и хелијум, али у мањем проценту и других, тежих, елемената). Облак се полако згушњавао под дејством гравитационог привлачења, а како се сабијао тако се полако и загревао и све брже

[1]Ако, са извесном дозом иронije, под филозофијом сматрамо сва она разматрања која су по својој природи таква да се не могу оповргнути, онда идеја Канта и Лапласа заиста није права филозофија. Напротив, њихова идеја се показала изузетно плодном и она данас представља основу већине модерних теорија које описују формирање планетарних система.

[2]Планете и звезда круже око заједничког центра масе, но тај центар масе је много ближи звезди пошто је она далеко масивнија од било које планете. Лако можете показати да се центар масе система Јупитер - Сунце налази на око 750 хиљада километара од центра Сунца, дакле унутар самог Сунца чији је полупречник отприлике дупло већи. Сунце тера Јупитер да иде по својој орбити али, за узврат, и Јупитер гурка хиљаду пута масивније Сунце да иде по кругу полупречника 750 хиљада километара. Споља гледано само се цини да се Сунце периодицно дрмуса (период је дванаест година - колико треба и Јупитеру да једном обиђе око Сунца).

обртао око своје осе[3]. Облак је тако постајао све руменији и, под дејством центрифугалне силе, мењао облик од сфере ка спљоштеном елипсоиду. У једном тренутку је на ободу тог елипсоида центрифугална сила надјачала силу гравитационог привлачења и почела је да се формира танка палачинка одбеглог материјала. Палачинка је била у равни полутара ротирајућег облака, била је истоветног састава као и остатак облака, а материјал у палачинки се обртао око централног дела облака у истом смеру као и сам тај централни део. Сад се десила једна интересантна ствар - мада је облак палачинци пренео тек мањи део своје масе, у истом тренутку му је пренео готово целокупни свој угаони момент. Чим се то десило централни облак је опет постао лоптаст и наставио је да се убрзано сажима, а тиме и загрева.

Присуствујемо изузетно драматичном чину - рађању једне звезде. Централни облак је све мањи, материјал је под све већим притиском и све топлији. У једном тренутку у средишту облака температура и притисак прелазе критичну вредност и укључује се термонуклеарна реакција (водоник постаје гориво). Део ободног материјала облака се у експлозији одувава у свемир, а остатак материјала постаје звезда. Звезда није ништа друго него компромис између гравитације која би да сав материјал сабије у једну тачку и термонуклеарне експлозије која би да тај исти материјал распрши у свемир. Компромис ће трајати док се не потроши сво термонуклеарно гориво[4]. Изузетно је интересантна прича о томе како умиру звезде, но о томе можемо причати неком другом приликом. У овом тренутку нас интересује рађање планета из онога што им је непосредно претходило - из палачинке[5].

Као што смо видели, непосредно по рођењу звезде је дошло до велике експлозије која одувава велику количину материјала из оближње палачинке. Пре експлозије, палачинка је имала исти састав као и материјал од кога је настала звезда, дакле тек око 1/1000 део материјала су чинили тежи елементи (сви сем водоника и хелијума). Експлозија је велики део материјала палачинке одувала у свемир. Наравно, много је лакше било одувати лаке елементе, поготово оне који су били у делу палачинке која је ближа звезди. После експлозије око звезде је остала једна сасвим другачија палачинка. У унутрашњем делу палачинке (оном ближем звезди) је остало сасвим мало материја-

[3]Разлог за ово вам је сигурно познат - реч је о очувању угаоног момента. Облак је имао неки почетни угаони моменат, али је прекривао велики простор (односно имао велики момент инерције) те се скоро неприметно окретао око своје осе. Сажимањем облака се није мењао угаони момент, али се смањивао момент инерције те је нужно дошло до пораста угаоне брзине. Исту ствар видите када клизачица на леду изводи пируету - брзину окретања око своје осе повећава тако што скупља руке ближе телу смањујући тиме свој момент инерције.

[4]Око 10 милијарди година за звезду величине Сунца. Сунце је сада готово тачно на половини свог животног века. Веће звезде су много топлије и живе далеко бурнијим али и краћим животом. Сасвим супротно важи за мање звезде које много штедљивије троше своје резерве термонуклеарног горива. На први поглед као да важи она народна изрека: "Жути жутују а црвени путују", но црвена боја одговара хладнијим, а тиме мањим, односно дуговечнијим звездама, док је боја расипничких звезда померена ка плавом делу спектра. За звезде би, дакле, правилније било рећи: "Жути жутују а плави путују"

[5]Стручни термин би био протопланетарни прстен, но ја бих да наставим да причам о палачинкама.

ла (углавном тежи елементи). На спољни део палачинке експлозија је имала много мањи ефекат те је ту састав остао приближно исти као и у звезди (углавном лаки елементи).

Драматични догађаји су прошли и материјал у палачинци је имао неколико стотина милиона година да се згушњава под дејством међусобног гравитационог привлачења. У житком тесту палачинке су се гомилале све веће и веће грудвице. Овај изузетно интересантан процес кондензовања мањег броја масивнијих објеката из материјала који је чинио палачинку се данас описује комплексним рачунарским симулацијама. Процес је изузетно сложен, но крајњи резултат овог процеса не мора нужно бити сложен.

Под одређеним условима, по завршетку процеса кондензације нам остаје десетак масивних објеката (планета), више стотина објеката средње масе (сателита, астероида) и огроман број сасвим лаких објеката (мањих астероида, комета и другог ђубрета). Унутрашње планете су мање и камене, спољне су масивније и гасовите. Остаје нам, дакле, нешто што веома личи на сунчев систем. Други почетни услови доводе до још једноставнијег крајњег стања. Кондензација је у овом случају много ефикаснија и сав материјал из палачинке на крају оформи једно једино масивно тело. Ако је довољно масивно и оно само ће постати звезда чиме се ствара систем бинарне звезде[6]. Трећи почетни услови доводе до мање ефикасног процеса кондензовања после кога око звезде наставља да кружи читава менажерија мањих објеката који оформе један или више прстена.

Постаје сасвим јасно да већина звезда у току свог постанка оформи палачинке које даљим кондензовањем могу постати или нове звезде или планетарни системи или прстенови сачињени од огромног броја мањих објеката. Задатак група који се баве овом проблематиком, као што је наша у Лабораторији за примену рачунара у науци на Институту за физику, је да утврде које звезде ће под којим условима створити планетарне системе и какви ће они изгледати. На крају крајева, највише нас интересује колико има планетарних система као што је наш, а колики део њих садржи планету као што је наша Земља - ни сувише велику, ни сувише малу, ни сувише топлу, ни сувише хладну... Расположиво време за наше теоријске моделе је сасвим кратко - за десет година ће нам астрономи на основу директних посматрања рећи одговор - на нама је да будемо бржи од њих.

Ексцентричне планете

Кеплер и Њутн су нас научили да планете круже по елипсама, но пример сунчевог система нам говори да су орбите јако добро описане и обичним круговима. Елипса није ништа друго него спљоштени круг, а мера спљоштености се зове ексцентрицитет. На основу једног јединог примера планетарног система ког смо до недавно имали мисили смо да планете генерално и нису много ексцентричне. Скоро да смо то могли и да до-

[3]Секундарна звезда сада има могућност да у току свог формирања и сама оформи нову палачинку која ће потом и сама наставити да се гравитационо кондензује.

кажемо - планете настају сударима огромног броја мањих тела. Свако од тих тела се иницијално кретало по некој елипси, али ефекат великог броја судара доводи до усредњавања - до крајње орбите која мало одступа од круга.

Из неког чудног разлога људи нису разматрали примере најексцентричнијих у сунчевом систему. Најексцентричнији је свакако Плутон (најудалејнија планета од Сунца), а после њега Меркур (планета најближа Сунцу). Чини ми се да је сасвим јасно зашто су оне и најексцентричније - обе су настајале на крајевима палачинке. Настајале су у сударима мањих тела, но сви судари су били "са исте стране" Сунца те је на тај начин поремећен процес усредњавања мноштва елипси које доводе до крајње кружне орбите. Плутон и Меркур су такође и најлакше планете (има и смисла пошто су се "храниле само са једне стране"). Колико је мени познато, нико се овим није до сада бавио а симулације овога типа нису посебно тешке. Индикација да смо на правом путу је Марс - планета која је трећа по реду по ексцентричности у сунчевом систему. Марс је растао у непосредном окружењу Јупитера који је (зато што је много масивнији) Марсу одузимао готово сав материјал са те (од Сунца даље) стране. Резултат тога је да Марс има десет пута мању масу од оближње Земље и да има много већу ексцентричност од ње.

Разлог зашто се до сада овим нико није бавио је вероватно у томе што, са изузетком Плутона, планете у сунчевом систему немају велике ексцентричности (чак би се и орбите Меркура и Марса голим оком тешко разликовале од круга). Но сада је сасвим другачија ситуација - међу првим екстрасоларним планетама смо открили обиље изузетно чудних (планете као Јупитер или још масивније које су од својих звезда удаљење тек колико Меркур, планете које су у великом броју случајева изузетно ексцентричне). У чему је ствар - да ли је могуће да је, супротно од очекивања, сунчев систем изузетак? Ако је тако онда је и број планета сличних Земљи далеко мањи, па је и драстично мањи и број места на којима је могао да се развије живот.

Мени се чини да ово није случај - да је разлог за то што међу првим екстрасоларним планетама видимо толико пуно чудака тај што су наше мерне методе сада посебно осетљиве на управо такве планете. Подсетимо се - ми детектујемо планете тако што посматрамо колико оне гуркају своје звезде. Најбољи начин да добијемо јак сигнал је да имамо релативно тешку планету која је на малом одстојању од релативно лаке звезде. Од помоћи је и да јој орбита буде ексцентрична (јер ће тако још више прилазити звезди). Чудним ли чудом - управо такве планете и видимо. Чини ми се да ће са профињењем мерних метода доћи до откривања све мањег броја планетарних система чудака, а све већег број "досадних" система сличних нашем. У сваком случају, били они ретки или не, и само постојање ових чудних планетарних система је ставило велики изазов пред физичаре који се баве настанком планета. Управо овакви изазови и доводе до напретка у физици.

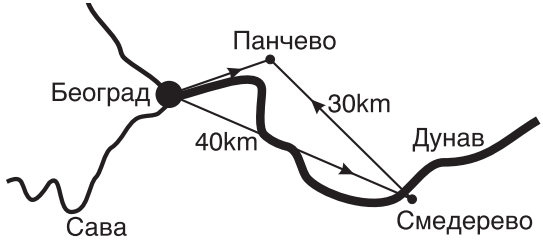
Како се сабирају брзине

Приредила: *проф др Маја Бурић*

Ако сам чекао пола сата и још сат, укупно сам изгубио сат и по. Ако сам добио динар, а после два, то је укупно три динара. Ако сам купио 200 g грожђа а после још 400 g, имаћу укупно 600 g. За време, масу и друге сличне физичке величине каже се да се сабирају аритметички.

Ипак, не могу се све величине тако једноставно сабирати и одузимати. На пример, од Београда до Смедерева има 40 km, а од Смедерева до Панчева 30 km, то не значи да када идем из Београда у Панчево да треба да пређем 70 km. Померања се не сабирају аритметички.

На који још начин могу да се сабирају величине? Правило ћемо лако наћи на нашем примеру. Нацртајмо три тачке које показују међусобни положај три места који нас интересују. Ове три тачке одређују троугао. Ако су познате две његове странице, може се наћи и трећа. За то, међутим, треба да знамо угао између страница. Кретање из Београда у Смедерево може се приказати стрелицом. Правац стрелице показује на коју стрену се крећемо. Овакве стрелице, усмерене дужи, називају се вектори. И пут од Смедерева до Панчева приказан је вектором.



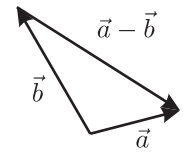
А како сад да прикажемо пут од Београда до Панчева? Наравно, одговарајућим вектором. Њега ћемо добити кад почетак прве стрелице спојимо са крајем друге. Тражени пут је дуж која затвара троугао.

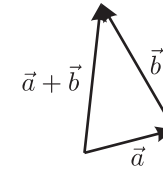
Сабирање које се врши на описани начин зове се геометријско, а величине, које се на тај начин сабирају су вектори.

Да би се разликовао почетак од краја дужи, цртамо стрелицу. Таква усмерена дуж, вектор, показује и правац и дужину.

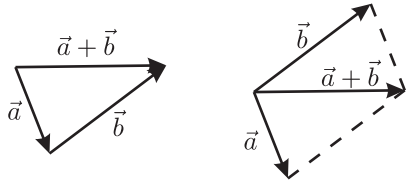
Исто правило можемо да применимо и на сабирање неколико вектора. Прелазећи из прве тачке у другу, из друге у трећу итд. прелазимо пут који се може приказати изломљеном линијом. Али, у крајњу тачку може да се дође и полазећи право из почетне тачке. Та последња дуж која затвара многоугаоник ће и бити векторски збир.

Троугао вектора, показује и како се вектори одузимају. За одузимање два вектора треба да почну у истој тачки. Вектор који почиње у крају другог а завршава у крају првог вектора је њихова разлика.





Осим правила троугла, за сабирање се може користи и правило паралелограма. Конструише се паралелограм над два вектора која почињу у истој тачки; збир ова два вектора је дијагонала паралелограма. Лако се види да су правило паралелограма и правило троугла еквивалентни.



Вектори се не користе само за опис померања; векторске величине се у физици врло често срећу.

Погледајмо, на пример, брзину кретања. Брзина је померање у јединици времена. Пошто је померање - вектор, онда је и брзина такође вектор, исто усмерен. При кретању по кривој линији правац померања се све време мења. Како онда одговорити на питање о правцу брзине? Мали одсечак криве има исти правац као и његова тангента. Зато померај и брзина тела у сваком тренутку имају правац дуж тангенте на линију кретања.

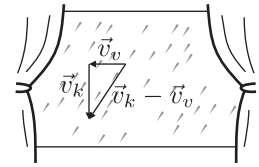
Брзине се сабирају и одузимају векторски у много случајева. На пример, брзине морамо да сабирамо векторски кад тело истовремено учествује у два кретања. Човек иде кроз воз који се креће; кап воде се слива низ прозорско окно воза; Земља се окреће око Сунца а заједно са Сунцем креће се у односу на друге звезде. У овим и другим сличним случајевима, брзине се сабирају по правилу сабирања вектора.

Ако су оба кретања дуж једне линије, онда векторско сабирање постаје обично сабирање у случају да су оба кретања усмерена на исту страну, а одузимање ако су кретања супротна.

А ако су кретања под углом? Онда треба да сабирамо геометријски.

Ако, при преласку брзе реке, чамац усмеримо попречно на ток реке, река ће нас однети низводно. Чамац учествује у два кретања: попречно на реку и низводно.

Још један пример. Сигурно сте некада гледали кишу из воза или аута. Чак и кад нема ветра киша пада укосо, као да у сусрет возу дува ветар.



Ако је време мирно, кап кише пада вертикално наниже. Али, док кап пређе висину прозора и воз пређе одређени пут и удаљи се од верикале пада, па зато и изгледа да киша пада укосо.

Ако је брзина воза $\vec{v}_v$ а брзина падања капи $\vec{v}_k$, онда се брзина капи у односу на путника у возу добија векторским одузимањем ова два вектора. Троугао брзина приказан је на слици. Правац косог вектора је правац у ком пада киша; сад је јасно зашто видимо да киша пада укосо. Дужина косе стрелице даје, у задатом систему јединица, величину брзине. Што брже иде воз и што су спорије капи, киша ће да пада више укосо.

Адијабатски процес

Пише: *Зорица Пајовић*

Различите области физике тесно су међусобно повезане. Тако се на пример, феноменолошка термодинамика и статистичка физика (молекулско кинетичка теорија) узајамно допуњују приликом описивања различитих физичких појава. Статистичка физика полази од индивидуалних микроскопских особина честица и покушава да предвиди понашање ових честица у великим скуповима, сводећи огромну количину информација о динамичким својствима честица на неколико макроскопских величина. За разлику од статистичке физике термодинамика се не користи никаквим претпоставкама и моделима о честичној структури материје. Она почива на чињеници (која је експериментално безброј пута потврђена) да тело, у топлотној равнотежи (на пример, гас у суду) заузима под одређеним условима тачно дефинисане, макроскопски мерљиве величине и само њих, без обзира на претходну историју система.

Један од најважнијих процеса који се разматрају у молекулској физици је адијабатски процес. Казаћемо да је процес адијабатски ако у току његовог трајања не долази до размене топлоте између термодинамичког система и спољашње околине. Адијабатски процес је могуће извести са гасом у цилиндру (слика 1) који је затворен покретним клипом, ако се клип креће довољно брзо, тако да је губитак топлоте кроз зидове цилиндра занемарљив, а с друге стране довољно споро, тако да је процес квазистатичан. При адијабатском процесу мења се температура гаса. Ако се гас адијабатски сабија, његова температура расте, а ако се адијабатски шири - опада. Наравно, у оба случаја се мења и притисак гаса.

Механизам измене температуре при адијабатском процесу

Поставља се питање са чим је повезана промена температуре при адијабатском процесу? Да бисмо одговорили на то питање размотримо најпре адијабатски процес са тачке гледишта закона одржања енергије, а затим и са становишта молекулско кинетичке теорије. Претпоставићемо да се гас адијабатски сабија (уколико би се адијабатски ширио, разматрање би било аналогно). При сабијању над гасом се врши рад услед спуштања клипа. Пошто је систем топлотно изолован, у складу са законом одржања енергије, рад је директно повезан са унутрашњом енергијом гаса, која се дакле, повећава при адијабатском сабијању гаса. Унутрашња енергија идеалног гаса састоји се од кинетичке енергије његових молекула. Њено повећање могуће је постићи само уколико расте кинетичка енергија молекула гаса. Температура гаса се јавља као мера средње кинетичке енергије молекула. Постаје јасно да адијабатско сабијање доводи до загревања гаса, док се аналогним разматрањем може закључити да се гас хлади при адијабатском ширењу.

Када се разматра промена температуре

при адијабатском процесу са тачке гледишта молекулско кинетичке теорије поставља се питање какав је механизам промене средње брзина молекула гаса и како је то повезано са температуром.

Молекули гаса, који испуњавају суд са слике 1, врше хаотично топлотно кретање, при чему се непрекидно дешавају међусобни сударимолекула и сударисазидовима суда. У случају идеалног гаса ти сударисе сматрају еластичним. При сабијању гаса клип се креће наниже. Појава у којој се молекули сударају са покретним клипом еквивалентна је сударима у механици у којима се куглица одбија од покретне плоче. После удара у клип молекули се одбијају, а пројекције брзина у правцу нормалном на клип порасту за износ $2|\vec{u}|$, где је $\vec{u}$ брзина кретања клипа. Наредни међумолекуларни судари доводе до тога да средња брзина хаотичног топлотног кретања расте, па се при том повећава и температура. Аналогним разматрањем закључујемо да се при адијабатском ширењу температура смањује, што је повезано са смањењем брзине молекула услед њиховог одбијања од клипа који се у том случају удаљава.

Основни закон адијабатског процеса

При адијабатском процесу промена запремине идеалног гаса се остварује променом његове температуре. Задатак у преосталом делу текста је да нађемо формулу која повезује температуру и запремину користећи молекулско кинетичку слику тог процеса.

Размотримо кретање молекула једноатомског идеалног гаса чија је брзина $\vec{v}$ и кинетичка енергија $\varepsilon = m\vec{v}^2/2$. Кретање молекула у простору могуће је представити као три независна кретања у правцу x, y и z осе (у том смислу се може говорити о три степена слободе молекула), која су повезана са одговарајућим пројекцијама v_x, v_y и v_z брзина молекула. Тада кинетичку енергију можемо писати као

$$\varepsilon = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = \tfrac{1}{2}mv_x^2 + \tfrac{1}{2}mv_y^2 + \tfrac{1}{2}mv_z^2. \quad (1)$$

Нас интересују само судари молекула са покретним клипом и то у случају адијабатског сабијања, тако да говоримо само о кретању низ осу x. Пошто се клип креће брзином $\vec{u}$, компонента енергије ε_x молекула после судара са клипом је

$$\varepsilon_x' = \tfrac{m(v_x+2u)^2}{2}$$

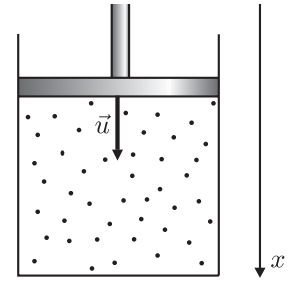
а промена енергије је

$$\Delta\varepsilon_x = \varepsilon_x' - \varepsilon_x = 2mv_xu + 2mu^2.$$

Пошто је $u \ll v_x$ у горњем изразу можемо да занемаримо други члан па је

$$\Delta\varepsilon_x = 2mv_xu. \quad (2)$$

Формула (2) описује промену енергије једног молекула услед једног судара са клипом.



Слика 1

Да бисмо одредили колика је промена у јединици времена целокупне унутрашње енергије посматраног идеалног гаса размотрићемо промену енергије свих молекула који се сударају у секунди са покретним клипом. Због једноставности, сматраћемо да се сви молекули гаса карактеришу истом бројном вредношћу пројекције брзине v_x. При том у било ком тренутку времена половина укупног броја молекула креће се ка клипу а друга половина од њега (у супротном би постојало кретање гаса као целине). За време t сударају се само они молекули који су се најпре кретали ка клипу, а потом од њега, и при том се налазе на растојању не већем од $v_x t$, тако да је број молекула који се сударају

$$N' = \frac{1}{2}\frac{N}{V} v_x t S \qquad (3)$$

где је N број молекула гаса у суду, V запремина суда, а S површина клипа. Енергија сваког од N' молекула се после судара са клипом мења за $\Delta\varepsilon_x$ тако да је укупна промена енергије гаса за време t

$$\Delta E = N'\Delta\varepsilon_x = 2\frac{N}{V}\frac{mv_x^2}{2} utS. \qquad (4)$$

Величина utS има исту бројну вредност, али супротан знак од промена запремине суда, тј. пошто је $\Delta V = -utS$, имамо

$$\Delta E = -2\frac{N}{V}\frac{mv_x^2}{2}\Delta V = -2N\varepsilon_x\frac{\Delta V}{V}. \quad (5)$$

Претходно разматрање је урађено под претпоставком да сви молекули гаса имају исту вредност пројекције брзине v_x, што не одговара реалној ситуацији. У стварности се сви молекули крећу различитим брзинама и постоји значајно растурање вредности ε_x. Због тога је у изразу (5) потребно узети средњу вредност енергије $\overline{\varepsilon_x}$ по молекулима

$$\Delta E = -2N\overline{\varepsilon_x}\frac{\Delta V}{V}. \qquad (6)$$

С друге стране, унутрашња енергија идеалног једноатомског гас који садржи N молекула је

$$E = \frac{3}{2}NkT \qquad (7)$$

где је *k* Болцманова константа, а *T* апсолутна температура гаса. Величина $3kT/2$ представља средњу вредност енергије молекула једноатомског идеалног гаса. Пошто се кретање молекула састоји из три независна равноправна кретања (по три координатне осе) јасно је да је $\overline{\varepsilon_x} = kT/2$ па израз (6) постаје

$$\Delta E = -NkT\frac{\Delta V}{V}. \qquad (8)$$

Да бисмо нашли везу између температуре и запремине потребно је да другачије запишемо горњи израз. При адијабатском сабијању мења се температура гаса, па можемо претпоставити да се при промени запремине за ΔV, температура гаса промени за ΔT. Тада је унутрашња енергија гаса, који садржи *N* молекула једнака

$$E' = \frac{3}{2}Nk(T + \Delta T)$$

а промена унутрашње енергије

$$\Delta E = \frac{3}{2}Nk\Delta T \qquad (9)$$

Изједначавањем десних страна једначина (8) и (9) долази се до следеће једнакости

$$NkT\frac{\Delta V}{V} = \frac{3}{2}Nk\Delta T \Rightarrow \frac{\Delta T}{T} = -\frac{2}{3}\frac{\Delta V}{V}. \quad (10)$$

Питање је како међусобно морају бити повезане температура *T* и запремина *V* гаса, да би при њиховим променама за ΔT и ΔV, респективно, била испуњена претходна једнакост. Показује се да та веза при било ко-

јој температури и запремини мора имати следећи облик

$$\ln T = -\tfrac{2}{3}\ln V + \text{const} \qquad (11)$$

где је ln природни логаритам, тј. логаритам за основу е (ученици који знају изводе нека провере овај резултат). Формула (11) се лако преписује на следећи начин

$$\ln(TV^{2/3}) = \text{const} \Rightarrow TV^{2/3} = \text{const} \quad (12)$$

што представља крајњу тражену формулу која повезује температуру и запремину при адијабатском процесу у случају једноатомског идеалног гаса. Степен 2/3 који фигурише у изразу (12) има одређени физички смисао. Може се показати да важи

$$\tfrac{2}{3} = \frac{C_P}{C_V} - 1$$

где су C_P и C_V топлотни капацитети при константном притиску и константној запремини респективно. Зато се закон који описује адијабатски процес, а који је представљен формулом (12), може написати другачије

$$TV^{\gamma-1} = \text{const}$$

где је $\gamma = C_P/C_V$.

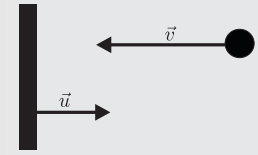
Претходно разматрање смо урадили уз претпоставку да се ради о једноатомском идеалном гасу. Међутим, формула (13) описује и многоатомске гасове, а једина разлика се огледа у различитим вредностима параметра γ. На пример, у случају двоатомског идеалног гаса $\gamma - 1 = 2/5$. Ова вредност је повезана са тим што је у случају двоатомског гаса унутрашња енергија $E = 5NkT/2$, јер двоатомски молекули могу да врше не само транслаторно, већ и ротационо кретање око осе која пролази кроз центар масе а која је повезана са одређеном енергијом. Због тога је степен $\gamma - 1$ другачији и износи 2/5.

Расејање куглице на покретној плочи

Прво разматрамо механичку појаву у којој куглица која се креће брзином *v* наилази на плочу која мирује. Једноставности ради ограничићемо се на случај нормалног упада куглице на плочу. После удара у плочу куглица се апсолутно еластично одбије, при чему интензитет њене брзине остаје исти, а смер постаје супротан.

У другом случају посматрамо појаву у којој се куглица која има брзину *v* креће ка покретној плочи чија је брзина *u* (слика 2). Да бисмо израчунали којом ће се брзином кретати куглица после судара са плочом која се креће ка њој, свешћемо овај случај на претходни. Заправо, посматраћемо појаву у систему везаном за плочу, у којем је брзина којом се куглица приближава плочи једнака *u*+*v*. Као што је већ речено, након судара интензитет брзине остаје исти, а мења се само смер. Да бисмо решили задатак потребно је вратити се у непокретни систем. Брзина којом се куглица удаљава од плоче је *u*+*v*, а пошто се сама плоча у односу на земљу креће брзином *u* следи да је брзина куглице у односу на непокретни систем 2*u*+*v*.

Значи, у случају еластичног расејања куглице на покретној плочи, повећање брзине куглице је једнако двострукој вредности брзине плоче.



Слика 2.

Пламен и гравитација

Пише: *Владимир Шамара*

У ери неонског светла, лед-диода, плазма екрана и осталих светлећих чуда пламен свеће изгледа тако једноставан и примитиван. Да ли је то баш тако?

Пламен свеће настаје када упаљеном шибицом истопимо и испаримо восак око фитиља свеће, а онда се те паре воска под утицајем топлоте цепају на молекуле и атоме који реагују са околним ваздухом. Приликом тих хемијских реакција (горења) ослобађа се топлота која испарава нову количину воска и тиме затвара круг набавке горива.

Са друге стране, сагорели гасови, настали горењем, топлији су од околног ваздуха, па по Архимедовом закону о сили потиска, иду на горе у правцу супротном од правца гравитационог убрзања. На место топлог ваздуха долази хладни ваздух са новим залихама кисеоника, који је неопходан за наставак хемијских реакција горења. Ово кретање топлих и хладних гасова (конвекција) формира пламен у познати облик капљице чији врх стоји усправно.

На овај начин се обавља непрекидно снабдевање пламена свежим горивом и кисеоником за неометан ток на хиљаде различитих хемијских реакција сагоревања угљоводоника које као крајњи продукт дају угљен-диоксид и воду уз ослобађање хемијске енергије у виду топлоте и светлости.

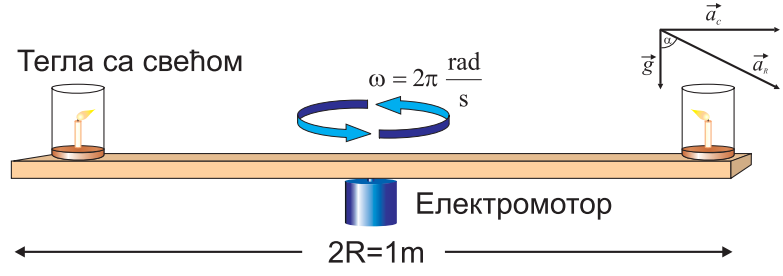
Иако је на први поглед утицај гравитације небитан за горење пламена, без гравитације не би било кретања гасова. То значи не само да не би имао карактеристичан облик, већ би се пламен угасио, јер не би долазиле нове залихе кисеоника.

Шта би се десило ако би осим гравитационог убрзања имали још неко убрзање, као нпр. центрифугално?

Изведимо експеримент са слике 1.

На осовину електромотора поставимо летву дужине 1 m, а на њене крајеве ставимо две свеће заштићене теглама. Заротирајмо летву електромотором тако да она направи једну ротацију у секунди. Угаона брзина читавог система је $\omega=2\pi$ rad/s.

Шта се сад дешава са пламеном свеће?



Слика 1. Свеће и центрифугална сила

Пошто систем ротира, осим гравитационог убрзања усмереног на доле (g=9,81 m/s^2) имамо и хоризонтално центрифугално убрзање усмерено од осе ротације, дато изразом

$$a_c = \omega^2 R$$

Ако уврстимо вредности из експеримента добијамо

$$a_c = 4\pi^2 \cdot 0,5 \, \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 19,74 \, \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Да бисмо добили укупно убрзање које делује на свеће (и пламен) потребно је да ова два убрзања векторски саберемо (Слика 1):

$$\vec{a}_R = \vec{g} + \vec{a}_c$$

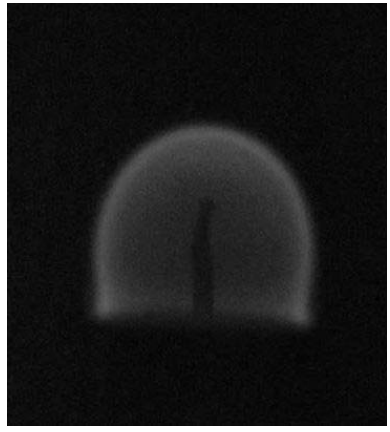
$$a_R = \sqrt{g^2 + a_c^2} = 22,04 \, \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Ово резултантно убрзање заклапа угао од

$$\alpha = \arctan \frac{a_c}{g} = 63,75^\circ$$

Шта ово практично значи? Да смо уместо свећа имали за даску прикачен висак, онда он не би висио вертикално већ би заклапао угао од α=63,75^0 са вертикалом. Слично је и са пламеном свеће. Пламен свеће се у мировању поставља паралелно са вектором гравитационог убрзања, али на супротну страну (према горе). Ако имамо ротацију пламен се поставља супротно од вектора резултантног убрзања (a_R), тј. према оси ротације (Слика 1).

Исти ефекат се може показати и са балоном пуњеним хелијумом. Замислите да дете држи балон док се вози у ауту. Ауто у пуној брзини наилази на кривину и док дете клизи ка спољашњој страни кривине услед центрифугалне силе, балон се нагиње ка унутрашњој кривини.



Слика 2. Пламен у слабом гравитационом пољу

Пламен у микрогравитацији

Видели смо шта се догађа са пламеном кад на гравитационо убрзање додамо центрифугално убрзање, али шта се дешава кад потпуно уклонимо гравитационо убрзање?

Као што је већ речено, гравитација је врло битна због циркулације гасова (конвекције) и у случају да ње нема, сагорели гасови остају на месту горења, а ни свеже залихе кисеоника и горива (паре воска) не могу да дођу тако да се пламен гаси. Такође нема ни карактеристичног облика пламена, већ се пламен формира у облику сфере (Слика 2). Ове пламене сфере се ипак не гасе у потпуности зато што кретања гасова ипак има, али не у виду конвекције већ у виду дифузије гасова. Пошто је овај вид мешања гасова знатно слабији, то је и расположива количина гасова знатно слабија. Из тог разлога је снага оваквог пламена стотињак пута мања него у гравитационом пољу, а пламен није жут већ је плав.

Препис новинског исечка пронађеног на тавану породичне свемирске летелице "Medium SR2004" (тренутно стациониране на планети HD 61628 b) са аутентичним коментаром непознатог аутора

Пише: *Јован Стојадиновић*

Од Епикура из Самоса, 300. п.н.е, преко Тенг Муа у XIII веку, Ђордана Бруна у XVI, Хајгенса крајем XVII, питање "Да ли смо сами у Васиони?" у XX веку долази до астронома који су у могућности да користе најсавременије технике и опрему у потрази за одговором.

Један од пионира, Петер ван де Камп, је од 1938. до 1981. проучавао поремећаје у сопственом кретању Барнардове звезде, убеђен да је открио две планете маса једнаких 0.4 и 1 маси Јупитера у орбити око ње. Нада коју су пробудили његови покушаји срушена је открићем да је више од 40 година радио са нетачним подацима, проузрокованим грешкама у оптици Спраул телескопа који је користио за посматрања.

Почетком 1992, Волцзан и Фреил су у часопису Нејчр (Nature) објавили откриће три планете око пулсара PSR 1257+12. Иако касније више пута проверено и потврђено, ово откриће није представљало довољно велику вест - и даље се чекало на откривање планета око неке звезде сличне Сунцу.

Чекање се окончало крајем октобра 1995, када су два швајцарска астронома, Мајор и Квелоз, публиковала откриће планете масе 0.47 масе Јупитера у орбити око звезде 51 Peg (која припада истој спектралној класи као и наше Сунце).

Тако је започела парада новооткривених планета. У тренутку писања овог текста откривено је 133 вансоларних планета, с тим да тај број расте скоро свакодневно.

До сада најуспешнија метода за откривање вансоларних планета јесте мерење промена у радијалној брзини матичне звезде, проузрокованих гравитационим утицајем тела у орбити око ње. Из тих података можемо добити информацију о маси и параметрима орбите планете.

Сличан поступак се користи приликом астрометријских мерења, тј. праћења малих померања звезде на небеској сфери, такође проузрокованих планетом или планетама које круже око ње.

Ако планета прође између посматрача и линије вида ка звезди, блокираће мали деоњене светлости, смањујући њен привид-

ни сјај - на томе се заснива метода транзита.

Новија метода, на којој се још увек ради, јесте коришћење ефекта гравитационог сочива у потрази за телима која не емитују светлост.

Масе до сада откривених планета варирају од око 0.04 до 17 Јупитерових маса (14 до 5400 маса Земље). Будућност трагања за вансоларним планетама ће се огледати у потрази за земљоликим планетама око звезда са главног низа, као и могућим директним снимцима неке вансоларне планете. Највише се очекује од свемирских летелица које ће лансирати NASA (Кеплер, TPF, SIM) и ESA (COROT, Дарвин, GAIA) у периоду између 2006. и 2014. године.

...хвата те клаустрофобија док седиш у малој хладној замраченој соби без прозора и без намештаја то је можда чак више најобичнија остава а не соба а што је још горе делиш је са парадом насмејаних зомбија сви сте ви мање више исти али ипак осећаш да се по нечему разликујеш да јесте и ти се сваког дана напајаш из справице у виду налик на утичницу изнад које пише Сол али ти то несумњиво радиш много боље од било кога другог ту је луди кепец Мерк који константно напаја само једну своју половину стварајући асиметрију која је постала чест мотив твојих кошмара па је ту охола тровачица Вене по чијем стално ужареном лицу видиш да у њој све просто кључа и да је одавно изгубила оно мало разума који је некад имала мада сумњаш да је ту било нечег битног од самог почетка затим иде Арс твој црвени бесни полубрат суве коже и седог темена којег је можда и најстрашније видети јер сигурно знаш да је у њему некада било живота пре него што се претворио у зомбија који сада стоји пред тобом онда је ту велики дебели Питер не желиш чак ни да размишљаш о њему и његовом замаглъеном погледу и великој црвени мрљи на образу која се просто усија када покуша да размишља најгора комбинација тако велики а тако глуп он је опасан по околину затим Сат са оним смешним и у ствари жалосним шеширом којег никад не скида и од којег је након свих ових година остао скоро само обод онда долази Ран који лежи на поду и никада не устаје и којег мораш тако да котрљаш као брвно до Сола па Птун са непоправљиво изгужваном одећом и фризуром као да је управо дошао са најветровитијег места на свету плавог лица и избечених очију која су огледало анксиозности која ври у њему (а и још свашта нешто осим анксиозности - тек ти је сада јасно зашто се Питер, Сат, Ран и Птун представљају као Гасовити Џинови) и на крају неуротични Лутон мали сиви реуматични остарели блесан који иде по соби сво време једном руком додирујући зид и мрмљајући ја сам планета ја сам планета ја сам планета...

* * * * *

Мислим, мора да негде можеш да пронађеш боље друштво од овог, ха?

Проблеми и парадокси

Припрема: *Новица Пауновић*

Парадокс (paradox): од грчких речи *para* што значи иза и *doxa* што значи мишљење, веровање.

Постоје бројне дефиниције шта је то парадокс и као што то обично бива, ниједна не обухвата у потпуности све могуће варијанте. Можда бисмо као референтну могли узети дефиницију из Енциклопедије Британике: "наизглед противуречна изјава, чија унутрашња противуречност или смисао могу бити откривени једино њеним пажљивим испитивањем. Сврха парадокса је да привуче пажњу и изазове свеже и неконвенционално размишљање".

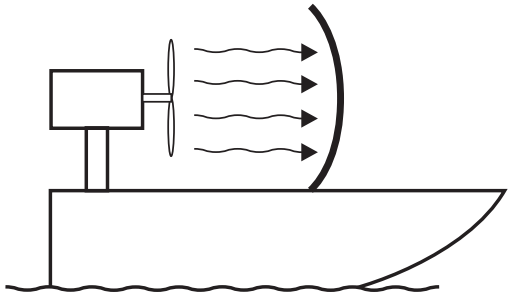
Парадокси су познати кроз целу историју западне филозофије. Један од најпознатијих античких парадокса је Епименидесов парадокс који је изјавио "Сви Крићани лажу!", а парадокс лежи у томе што је и сам Епименидес био Крићанин. Или један средњовековни религијски парадокс о Богу: "Може ли Свемогући Бог да створи камен који је толико велики да га ни он сам не може подићи?". Постоје различите врсте парадокса: логички, математички, семантички... а честе су и њихове комбинације.

Ми ћемо се овде бавити једном посебном врстом парадокса, а то су физички парадокси. Циљ нам је да наше читаоце наведемо да размрдају вијуге и употребе своје "кликере" на "свеж и неконвенционалан" начин. Из тог разлога биће ту и различитих проблема који заправо нису парадокси у ужем смислу, али траже мало мозгања. За разлику од већине задатака у овом часопису, проблеми у овој рубрици у највећем броју случајева не траже употребу формула, чак ни папир и оловку, међутим и даље траже схватање физике. Нећемо се бавити парадоксима као што су нпр. Зенонов или релативистички парадокс близанаца, јер су одвећ познати, и њихова се решења могу наћи свуда. Пажњу ћемо посветити проблемима и парадоксима који су мање познати, а везани су за свакодневне појаве. Покушајте да сами нађете решења ових проблема, а ако за неке и не можете, решења можете наћи ако окренете неколико страница Младог физичара.

1. У претходном броју Младог физичара имали смо опис рада фрижидера. Ако се врата фрижидера оставе отворени, хоће ли се расхладити соба? Зашто?

2. Према другом закону термодинамике, ентропија може само да расте (или остаје константна). Међутим, унутар фрижидера приликом хлађења долази до значајног смањења ентропије. У чему је решење парадокса?

3. Тема овог броја је физика у цртаним филмовима. У њима се често може видети нека варијанта "вентилаторског погонског система" који је приказан на слици. Зашто тај систем није могућ?



4. Иду хладни дани, и многи домови се греју пећима на угаљ (или дрва). Ако се пећ налази на брду или чак планини, при подизању угља на ту висину он добија знатну потенцијалну енергију. Како та енергија не може ишчезнути, приликом сагоревања угља на тим местима се ослобађа више топлоте, зар не?

Доказ да је 2=1

Ево једног математичког парадокса.

1. Нека је	$a=b$
2. Помножимо обе стране са a	$a^2=ab$
3. Одузмимо од обе стране b^2	$a^2- b^2=ab- b^2$
4. Факторизујмо обе стране	$(a + b)(a - b) = b(a - b)$
5. Поделимо са $(a - b)$	$a+b=b$
6. Искористимо $a=b$	$2b=b$
7. Поделимо обе стране са b	$2=1$

У ком кораку је грешка и зашто?

5. Познато је да класични инструменти као што су гитара, виолина, контрабас, итд. имају дрвено кућиште (тзв. резонатор) које вишеструко појачава њихов звук. Међутим, како је са становишта закона о одржању енергије уопште могуће да дође до појачавања звука?

6. Приликом осциловања жице на гитари њена брзина, а тиме и њен механички импулс се непрекидно мењају. У тренуцима максималне елонгације, када се она зауставља, њен импулс је нула, док је у тренуцима проласка кроз равнотежни положај њена брзина, а тиме и импулс највећи. Видимо да њен импулс непрекидно осцилује између нуле и неке максималне вредности. Али како то усагласити са законом одржања импулса?

7. Током летњих месеци сте се сигурно понекад ресхлађивали испред вентилатора. Ако бисте ставили термометар испред њега, шта би он показао? Нижу, исту или вишу температуру од околног ваздуха. Зашто?

8. Познато је да се у чврстим телима звук обично преноси много боље него у ваздуху (сећате ли се из прошлог броја како су млади Пупин и његови другови комуницирали?). На пример, у стаклу је брзина звука око 4800 m/s, што је скоро 15 пута више негу у ваздуху. Ако стакло боље преноси звук него ваздух, како то онда да се бука са улице смањује када затворимо прозор?

Прича из CERN-а

Храм физике модерног доба (и откуд ми тамо)

Пише: *Ђорђе Радичевић*

Сви који су пажљиво читали прошли број "Младог физичара" могли су да примете и један кратак чланак на четвртој страни у коме се говори о највећем научном инструменту на свету. Реч о LEP-у, акцелератору честица који се налази на самој француско-швајцарској граници, у близини Женеве. Овај чланак говори о тој, а и о још неким интересантним скраћеницама као што су LHC, ATLAS, CMS, CERN, GRID..., а уз све то се нашло места и за причу о томе како се екскурзија физичара из Србије нашла у Женеви, шта смо тамо радили и како смо се провели.

Двадесето столеће је од самог почетка имало карактеристику доба физике. Све успешније објашњавајући свет који нас окружује уз помоћ математичких једначина (које су, руку на срце, и даље неразумљиве већини људи), физика се у току прошлог века развила више него што је ико могао претпоставити. Међутим, да би доказали да нове теорије нису само пука нагађања и плод маште (простор-време које се савија као гумени лист није баш наша прва представа о свемиру, зар не?), међу физичарима се јавила потреба да изврше експерименте којима би потврдили своје претпоставке. Почеле су да се отварају нове, модерне лабораторије за нуклеарна истраживања које су имале за циљ продирање у саму суштину материје изучавајући најелементарније честице од којих је она изграђена. Може се рећи да је развој нуклеарне физике достигао своју прву кулминацију четрдесетих година двадесетог века, у току Другог светског рата, када је цео свет на примеру Хирошиме и Нагасакија увидео колику је моћ физика успела да створи изучавајући нуклеарне реакције.

Други светски рат је такође навео огроман број европских физичара да се упуте ка Америци трбухом за крухом. Владе водећих европских земаља су током послератне обнове донеле одлуку да се удруже и саграде највећи дотадашњи институт за истражива-

Место са којег се све надгледа: управна зграда CERN-а

ња микросвета, увидевши да ће у супротном Сједињеним Државама потпуно препустити примат у области физике, а самим тим и у области модерног наоружања. Овакав подухват је служио и да се државе које су доскора међусобно ратовале - помире. Октобра 1954. године, представници дванаест европских држава (међу којима је била и тадашња Југославија) су потписали споразум о стварању савета за нуклеарна истраживања - **C**ounseil **E**uropeen pour la **R**echerche **N**ucleaire (на француском) - скраћено CERN. Седиште овог савета се, као и његове лабораторије, налази у околини Женеве, у Швајцарској. CERN је у току свог педесетогодишњег постојања био и остао највећи научни комплекс икад изграђен.

За ових педесет година постојања, CERN се развио у прави мали град са улицама које носе имена великих научника. Физичари који су ту радили у току друге половине прошлог века кривци су за откривање великог броја тајни елементарних честица. Данас, он има више од три хиљаде стално запослених научника и заузима простор од преко једног квадратног километра. Као такав, CERN се са правом може сматрати храмом физике двадесетог века у коме се увек могу затећи групе "ходочасника" - гостујућих научника, којих у просеку има двоструко више од стално запослених. Осим за научнике, земље чланице CERN-а (којих сада има двадесет, али ми више нисмо међу њима јер смо одавно изгубили корак са Европом) организују и екскурзије за ученике и професоре у којима се ови упознају са радом Института. Иако наша држава није чланица Савета, наши научници који учествују у раду на CERN-овим пројектима, првенствено др Петар Аџић из Института за нуклеарне науке Винча, успели су да организују прву екскурзију из Србије која је трајала од 6. до 12. октобра, а чији су покровитељи били CERN, Министарство просвете и спорта и Министарство за науку, развој и технологију Републике Србије.

Друштво физичара Србије и Истраживачка станица Петница, задужени за организацију екскурзије са наше стране, одлучили су да овом екскурзијом награде најбоље младе физичаре, ученике средњих школа и студенте, као и најуспешније професоре физике - све заједно 40 особа. Путовали смо аутобусом који је обезбедило ДФС (релација Београд - Женева, са краћим паузама у Хрватској, Словенији и Француској); путовање је трајало тек нешто више од пуног дана, тако да препоручујемо ову руту свима онима који су жељни добре, дуге вожње аутобусом по италијанским аутострадама и

Истраживачка станица Петница је екскурзијом у CERN наградила полазнике својих семинара (пре свега физике, а затим и астрономије и електронике) који су се истакли у досадашњем истраживачком раду, док је Друштво физичара Србије наградило путовањем најбоље студенте физике и ученике средњих школа који су прошле године остварили значајне успехе на Савезном такмичењу. Нажалост, није било прилике да се награде сви који су путовање заслужили својим досадашњим радом. Остаје нада да ће се овакве или сличне екскурзије организовати поново у другом саставу. (Скромни предлог аутора текста је да би следећа екскурзија за дестинацију могла имати TEVATRON, амерички еквивалент (да не кажемо слабију верзија) CERN-а)

кроз подалпске тунеле дуге до једанаест километара. Наравно, овако напоран пут није обесхрабрио групу младих (све је релативно!) физичара авантуристичког духа - неки су, штавише, преспавали већи део путовања. Они који су били будни, а нису патили од болова у леђима после спавања на аутобуским седиштима, били су награђени величанственим погледом на врхове Алпа.

Када смо коначно стигли у CERN поздравио нас је др Аджић, организатор екскурзије, притом нам изложивши план наше посете. Генерално, преподне и рано поподне су свакога дана били резервисани за разгледање Института, док је остатак дана био углавном слободан, те смо имали прилику да више пута "скокнемо" до Женеве и вратимо се назад у ситне сате - под условом да приликом повратка убедимо чувара на улазу у CERN да смо ми заиста њихови гости, а не група туриста који би да виде како изгледају постројења после поноћи.

Пошто за први дан нису биле предвиђене активности у оквиру CERN-а, одлучили смо да поподне искористимо за упознавање Женеве. Све продавнице у Женеви се радним данима затварају најкасније до девет сати, тако да у току вечери нема пуно тога да се ради осим да се лута улицама, шета поред Лемана (Женевског језера), посматра моћни вештачки гејзир и разгледају затворени излози (који су, с обзиром на наше финансије, били затворени за нас и током радног времена). Иако је Женева мали град са око двеста хиљада становника, култура града је на високом нивоу. Приче о томе како је у Швајцарској све стерилно чисто су се испоставиле мало претераним, иако су сви делови града (од старог града у ком доминирају степеништа и уске уличице са пуно шарма до предграђа са пространим вишеспратница-

100% природан сат -
и показује тачно време!

Поглед на четврт
старог града у Женеви

Ако се већ не излази у град, најбоље место за провод у CERN-у је кухиња за госте. У хостелима Института постоји кухиња са трпезаријом у којој гости могу да од своје хране направе јело ако ресторан не ради у време када се врате са свог посла. Кухиња је пријатно место за провођење вечери са друштвом; сви гости су опуштени и пријатељски настројени - научници су чак и разговарали са нама, желећи да открију одакле смо јер их је занимао језик на ком смо причали. Међутим, иако су нас организатори хвалили као изузетно организовану и дисциплиновану екскурзију, то није спречило ауторитете да нам на једно вече искључе светла у кухињи јер смо били гласни претходне вечери. Тек да се зна како смо примљени...

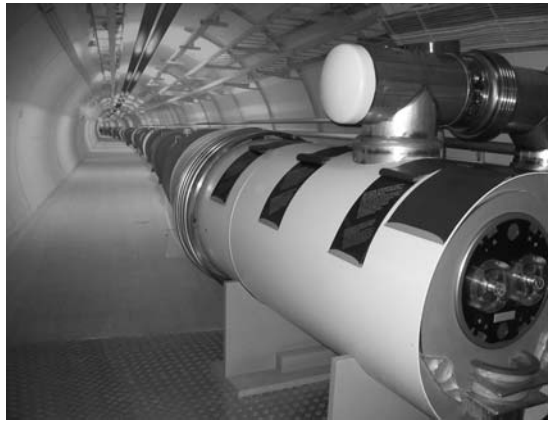
ма) изузетно педантно уређени. Швајцарска је такође и земља са највишим приходом по глави становника у свету - просечна месечна плата износи око 7000 франака, што је нешто више од 5000 еура!

Елем, назад у CERN, где смо се наредних дана упознали са највећим научним пројектом у историји - LHC (Large Hadron Collider - Велики хадронски сударач). Као следбеник дотадашњег највећег акцелератора LEP-а, размонтираног 2000. године, LHC на себе преузима улогу носиоца развоја физике, јер ће управо овај акцелератор, у коме ће се сударати убрзани снопови честица, моћи да потврди тренутно важећи скуп хипотеза о настанку и функционисању свемира - тзв. Стандардни модел. Као најмоћнији акцелератор до сада изграђен, LHC ће моћи да убрза честице до енергије 14 TeV. Поређења ради, 1 TeV је кинетичка енергија коју поседује један комарац док лети. "Па", рећи ће неки, "то није ништа, човек може имати много већу кинетичку енергију од тога док хода!" Међутим, у акцелераторима толику енергију поседују честице хиљаде милијарди пута мање од комарца!

У току обиласка института имали смо прилику да посетимо два од четири "пот-

Коначно смо се сви нашли на једном месту... То је морало бити овековечено!

пројекта" LHC-а: детекторе честица ATLAS и CMS, који ће имати задатак да, када се снопови честица у LHC-у сударе, бележе настале типове честица. Главни циљ сваког од четири детектора је да открије одређене честице за које теорија предвиђа да ће се јавити у току судара. Од свих честица које настају приликом судара два снопа при веома високим енергијама, постојање једне од предвиђених честица још увек није потврђено - тзв. Хигс бозона или Божанске честице. Ова честица је врло важна јер управо она обезбеђује механизам који осталим честицама омогућује да имају масу. Детектори LHC-а ће бележити све честице које настану у току судара и од милиона забележених честица ће трагати за неколико посебних које би потврдиле постојање Хигс бозона; са друге стране, не постоји стопостотна сигурност да ће ова потрага бити успешна и да цео пројекат, чија се вредност мери у стотинама милиона долара, неће пропасти.



Изложба Microcosm...

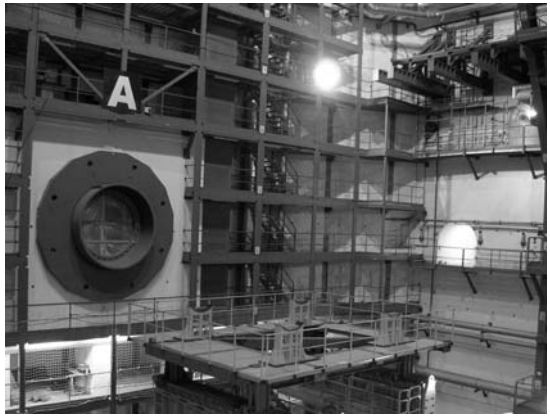
Обрадити милионе информација проистекле из једног судара није превише компликован поступак за данашње компјутере. Међутим, када се ради о милионима судара, чак и најбржим компјутерима може да треба више година. Да би убрзали процес обраде података, CERN-ови научници су почели да користе мреже рачунара не би ли тако што пре завршили процес. Од "невиног" научног пројекта зачетог пре тридесетак година настао је, ко би рекао, данашњи World Wide Web, WWW. Више нема потребе рећи: нека дела говоре сама!

Иначе, да би LHC-ови резултати били обрађени што пре, почео је рад на пројекту GRID, "великом брату" WWW-а. Зато позивамо све читаоце Младог физичара да у есеју од око хиљаду речи опишу своју визију света у коме је GRID толико свакодневан као што је сад WWW и да нам пошаљу своје радове, од којих ће најбољи бити награђени путовањем у CERN*).

*)Ово је била шала.

У "Младом физичару" бр. 96 је напоменуто како су се акцелератори LEP-а налазили на 100 m испод површине земље. Нови акцелератор користи исти тунел за своје акцелераторе, тако да смо имали прилику да боравимо на сто метара испод површине земље и да посматрамо како се граде детектори честица. Оно што је нас посебно фасцинирало, поред самог детектора, јесте то што је у овом подземљу сигнал мобилних телефона јасан као на површини земље - то је зато што је у тунелима инсталиран предајник за мобилне телефоне како би радници могли да комуницирају са остатком света.

Поред градилишта детектора, у оквиру CERN-а смо посетили и изложбу Microcosm у којој су на приступачан начин описане основе рада акцелератора, али ту је и мноштво



Е, ово већ није имитација...

других експоната који се тичу свемира, Великог праска, микросвета... Ту су изложени и модели разних делова LHC-а.

Не можемо а да не поменемо и предавања др Аджића о раду CERN-а које је он организовао за нас сваког јутра. На њима је наш домаћин покушавао - са пуно успеха - да нам приближи рад CERN-а, али и живот научника који су изабрали да ту раде; такође је искористио и прилику да нас заинтригира за посао у CERN-у не бисмо ли и ми једном дошли да ту радимо.

У току наше посете у мисији СЦГ при Уједињеним Нацијама у Женеви је организован пријем за све нас захваљујући љубазности нашег амбасадора Дејана Шеховића. Имали смо прилику да попричамо са запосленима, Србима који живе у Женеви (а нису физичари), где смо сазнали доста о томе какав је живот наше дијаспоре у Швајцарској, али такође нисмо пропустили шансу да дознамо где су најбоља места за куповину у Женеви јер нас је тог поподнева чекала још једна шетња градом. У граду смо пробали разне кулинарске специјалитете којих нема у нашој земљи (мада баш и нису традиционална швајцарска храна), као што је пилетина на индијански начин или азијско јело фонди које се кува за самим вашим столом. Такође, имали смо прилику и да упознамо ноћни живот Женеве у току викенда - јер радним данима практично и нема ноћног живота.

Три дана у Женеви су пролетела и дошло је време да се опростимо од наших домаћина и кренемо кући. У току путовања кроз Италију свратили смо у Верону, град љубавника, и посетили чувени Јулијин балкон испод кога су на зид залепљене или прикачене поруке и мисли заљубљених људи из свих крајева света, па није чудно што смо на том зиду имали прилику да нађемо и поруке на српском језику. О томе да ли је после наше посете на зиду било више порука него пре, мораћете се распитати лично код учесника екскурзије.

Екскурзија се званично завршила када смо стигли у Београд. Промицале су ситне кишне капи, и по романтичним речима једне од учесница екскурзије "и небо је плакало заједно са нама". Поздравили смо се са нашим старијим пратиоцима и пријатељима, старим и новостеченим, уз обећања да ћемо се свакако чути опет. Иако кратко, ово путовање је сигурно оставило дубоке утиске на све учеснике, те нам остаје нада да ће се и следећих година јавити могућности за овакве екскурзије.

Хаос, универзалност и скалирање

Пише: *Михаило Чубровић*

Овај чланак је замишљен као неформални увод у теорију хаоса, и то на примеру једног истраживања везаног за хаотични транспорт у конзервативним системима и тзв. ефекте скалирања који се овде јављају. Наравно, после овакве реченице дужан сам читаоцу неколико објашњења. Први термин који се јавља – хаос – већ је добро познат: под хаотичним системом подразумева са такав систем, у коме сваки поремећај, ма како мали био, временом нарасте толико да квалитативно измени понашање система. У овом истраживању, проучавани су само конзервативни системи – системи у којима се одржава енергија.[1] Овде нема чувених чудних атрактора, типичних за дисипативни хаос (тј. за хаос у системима са губитком енергије). Кретање се обично описује у тзв. фазном простору, који чине координате и импулси. Тако ће нпр. систем у равни имати четвородимензиони фазни простор – две координате и два импулса.

Ми ћемо разматрати тзв. *пертурбоване* системе – системе облика $H_0 + \epsilon H_1$, где је са H_0 означен регуларан систем, тј. систем у коме нема хаоса, а са H_1 поремећај (пертурбација) који га чини хаотичним; ϵ је бездимензиони параметар који представља јачину поремећаја – када је он једнак нули, систем ће, јасно, бити регуларан. Како изгледа фазни простор једног оваквог система? Пун је чудних структура, веома нестабилних – тзв. резонантних региона у којима се честице понашају изразито хаотично, као и стабилнијих зона, које су испресецане слабо пропустљивим баријерама које значајно успоравају транспорт. Један типичан "пресек" фазног простора, на коме се јасно уочавају тзв. лепљиве (енг. sticky) области, у којима, због њихове стабилности, честице остају дуго (па изгледају тамни, због мноштва трајекторија које се овде дуго задржавају), дат је на слици 1. Дакле, кретање честице кроз фазни простор може се моделирати као смењивање веома нестабилних региона, којима одговарају периоди брзог транспорта, и стабилнијих региона, у којима је транспорт далеко спорији. Пажљивија анализа, изведена коришћењем резултата теорије конзервативног хаоса, показује да постоје четири битно различите врсте региона, а према томе и транспортних механизама. Неки примери путања могу се видети на сликама 2 и 3. За сваки од четири поменута типа транспорта, постављена је тзв. фракциона кинетичка једначина, која личи на једначину дифузије, али омогућава опис кретања кроз неке "егзотичне" структуре (в. даље), што није могуће учинити "обичном" једначином дифузије, каква се користи нпр. за опис дифузије једног гаса кроз други.[2]

Као последњи корак, преостаје "обједињавање" различитих решења, што је учињено математичким поступком познатим као конволуција, а који излази ван оквира оваквог чланка. И, напокон, шта је у свему овоме толико занимљиво? Појава *уређености* у хаосу. Наиме, показује се да хаотичне структуре, као оне приказане на слици 1, и нису баш тако неправилне. У њима се јављају и самослични – фрактални облици. И појам фрактала вам је вероватно познат – у питању су објекти чији делови изгледају исто на различитим скалама (увеличањима). Пример се може видети на слици 4. На слици 2 такође можете уочити известан степен самосличности. Управо ова појава другачије се зове *скалирање* величина – ако одговарајући број пута смањите дужину, следећи ниво хијерархије изледаће исто као и претходни. Ово "смањење дужине" (и осталих величина које је потребно пропорционално изменити) зове се *ренормализација*.

У овом случају, показано је да ренормализација доводи до сасвим једноставних закона који описују "бежање"

[1] Заправо, ради се о хамилтонијанским системима који, с једне стране, и не морају да одржавају енергију, а са друге стране, нису једини системи који је одржавају. Ипак, ради једноставности, у овом чланку ћемо разматрати конзервативне системе, уз ограду да већина реченог, заправо, важи за хамилтонијанске системе.

[2] За оне који боље познају кинетику, у питању је генерализација Фокер-Планкове једначине. Приближно решење има облик $\langle d^2 \rangle = \mathcal{D} t^{\mu}$, где је $\langle d^2 \rangle$ средњи квадрат пређеног растојања у фазном простору, $\mathcal{D}$ уопштење коефицијента дифузије, а μ бездимензиони, позитивни експонент. Можда примећујете да се за $\mu = 1$ добија из школе познати Фиков закон дифузије.

честица на хаотичним путањама. Ови закони се зову релације скалирања (енг. scaling relations), и често се појављују у статистичкој физици (управо као последица ренормализације), нпр. у моделима феромагнетика. Новији радови из теорије хаоса показују да се овај концепт може применити и на описивање појава из нелинеарне динамике – што смо ми и учинили у конструкцији једначина транспорта. Решења оправдавају очекивања – доводе до закона скалирања, и то у два различита режима. Тако се за време бекства $T_{\rm esc}$, тј. време које је потребно да честица доспе у повезан јако хаотични регион (из кога, ако има довољну енергију, брзо одлази у бесконачност), добијају следећи закони скалирања:

$$T_{\rm esc} \propto \exp\left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon}\right)^{\beta}, \tag{1}$$

$$T_{\rm esc} \propto \epsilon^{-\alpha}, \tag{2}$$

где је ϵ_0 вредност јачине пертурбације која одговара "фазном прелазу" између експоненцијалног, мање хаотичног режима (за $\epsilon < \epsilon_0$), и степеног, хаотичнијег режима (за $\epsilon > \epsilon_0$)[3]. Позитивни експоненти α и β су универзални за дати систем. Ова релација манифестује се у физичким системима као нагли прелаз из слабог хаоса у јак. У физици плазме познати су случајеви када и поред повећавања пертурбације плазма остаје веома стабилна (јер је, по нашој једначини (1), време бекства честице експоненцијално велико у односу на саму јачину пертурбације) – све док јачина пертурбације не достигне неку критичну вредност. Тада одједном почињу да се запажају изразите нестабилности и брза дифузија[4]. Други примери реализације једначина (1) и (2) у природи су, рецимо, астероидни појас (у коме се запажају, што се стабилности кретања тиче, две врсте објеката, које одговарају нашем експоненцијалном, односно степеном режиму) и галаксије, у којима је извор пертурбације обично црна рупа у центру.

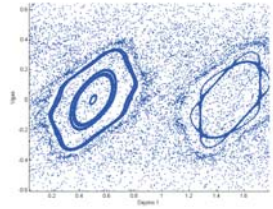
Овде описаним поступком могу се извести и још неке релације скалирања, нпр. за вероватноћу бекства, али се ми сада нећемо бавити њима, јер је и овај пример, чини ми се, довољан да покаже оно најзанимљивије у теорији хаоса (физичари, иначе, више воле да користе термин *нелинеарна динамика*, који је заправо адекватнији) – њену применљивост на мноштво различитих објеката и појава. Исти типови динамичког понашања запажају се у галаксијама и звезданим јатима, планетарним системима, плазми, јонизованим гасовима, па чак и у јатима хладних атома. Укључивањем дисипације, применљивост нелинеарне динамике се још више шири, па се у њеним оквирима могу проучавати и јако дисипативна плазма, флуиди, развој турбуленције, простирање светлости у разним срединама, ... Још једна важна предност нелинеарне динамике јесте брз развој компјутера, који омогућава симулирање сложених система – данас основни метод проучавања нових појава у теорији хаоса (јер је немогуће изводити експерименте у оноликом броју и онако јефтино као нумеричке симулације, а да и не говоримо о системима са којима се никакви експерименти не могу изводити, као што су галаксије). Овај аспект овде због недостатка простора није ни дотакнут, иако је био итекако присутан за време рада на овом проблему (шта мислите, како су добијене слике?). Коначно, ова област не мањка ни занимљивим нерешеним проблемима, међу којима је најизазовнији свакако развој турбуленције у флуидима, за који је Хорас Лемб рекао: "Остарио сам бавећи се проблемима електромагнетизма и динамике флуида. Када умрем и стигнем у рај, надам се да ћу себи разјаснити две велике тајне, квантну електродинамику и турбуленцију у флуидима. Бојим се, међутим, да ће то бити могуће само за прву од њих."[5]

[3] За обавештеније читаоце, наводимо да се скалирање истог облика добија за везу између времена бекства и Љапуновљевог (Луапунов) времена

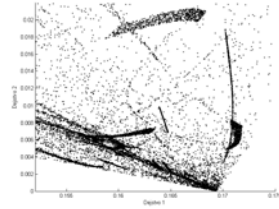
[4] Имајте у виду да све време говоримо о дифузији у фазном, а не у физичком простору. Такође, што се тиче плазме, треба знати да све ово важи само за оне ситуације у којима су губици енергије занемарљиви – у физици плазме се често појављују ситуације са јаком дисипацијом енергије

[5] New Scientist, October-November 1989; према: Белић, М. Детерминистички хаос, *СФИН* **3**, 1990.

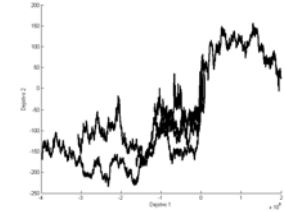
Захвалност. Рад на овде изложеном пројекту не би био успешно завршен без помоћи и савета ментора Милана Петровића, као и Зорана Кнежевића, Харија Варвоглиса, Георгија Заславског, Алесандра Морбиделија и Роберта Мек Кеја. Велику захвалност такође дугујем Групи за нелинеарну оптику (Институт за физику, Београд) и свом пријатељу Владимиру Јовановићу за уступљено процесорско време.



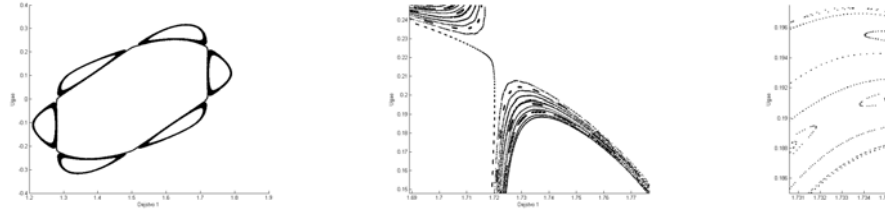
Слика 1 - Типичан изглед фазног простора у тзв. Поенкареовом пресеку, који представља дводимензиони подскуп фазног простора. Уочавају се тамне, стабилне области, у којима честице остају веома дуго. Ове структуре имају обично облик торуса (лево) или низова острва стабилности (десно).



Слика 2 - Изглед фазног простора у тзв. простору дејства. Тамне пруге овде одговарају областима тзв. балистичког транспорта, при коме се честица креће усмерено, а не дифузивно. Овакве појаве су разлог увођења уопштене једначине дифузије.



Слика 3 - Путања у простору дејства за исти систем као на претходној слици, али на знатно дужем временском интервалу. Видљиви су како региони типичног дифузивног транспорта (јако "изломљени" делови путање), тако и региони тзв. Левијевих летова (у које спада и балистички транспорт), који изгледају као праволинијски делови путање.



Слика 4 - Пример једне самосличне структуре на Поенкареовом пресеку. На три различите скале уочавају се у основи исте структуре: фамилије острва стабилност, окружене затвореним стабилним орбитама (тачније, стабилним торусима). Овде се, међутим, ради о тзв. мултифракталима, јер број острва на различитим нивоима није једнак. Мултифракталност се у физичким системима појављује далеко чешћа од фракталности, која представља мало вероватан идеалан случај.

Проблеми и Парадокси: Решења

1. Соба се неће расхладити, већ ће се напротив још и додатно загрејати. Уз помоћ компресора, описаним сабијањем и експанзијом расхладне супстанце, извесна количина топлоте се извлачи из расхладне коморе и предаје околини (соби). Већ самим тим нето ефекат хлађења собе је нула. Међутим, за овај процес се мора вршити рад (компресора) што ослобађа додатну количину топлоте у соби, те се она загрева. Међутим, ако би се део са компресором и цеви са вентилатором из фрижидера изместиле изван собе, заиста би дошло до њеног хлађења. Заправо, управо на овом принципу раде клима-уређаји.

2. Према другом закону термодинамике, ентропија термодинамички затвореног система може само да расте или остаје константна. Унутрашњост фрижидера је само део таквог система и у њој помоћу поменутог рада компресора може доћи до снижења ентропије. Међутим, ентропија затвореног система који чине унутрашњост фрижидера, спољашњост фрижидера и соба (и остатак свемира) ће неминовно порасти.

3. Приликом удара о једро млаза ваздуха са вентилатора, он му предаје свој импулс, те на једро делује сила која натеже једро унапред и преноси се на чамац. Међутим, када вентилатор убрзава млаз ваздуха унапред, према закону акције и реакције на вентилатор делује сила усмерана уназад, која се преноси на чамац. Силе које вуку чамац унапред и уназад су истог интензитета и он се неће померати.

4. Не. Приликом сагоревања угља на врху брда се ослобађа иста топлота као и при сагоревању тог угља у дну брда. Потенцијална енергија угља на брду се претвара у потенцијалну енергију продуката сагоревања.

5. Услед постојања кућишта (резонатора) погодног облика и димензија долази до резонантног осциловања жица ових инструмената, па су те осцилације знатно интензивније, али им је време осциловања знатно краће. Укупна енергија осциловања жица је иста и са резонатором и без њега, али се због скраћења времена осциловања повећава снага емитованог звука. Без кућишта жице би давале слабији звук, али би он трајао пропорционално дуже.

6. Жица на гитари није изолован систем. Траба посматрати систем жица и тело инструмента.

7. Термометар ће испред вентилатора показивати исту температуру као и изван вентилатора. Па зашто нас онда вентилатор расхлађује? Из два разлога. Први је што људско тело производи топлоту, а појачано струјање ваздуха поспешује преношење те топлоте на ваздух (али само ако је температура околног ваздуха нижа од температуре људског тела. У екстремно топлим данима, са температурама од преко 37^0C, овај механизам би деловао у супротном смеру, и још више повећавао осећај топлоте!). Други разлог је што се човек ради терморегулације зноји. Зној испарава, а испаравање течности апсорбује пуно топлоте. Струјање ваздуха значајно убрзава брзину испаравања зноја, јер са ознојених делова тела ефикасно уклања водену пару насталу испаравањем зноја а која отежава ново испаравање. Треба напоменути да овај други механизам отказује у ваздуху који је презасићен воденом паром. У врло топлим и спарним данима, оба ова механизма постају неефикасни и могу отказати и тада долази до "топлотног удара" на организам који је опасан по живот.

8. До смањења буке са улице долази због тога што се јако велики део звука рефлектује на равној површини стакла. Велика разлика између брзине звука у ваздуху и стаклу управо и доприноси томе томе да се највећи део звучног таласа рефлектује.

Решење за доказ 2=1:
Грешка је у кораку (5) приликом дељења са (a-b). Према полазној претпоставци је a=b, те ово значи дељење са нулом, што је недозвољено, и представља узрок потоњег нетачног закључка.

Контролне вежбе

Крај полугодишта се приближава – долази време за закључивање оцена. Контролне вежбе вам могу помоћи да се што боље припремите за завршни испит. Тестове су припремили Наташа Чалуковић и Наташа Каделбург из Математичке гимназије у Београду и Славиша Станковића из ОШ „Милош Црњански" у Београду.

Тест за 6. разред

Заокружите тачан одговор (Од понуђених одговора само је један тачан, уколико га знате и заокружите добијате 6 поена. Уколико заокружите погрешан одговор губите 0,6 поена и наравно не добијате ништа. Одговором не знам не добијате поене али их и не губите.)

1. Вага је у равнотежи ако:

   а) су масе једнаке на оба таса; б) је већа маса на левом тасу;

   в) је већа маса на десном тасу; г) су на оба таса масе мање од 1 kg; н) не знам.

2. Различите супстанце увек се разликују по:

   а) запремини; б) маси; в) густини; г) облику; д) не знам.

3. Да би одредили густину чврстог тела неправилног облика потребно нам је:

   а) вага са теговима и лењир; б) мензура са водом и хронометар;

   в) мензура са водом и брзиномер; г) мензура са водом и вага са теговима; н) не знам.

4. Густина чврстог тела израчунава се по обрасцу:

   а) $\rho = \frac{V}{m}$; б) $\rho = \frac{m}{V}$; в) $\rho = mV$; г) $\rho = \frac{V}{t}$; н) не знам.

Заокружите тачан одговор и објасните како сте до одговора дошли (Овде нема негативних поена, али се тачан одговор не признаје уколико нема објашњења. Тачан одговор са објашњењем бодује се од 1 до 8 поена у зависности од поменутих чињеница при објашњењу.)

5. На једном тасу теразија налази се тело, а на другом тегови. Да би вага била у равнотежи потребно је додати тегове укупне масе 4,1 g. На тас са теговима треба ставити следеће тегове

   а) 2 g, 1 g, 1 g, 100 mg; б) 2 g, 2 g, 50 g, 50 g; в) 2 g, 2 g, 100 g; г) 4 g, 100 mg.

6. За експеримент из физике Марко је добио дрвени квадар масе 50 g, а његова другарица Јелена квадар од истог дрвета масе 100 g. Густина Марковог квадра је

   а) дупло већа од густине Јелениног квадра; б) дупло мања од густине Јелениног квадра;

   в) једнака густини Јелениног квадра; г) неупоредива, јер нису познате запремине квадра.

7. На једном тасу уравнотежених теразија налази се посуда напуњена до врха водом, а на другом тегови. Ако се у посуду уместо воде сипа алкохол: ($\rho_{\text{vode}} = 1000\,\text{kg/m}^3$, $\rho_{\text{alkohola}} = 800\,\text{kg/m}^3$)

   а) вага ће остати у равнотежи; б) већа маса биће на тасу на коме је посуда;

   в) већа маса биће на тасу на коме су тегови; г) не може се одредити.

8. На тасовима ваге (слика) налазе се тела направљена од различитих супстанци.

   а) Тело А има већу густину.

   б) Густине се не могу упоредити.

   в) Густине су једнаке код оба тела.

   г) Тело В има већу густину.

Рачунски задаци

9. Маса неког тела износи 26,7 kg, а запремина 3 dm^3. Супстанце од које је направљено тело је (10 поена):

   а) алуминијум густине 2700 kg/m^3; б) гвожђе густине 7800 kg/m^3;

   в) бакар густине 8900 kg/m^3; г) цинк густине 7100 kg/m^3.

10. На једном тасу уравнотежених теразија налази се тело и тег од 100 mg, а на другом тегови од 20 g, 5 g, 2 g, 1 g. Колика је маса тела? (17 поена)

11. Тело од алуминијума има масу 80 g и запремину 30 cm^3. Да ли ово тело има шупљину и колика је, ако је има густина алуминијума је 2,7 g/cm^3? (17 поена)

Тест за 7. разред

Заокружите тачан одговор (Од понуђених одговора само је један тачан, уколико га знате и заокружите добијате 6 поена. Уколико заокружите погрешан одговор губите 0,6 поена и наравно не добијате ништа. Одговором не знам не добијате поене али их и не губите.)

1. Слободан пад је:

   а) кретање тела од центра Земље услед деловања силе Земљине теже.

   б) кретање тела у безваздушном простору услед деловања силе Земљине теже.

   в) кретање тела са отпором ваздуха услед деловања силе Земљине теже.

   г) равномерно кретање тела услед деловања силе Земљине теже.

   н) не знам

2. Полуга је у равнотежи ако је сила:

   а) онолико пута већа од тежине терета, колико је пута крак терета мањи од крака силе.

   б) онолико пута мања од тежине терета, колико је пута крак терета већи од крака силе.

   в) онолико пута мања од тежине терета, колико је пута крак терета мањи од крака силе.

   г) онолико пута већа од тежине терета, ако је крак силе једнак краку терета.

   н) не знам

3. Слика приказује тело које виси, окачено о конац. Силе представљају:

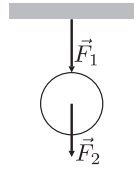
   а) F_1 сила Земљине теже F_2 тежина тела.

   б) F_1 и F_2 су силе Земљине теже.

   в) F_1 тежина тела F_2 сила Земљине теже.

   г) F_1 и F_2 тежина тела.

   н) не знам



4. Висина хица наниже израчунава се по обрасцу:

   а) $h = v_0 t + gt^2$; б) $h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$; в) $h = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$; г) $h = v_0 + \frac{1}{2}gt^2$; н) не знам.

Заокружите тачан одговор и објасните како сте до одговора дошли (Овде нема негативних поена, али се тачан одговор не признаје уколико нема објашњења. Тачан одговор са објашњењем бодује се од 1 до 8 поена у зависности од поменутих чињеница при објашњењу.)

5. Када бацимо камен у вис он после извесног времена падне на Земљу. Ако занемаримо отпор ваздуха постоје две врсте кретања камена:

   а) равномено успорено и равномерно кретање; б) хитац навише и хитац наниже;

   в) слободан пад и хитац наниже; г) хитац навише и слободан пад.

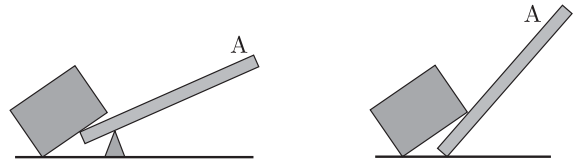
6. Две кугле од гранита једнаких полупречника постављене су на неком растојању R. Шта ће се догодити са гравитационом силом ако се уместо гранитних поставе кугле од гвожђа истих димензија? ($\rho_{\text{granit}} = 2600\,\text{kg/m}^3$, $\rho_{\text{Fe}} = 7800\,\text{kg/m}^3$)

   а) Остаје иста; б) Повећава се 9 пута; в) Повећава се 4 пута; г) Смањује се 9 пута.

7. Да бисмо подигли терет, можемо користити полугу на два начина као што је приказано на сликама а и б. Ако су трење, дужине полуга, терет и висина на коју подижемо терет у оба случаја једнаке, онда је сила којом делујемо у тачки A:

   а) већа код полуге на слици а; б) већа код полуге на слици б;

   в) иста код полуге на обе слике; г) не може да се упореди на полугама на слици.



а б

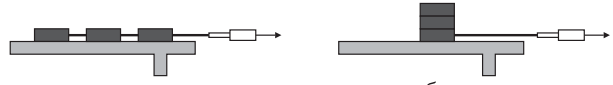
8. На столу имамо три једнака квадра од исте супстанце (слика а и б). Када вучемо квадре тако да се они равномерно крећу по столу, сила коју показује динамометар на слици а је:

   а) већа од силе коју показује динамометар на слици б;

   б) мања од силе коју показује динамометар на слици б;

   в) једнака сили коју показује динамометар на слици б;

   г) на основу датих података не може се закључити.



а б

Рачунски задаци

9. Тело слободно пада 0,1 min. Колика је висина са које је почело да пада? (10 поена)

10. Тело се баци вертикално у вис почетном брзином 20 m/s. На којој се висини налази 3 s после избацивања? (17 поена)

11. Милан и Марко нашли су даску дугачку 5 метара и од ње направили клацкалицу тако што су ослонац поставили на половини даске. Милан је сео на један, а Марко на други крај даске. Маса Милана је 30 kg , а Марка 37,5 kg. За колико растојање треба да се помери Марко да би клацкалица била у равнотежи? (17 поена)

Тест за 8. разред

Заокружите тачан одговор (Од понуђених одговора само је један тачан, уколико га знате и заокружите добијате 6 поена. Уколико заокружите погрешан одговор губите 0,6 поена и наравно не добијате ништа. Одговором не знам не добијате поене али их и не губите.)

1. На основу Омовог закона за читаво струјно коло електрична струја је

   а) $I = \varepsilon(R + r)$ б) $I = \frac{U}{R}$ в) $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ г) $I = \frac{q}{t}$ н) не знам

2. Електрична струја је:

   а) хаотично кретање наелектрисаних честица електрона и јона кроз проводник.

   б) усмерено кретање неутралних честица неутрона кроз проводник.

   в) усмерено кретање наелектрисаних честица електрона и јона кроз проводник.

   г) усмерено кретање молекула кроз проводник.

   н) не знам.

3. Електрична отпорност проводника је:

   а) сразмерна површини попречног пресека, обрнуто сразмерна дужини проводника и зависи од специфичне отпорности супстанце од које је проводник начињен.

   б) сразмерна дужини и обрнуто сразмерна површини попречног пресека проводника.

   в) сразмерна дужини, обрнуто сразмерна површини попречног пресека проводника и зависи од специфичне отпорности супстанце од које је проводник.

   г) сразмерна дужини, обрнуто сразмерна површини попречног пресека проводника и зависи од специфичне отпорности супстанце од које је проводник.

   н) не знам.

4. Еквивалентна електрична отпорност три паралелно везана отпорника одређена је формулом:

   а) $R_e = R_1 + R_2 + R_3$; б) $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$; в) $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{1}{R_2} \cdot \frac{1}{R_3}$;

   г) $R_e = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{1}{R_2} \cdot \frac{1}{R_3}$; н) не знам.

Заокружите тачан одговор и објасните како сте до одговора дошли (Овде нема негативних поена, али се тачан одговор не признаје уколико нема објашњења. Тачан одговор са објашњењем бодује се од 1 до 8 поена у зависности од поменутих чињеница при објашњењу.)

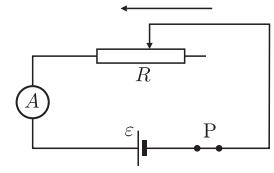
5. Ако се клизни контакт отпорника помера у смеру који показује стрелица на слици јачина електричне струје:

   а) се не мења.

   б) повећава се.

   в) смањује се.

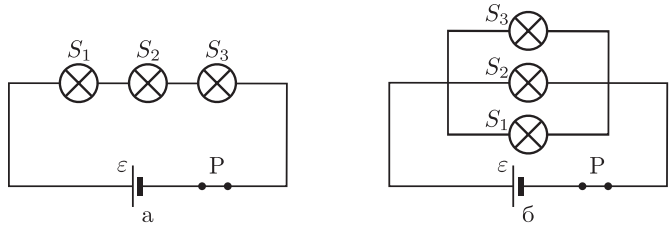
   г) и повећава се и смањује се.



6. На сликама су приказане редно и паралелно везане сијалице у коло електричне струје. Ако сијалица S_1 прегори јачина струје у преостале две биће:

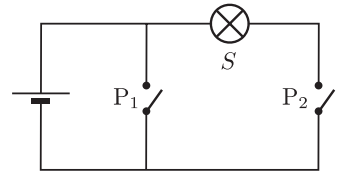
   а) у оба кола 0; б) у колу А 0, у колу Б мања; в) у колу А 0, у колу Б већа;

   г) у колу А већа, у колу Б 0.



7. На слици је приказана шема кола електричне струје. Да би сијалица светлела треба укључити:

   а) оба прекидача.
   б) прекидач P_1.
   в) било који прекидач.
   г) прекидач P_2.



8. Електромотор снаге 1200 W је прегорео. Уместо њега укључен је електромотор снаге 1500 W. Новом електромотору потребно је:

   а) да има већи напон, а исту јачину струје. б) да има већу јачину струје, а исти напон.
   в) да има већи напон и јачину струје. г) исти напон и јачину струје.

Рачунски задаци

9. Израчунати јачину струје ако кроз проводник за 2 min протекне количина наелектрисања 12 C. (10 поена)

10. Два отпорника једнаке отпорности вежу се најпре редно, а затим паралелно. Колико пута се промени јачина струје у колу при промени везе? (16 поена)

11. Грејач снаге 1,2 kW загреје 5 l воде до кључања за 20 min. Колика је почетна температура воде? (Специфична топлота воде је 4200 J/kgK) (18 поена)

Тест за 1. разред

1. Које од следећих тврђења је тачно? (Заокружите више тачних одговора ако их има)

   а) Сила је узрок промене импулса тела.
   б) Импулс тела је скаларна величина.
   в) Сила која делује на тело зависи од убрзања тела.
   г) Ако престане да делује сила на тело, тело се заустави.
   д) Тело се увек креће у правцу и смеру силе која на њега делује.

2. Голман ухвати рукометну лопту масе 400 g која лети брзином $54\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Колики је импулс силе којом голман делује на лопту?

   а) 600 Ns; б) 135 Ns; в) 37,5 Ns; г) 21,6 Ns; д) 6 Ns.

3. Детету је испао из руке тањирић масе M у којем је колач масе m. Коликом силом колач притиска тањирић при паду?

   а) $F = mg$; б) $F = (M + m)g$; в) $F = 0$; г) $F = 2mg$; д) $F = (M - m)g$.

4. Са коликим убрзањем клиизи плочица низ коси раван нагиба 60^0, ако је коефицијент трења 0,5?

   а) $\frac{\sqrt{3}}{2}g$; б) $\frac{g}{2}$; в) $(\sqrt{3} - 1)g$; г) $\frac{2\sqrt{3}-1}{4}g$; д) зависи од масе плочице.

5. Коњ равномерно вуче санке хоризонталном силом F. Коефицијент трења између санки и снежне стазе је μ. Колика је резултујућа сила која делује на санке?

   а) F; б) $\sqrt{(F - \mu mg)^2 + (mg)^2}$; в) $\sqrt{F^2 + (mg)^2}$; г) нула;

   д) ниједан од понуђених одговора није тачан.

6. Које од следећих тврђења је погрешно?

   а) Центрипетална сила је јача ако се тело креће већом брзином.

   б) Центрипетална сила не утиче на интензитет брзине тела.

   в) Центрипетална сила није инерцијална сила.

   г) Центрипетална сила делује на свако тело које се креће криволинијски.

   д) Центрипетална и центрифугална сила су силе акције и реакције.

7. Бициклиста масе 60 kg прелази преко средине висећег моста брзином $36\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Мост има облик кружног лука полупречника 20 m. Коликом силом бициклиста притиска мост?

   а) 1200 N; б) 900 N; в) 600 N; г) 300 N;

   д) не може се одредити јер није дат коефицијент трења.

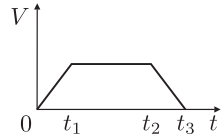
8. Ако се под силом подразумева мера интеракције два тела у неинерцијалним системима:

   а) не важи I Њутнов закон, а важи II Њутнов закон; б) не важи II, а важи I;

   в) не важи I, а важи II; г) не важе ни I ни II д) не важи I, а важи II.

9. Брзина лифта, који се креће из приземља према горњим спратовима, мења се према датом графику. Сила притиска човека на под лифта у временском интервалу од 0 до t_1 је F_1, у временском интервалу од t_1 до t_2 је F_2, а у временском интервалу од t_2 до t_3 је F_3. Какав је однос тих сила?

а) $F_1 > F_2 > F_3$;
б) $F_1 < F_2 < F_3$;
в) $F_1 = F_3 > F_2$;
г) $F_1 = F_3 < F_2$;
д) $F_1 = F_2 = F_3$.



10. Аутомобил са приколицом кочи пред семафором. Упоредити интензитете силе F_1 којом аутомобил делује на приколицу и силе F_2 којом приколица делује на аутомобил.

а) $F_1 > F_2$; б) $F_1 < F_2$; в) $F_1 = F_2$; г) приколица не делује на аутомобил.

Тест за 2. разред

1. При неком процесу температура гаса је обрнуто сразмерна његовој густини ($T = \text{const}/\rho$). Тај процес је:

а) изотермни; б) адијабатски; в) изобарски; г) изохорски.

2. Једном молу двоатомског идеалног гаса при константном притиску треба повећати температуру за 4°C. При том је потребно довести следећу количину топлоте (R је бројна вредност универзалне гасне константе):

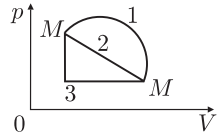
а) $\frac{7}{2}R\,(\text{J})$; б) $969{,}5\,R\,(\text{J})$; в) $14\,R\,(\text{J})$; г) $484{,}5\,R\,(\text{J})$.

3. Коефицијент искоришћења у Карноовом циклусу је 30%. Однос температура хладњака и грејача Карноовог мотора је:

а) $\frac{1}{7}$; б) $\frac{10}{7}$; в) $\frac{10}{33}$; г) $\frac{7}{10}$; д) $\frac{3}{10}$.

4. Идеалан гас може да пређе из стања M у стање N на три начина (слика). Рад гаса је минималан у случају:

а) 1;
б) 2 и 3;
в) 3;
г) 2;



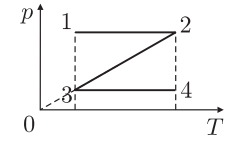
5. Брзина флуида у једном попречном пресеку струјне цеви два пута је већа него у другом. Количник полупречника првог и другог пресека је:

а) 2; б) 0,5; в) 1,41; г) 0,707; д) 4.

6. Вода се загреје за 10°C грејачем кроз који један минут протиче струја јачине 10 A. Ако се јачина струје смањи на 2,5 A, за загревање воде за још 10°C потребно је:

   а) 4 min; б) 25 min; в) 16 min; г) 20 min; д) 5 min.

7. Неон масе 200 g преводи се из стања 1 у стање 4 како је показано на pT дијаграму. Одреди доведену количину топлоте у процесу 1-2-3-4 ако је разлика крајње и почетне температуре $t_4 - t_1 = 100°\mathrm{C}$. Моларна маса неона је $0,02\,\mathrm{g/mol}$.



8. На површини стола стоји широки суд напуњен водом до висине h. Тежина суда са водом је Q. На бочној страни на дну је мали отвор површине S затворен чепом. При којој вредности коефицијента трења између стола и суда ће суд почети да се креће кад се извуче чеп?

9. У собу су унета два једнака суда. У једном се налази 100 g воде, а у другом 100 g леда, обоје на 0°C. За 15 min температура воде у првом суду се повећала до 2°C, а лед у другом суду се истопио за 10 часова. Одреди специфичну топлоту топљења леда. Специфични тополотни капацитет воде је $4200\frac{J}{\mathrm{kg\cdot K}}$.

Тест за 3. разред

1. Математичко клатно дужине 10 m осцилује са амплитудом од 10 cm. Ако се амплитуда осциловања повећа на 20 cm, период клатна се:

   а) повећа 2 пута; б) смањи 2 пута; в) повећа $\sqrt{2}$ пута; г) смањи $\sqrt{2}$ пута;

   д) остаје иста.

2. Тело осцилује дуж x-осе по закону $x = 0{,}2\cos(0{,}63t + \frac{\pi}{6})\,(\mathrm{m})$. Амплитуда и период осциловања тела су:

   а) 2 cm, 0,63 s; б) 200 mm, 10 s; в) 20 cm, $\frac{\pi}{6}$ s; г) 0,2 m, 15 s.

3. Тело осцилује по закону $y = 4\sin\pi t$. У равнотежном положају убрзање тела је:

   а) 4π; б) $4\pi^2$; в) 0; г) -4π; д)$-4\pi^2$.

4. При штимовању жице на гитари мења се висина тона зато што се мења:

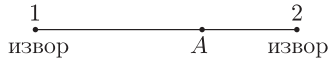
   а) дужина жице која осцилује; б) максимална таласна дужина стојећег таласа;

   в) брзина таласа у ваздуху; г) брзина таласа у жици.

5. Затегнута челична жица дужине 1 m емитује тон фреквенције ν. Ваздушни стуб дужине $0,5$ m, отворен на оба краја, емитоваће на истој температури тон фреквенције:

   а) 2ν; б) $\nu/2$; в) 4ν; г) ν; д) ниједан од понуђених одговора није тачан.

6. При којим условима ће у тачки A настати интерференциони минимум два таласа:



   а) једнаке фреквенције осциловања извора, једнаке почетне фазе, разлика растојања извора 1 и 2 од тачке A једнака непарном броју половина таласне дужине таласа;

   б) једнаке фреквенције осциловања извора, једнаке почетне фазе, разлика растојања извора 1 и 2 од тачке A једнака парном броју половина таласне дужине таласа;

   в) једнаке фреквенције осциловања извора, различите почетне фазе, разлика растојања извора 1 и 2 од тачке A једнака непарном броју половина таласне дужине таласа;

   г) једнаке фреквенције осциловања извора, различите почетне фазе, разлика растојања извора 1 и 2 од тачке A једнака парном броју половина таласне дужине таласа;

   д) различите фреквенције осциловања извора, једнаке почетне фазе, разлика растојања извора 1 и 2 од тачке A једнака непарном броју половина таласне дужине таласа.

7. Током времена t_1 лифт се креће убрзањем a_1 навише, а затим успорава током времена t_2 убрзањем a_2. За плафон лифта је окачено математичко клатно дужине l. Колико ће осцилација направити клатно за време кретања?

8. Одреди таласну дужину стојећег таласа ако је растојање између његовог првог и четвртог трбуха 15 cm.

9. Одлазећи пароброд се оглашава сиреном која емитује звук фреквенције 400 Hz. На обали испред високе стене стоји човек и чује звук фреквенције 395 Hz. Коликом брзином се удаљава брод? Колику фреквенцију одбијеног звука региструју путници на броду? Брзина звука је 340 m/s.

Тест за 4. разред

1. Хипотезу о емитовању топлотног зрачења у квантима енергије поставио је:

   а) Болцман; б) Ајнштајн; в) Планк; г) Бор; д) Комптон.

2. Које од следећих тврђења је тачно:

   а) Постоји минимални интензитет светлости при којој у вакуумској фотодиоди може да тече електрична струја.

   б) У струјном колу са вакуумском фотодиодом струја тече само ако је потенцијал аноде већи од потенцијала катоде.

   в) Да би дошло до фотоефекта при неком слабијем интензитету светлости, метал треба да буде осветљен релативно дуго како би електрон апсорбовао довољну енергију да напусти метал.

   г) Постоји максимална фреквенција светлости при којој је могућ фотоефекат.

   д) Постоји максимална таласна дужина светлости при којој је могућ фотоефекат.

3. Ког реда величине треба да буде таласна дужина светлости да би се кинетичка енергија електрона рачунала по релативистичкој формули:

   а) $1\,\mu$m; б) 100 nm; в) 1 nm; г) 1 pm;

   д) при свим наведеним таласним дужинама фотоелектрон је релативистички.

4. Изучавајући расејање уског снопа тврдог монохроматског рендгенског зрачења у материјалима изграђеним од лаких атома, Комптон је утврдио да у расејаном зрачењу постоје две компоненте: прва има исту таласну дужину као упадно зрачење, а таласна дужина друге компоненте је другачија. Које (или која) од следећих тврђења је погрешно (су погрешна):

   а) Зрачење се расејава у свим правцима.

   б) Таласна дужина друге компоненте је већа од дужине прве.

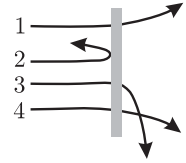
   в) Разлика таласних дужина двеју компоненти расејаног зрачења зависи од хемијског састава материјала у коме се зрачење расејава.

   г) Разлика таласних дужина двеју компоненти расејаног зрачења зависи од угла расејања.

   д) Разлика таласних дужина компоненти не зависи од таласне дужине упадног зрачења.

5. На слици је приказано неколико путања алфа-честица, које су пропуштене кроз танку металну фолију (Радерфордов експеримент). Која честица је пришла најближе језгру?

   а) 1;
   б) 2;
   в) 3;
   г) 4;



6. Колико фотона са средњом таласном дужином 550 nm пада у 1 s на $1\,\mathrm{m}^2$ Земљине површине ако је соларна константа $1,35\,\frac{\mathrm{kW}}{\mathrm{m}^2}$.

   а) $3,7 \cdot 10^{21}$; б) $3,7 \cdot 10^{18}$; в) $3,7 \cdot 10^{24}$; г) $2 \cdot 10^{21}$; д) $2 \cdot 10^{15}$.

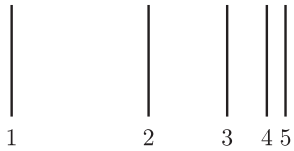
7. Како се мењају кинетичка и потенцијална енергија електрона у водониковом атому при преласку из једног у друго стационарно стање ако се при том преласку емитује фотон?

   а) кинетичка расте, потенцијална опада; б) потенцијална расте, кинетичка опада.

   в) обе расту; г) обе опадају; д) не мењају се.

8. На слици је приказан део линијског спектра неког водонику сличног јона. Која спектрална линија одговара највећој таласној дужини?

   а) 1;
   б) 2;
   в) 3;
   г) 4;
   д) 5.



9. Колика је кинетичка енергија електрона чија је дебројевска таласна дужина једнака комптоновској? (Енергија мировања електрона је 511 keV.)

   а) 60 keV; б) 64 keV; в) 255, 5 keV; г) 212 keV; д) 511 keV.

10. Ако су електрон, протон, алфа-честица и атом урана локализовани у области истих димензија ($1\,\mu$m) са најмањом грешком се може одредити брзина:

    а) електрона; б) протона; в) алфа-честице; г) атома урана;

    д) за све честице је иста неодређеност брзине.

Решења тестова

6. разред: 1-а, 2-в, 3-г, 4-б, 5-а, 6-в, 7-в, 8-а, 9-в, 10: $m = 28,9\,\mathrm{g}$, 11: $V = 0,37\,\mathrm{cm}^3$.

7. разред: 1-г, 2-б, 3-в, 4-в, 5-г, 6-б, 7-б, 8-в, 9: $h = 180\,\mathrm{m}$, 10: $h = 15\,\mathrm{m}$, 11: $l = 1\,\mathrm{m}$.

8. разред: 1-в, 2-в, 3-в, 4-б, 5-б, 6-б, 7-г, 8-в, 9: $I = 0,1\,\mathrm{A}$, 10: 4 пута, 11: $T_0 = 31,5^0\mathrm{C}$.

1. разред: 1-а, 2-д, 3-в, 4-г, 5-б, 6-б, 7-г, 8-г, 9-а, 10-в.

2. разред: 1-в, 2-в, 3-г, 4-в, 5-г, 6-в, 7: $Q = 29\,\mathrm{kJ}$ 8: $\mu < \frac{2\rho_g S h}{Q}$, 9: $\lambda = 3,36 \cdot 10^5\,\mathrm{J/kg}$.

3. разред: 1-д, 2-б, 3-в, 4-д, 5-д, 6-а, 7: $N = \frac{1}{2\pi\sqrt{l}}(t_1\sqrt{g+a_1} + t_2\sqrt{g-a_2})$, 8: $\lambda = 10\,\mathrm{cm}$, 9: $\nu = 390\,\mathrm{Hz}$

4. разред: 1-в, 2-д, 3-д, 4-д, 5-б, 6-а, 7-г, 8-д, 9-в, 10-а.

Решења са 35. Међународне олимпијаде из физике – Поханг, Кореја

У овом броју вам доносимо решења теоријских задатака са овогодишње олимпијаде из физике. Решења је припремио члан олимпијске екипе Огњен Илић.

Теоријски задатак 1: "Пинг - понг" отпорник

а) [1.2 поена] Јачина електричног поља којом једна плоча делује на другу је

$$E' = \frac{1}{2}E = \frac{V}{2d},$$

па је сила којом једна плоча привлачи другу

$$F = QE' = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \pi R^2 \frac{V^2}{d^2}.$$

б) [0.8 поена] Примењујући Гаусову теорему на горњу површину малог диска добијамо

$$\frac{q}{r^2\pi} = -\varepsilon_0 2E'$$

одакле следи

$$\chi = -\varepsilon_0 \frac{\pi r^2}{d}.$$

в) [0.5 поена] Да би се диск подигао потребно је да електрична сила која делује на њега буде већа по интензитету од гравитационе. Граничан напон одређен је условом $F_\mathrm{g} = F_\mathrm{e}$ тако да, користећи резултат под а), добијамо

$$F_\mathrm{e} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \frac{\pi r^2}{d^2} V^2 = mg.$$

Након сређивања и замене израза за χ добија се да је

$$V_\mathrm{th} = \sqrt{\frac{2mgd}{\chi}}.$$

г) [2.3 поена] Нека је v_n брзина диска након n-тог судара са доњом плочом. Кинетичка енергија у том тренутку је

$$K_n = \frac{1}{2}mv_n^2.$$

Пре судара са горњом плочом кинетичка енергија је

$$K_{n-\mathrm{gore}} = \frac{1}{2}mv_{n-\mathrm{gore}}^2 = K_n + qV - mgd$$

да би одмах после судара енергија била

$$K'_{n-\mathrm{gore}} = \eta^2 K_{n-\mathrm{gore}}.$$

Сличним разматрањем добија се да је кинетичка енергија након $(n+1)$-ог судара са доњом плочом

$$K_{n+1} = \eta^2(K'_{n-\mathrm{gore}} + qV + mgd).$$

Ако $n \to \infty$ тада K_n и K_{n+1} теже ка граничној вредности $K_\mathrm{s} = \frac{1}{2}mv_\mathrm{s}^2$. Заменом се добија

$$K_\mathrm{s} = \frac{\eta^2}{1-\eta^4} \cdot [(1+\eta^2)qV + (1-\eta^2)mgd]$$

односно

$$v_\mathrm{s} = \sqrt{\frac{2\chi V^2}{m}\frac{\eta^2}{1-\eta^2} + 2gd\frac{\eta^2}{1+\eta^2}}.$$

Поређењем са $v_\mathrm{s} = \sqrt{\alpha V^2 + \beta}$ читамо коефицијенте α и β:

$$\alpha = \frac{2\chi}{m}\frac{\eta^2}{1-\eta^2}, \quad \beta = 2gd\frac{\eta^2}{1+\eta^2}.$$

д) [2.2 поена] Количина наелектрисања коју диск пренесе током једног периода је $\Delta Q = 2q$, а временски интервал је

$$\Delta t = t_+ + t_-$$

где је $t_+(t_-)$ време кретања диска на горе (доле). Како је

$$v_{0+}t_+ + \frac{1}{2}a_+t_+^2 = d$$

и

$$v_{0-}t_- + \frac{1}{2}a_-t_-^2 = d$$

где су $v_{0+}(v_{0-})$ почетна брзина на доњој (горњој) плочи, а $a_+(a_-)$ убрзање на горе (доле), сила која делује на диск је

$$F = ma_\pm = qE \mp mg = \frac{qV}{d} \mp mg.$$

Користећи апроксимацију $mgd \ll qV$, $a_\pm$ се може проценити са $a_0 = a_+ = a_- \approx \frac{qV}{md}$ одакле закључујемо да су кретања на горе и на доле симетрична. Следи $t_0 = t_+ = t_-$, $v_\mathrm{s} = v_{0+} = v_{0-}$ и $a_0 = a_+ = a_-$. Изједначавајући брзине после судара добија се

$$v_s = \eta(v_\mathrm{s} + a_0 t_0)$$

односно

$$\Delta t = 2t_0 = 2\frac{1-\eta}{\eta}\frac{v_\mathrm{s}}{a_0}.$$

Како је $mgd \ll qV$ важи

$$K_\mathrm{s} = \frac{1}{2}mv_\mathrm{s}^2 \approx \frac{\eta^2}{1-\eta^2}qV.$$

Враћајући назад у претходне једначине добија се

$$\Delta t = 2\sqrt{\frac{1-\eta}{1+\eta}}\sqrt{\frac{2md^2}{\chi V^2}}$$

одакле се види да је струја

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{2q}{\Delta t} = \sqrt{\frac{1+\eta}{1-\eta}}\sqrt{\frac{\chi^3}{2md^2}}\,V^2,$$

из чега се чита

$$\gamma = \sqrt{\frac{1+\eta}{1-\eta}\cdot\frac{\chi^3}{2md^2}}.$$

ђ) [3 поена] Критични напон V_c одређујемо из услова да је брзина диска на горњој плочи $v_{0-} = 0$ односно преко закона одржања енергије

$$K_\mathrm{s} + qV_c - mgd = 0.$$

Одатле следи

$$(\frac{\eta^2}{1-\eta^2})qV_c + (\frac{\eta^2}{1+\eta^2})mgd + qV_c - mgd = 0$$

односно

$$qV_c = \frac{1-\eta^2}{1+\eta^2}mgd.$$

Из релације $q = \chi V_c$ следи

$$V_c = \sqrt{\frac{1-\eta^2}{1+\eta^2}}\sqrt{\frac{mgd}{\chi}}.$$

Поредећи са напоном V_th добија се

$$V_c = z_c V_\mathrm{th},$$

где је

$$z_c = \sqrt{\frac{1-\eta^2}{2(1+\eta^2)}}.$$

Интервал $\Delta t = t_- + t_+$ одређује се из услова

$$v_{0-}t_- + \frac{1}{2}a_-t_-^2 = d,$$

и

$$v_{0+}t_+ + \frac{1}{2}a_+t_+^2 = d,$$

где су убрзања дата са

$$a_+ = \frac{qV_c}{md} - g = \left[\frac{1-\eta^2}{1+\eta^2} - 1\right]g = \left(\frac{-2\eta^2}{1+\eta^2}\right)g$$

и

$$a_- = \frac{qV_c}{md} + g = \left[\frac{1-\eta^2}{1+\eta^2} + 1\right]g = \left(\frac{2}{1+\eta^2}\right)g$$

добија се

$$\frac{a_+}{a_-} = -\eta^2.$$

Како је $v_{0-} = 0$ следи

$$t_- = \sqrt{\frac{2d}{a_-}} = \sqrt{(1+\eta^2)(\frac{d}{g})}.$$

Слично, користећи $v_{0+}^2 = \eta^2(2da_-) = -2da_+$ имамо

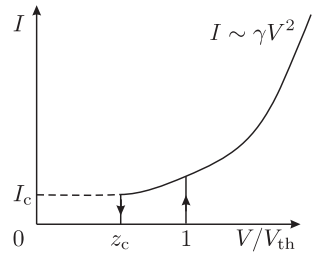
$$t_+ = \frac{v_{0+}}{a_+}\left(\sqrt{1 + \frac{2da_+}{v_{0+}^2}} - 1\right) = \sqrt{\frac{1+\eta^2}{\eta^2}\cdot\frac{d}{g}} = \frac{t_-}{\eta}$$

и

$$\Delta t = t_- + t_+ = \left(1 + \frac{1}{n}\right)\sqrt{(1+\eta^2)\frac{d}{g}}.$$

Коначно струја је

$$I_\mathrm{c} = \frac{\Delta Q_\mathrm{c}}{\Delta t} = \frac{2q}{\Delta t} = \frac{2\chi V_\mathrm{c}}{\Delta t} = \frac{2\eta\sqrt{1-\eta^2}}{(1+\eta)(1+\eta^2)}g\sqrt{m\chi}.$$



Теоријски задатак 2: Подизање балона

а) [1.5 поена] Користећи једначину гасног стања за n молова хелијума на температури T и притиску $P + \Delta P$ добија се запремина

$$V = \frac{nRT}{P + \Delta P}.$$

За околни ваздух важи следеће

$$PV = n_A RT.$$

Сила потиска се рачуна као

$$F_b = \rho_A V g.$$

Користећи још $M_A = \frac{m_A}{n_A} = \frac{\rho_A V}{n_A}$ и замењујући у горње једначине добија се

$$F_b = \rho_A V g = M_A n_A g = M_A \frac{PV}{RT} g = M_A n \frac{P}{P + \Delta P} g.$$

б) [2 поена] Када је густина ваздуха ρ константна тада је разлика притисака услед разлике у висини z дата са $-gz\rho$. Међутим, када је ρ функција висине, важи следеће:

$$\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}z} = -\rho g = -\frac{\rho_0 T_0}{P_0} \frac{P}{T} g$$

где је искоришћено $\rho T/P = \text{const}$ што важи код идеалних гасова. Користећи дату једначину (2.1) и

$$\frac{T}{T_0} = 1 - \frac{z}{z_0}$$

добија се

$$\gamma = \frac{\rho_0 z_0 g}{P_0} = \frac{1.16 \times 4.9 \times 10^4 \times 9.8}{1.01 \times 10^5} = 5.52$$

Тражена нумеричка вредност је 5.5.

в) [2 поена] Рад потребан да се повећа радијус балона од r до $r + \mathrm{d}r$ под разликом притисака ΔP је

$$\mathrm{d}W = 4\pi r^2 \Delta P \mathrm{d}r,$$

док повећање еластичне енергије за исту промену радијуса r износи

$$\mathrm{d}W = \left(\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}r}\right) \mathrm{d}r = 4\pi kRT \left(4r - 4\frac{r_0^6}{r^5}\right) \mathrm{d}r.$$

Изједначавајући та два израза за $\mathrm{d}W$ добија се

$$\Delta P = 4kRT \left(\frac{1}{r} - \frac{r_0^6}{r^7}\right) = \frac{4kRT}{r_0} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda^7}\right).$$

График као функција од $\lambda(> 1)$ брзо расте, има максимум за $\lambda = 7^{1/6} = 1.38$, а понаша се као λ^{-1} за велико λ.

г) [1.5 поена] Из закона идеалних гасова важи

$$P_0 V_0 = n_0 RT_0$$

где је V_0 почетна запремина. Примењујући закон гасова за запремину $V = \lambda^3 V_0$ која садржи n молова гаса на температури $T = T_0$ добија се притисак унутар балона

$$P_{\text{in}} = nRT_0/V = \frac{n}{n_0 \lambda^3} P_0.$$

С друге стране резултат под в) за $T = T_0$ даје

$$P_{\text{in}} = P_0 + \Delta P = \left(1 + a\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda^7}\right)\right) P_0.$$

Изједначавајући последње два једначине добија се

$$a = \frac{\frac{n}{n_0 \lambda^3} - 1}{\lambda^{-1} - \lambda^{-7}}.$$

Како је $n/n_0 = 3.6$ и $\lambda = 1.5$ следи $a = 0.110$.

д) [3 поена] Да би балон лебдео на бисини z_f потребно је да буде испуњен услов $F_b = M_T g$, односно користећи решење под а) треба да важи

$$\frac{P}{P + \Delta P} = \frac{M_T}{M_A n}.$$

За n молова хелијума у запремини

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \lambda^3 \frac{4}{3}\pi r_0^3 = \lambda^3 V_0,$$

притиску P и температури T следи

$$(P+\Delta P)\lambda^3 = \frac{nRT}{V_0} = P_0\frac{T}{T_0}\frac{n}{n_0}.$$

Комбинујући последње једначине добија се равнотежни услов у облику

$$\frac{P}{P_0}\frac{T}{T_0}\lambda^3 = \frac{M_T}{M_a n_0}.$$

Користећи решење под в) добија се

$$P\lambda^3 + \frac{4kRT}{r_0}\lambda^2(1-\lambda^{-6}) = P_0\frac{T}{T_0}\frac{n}{n_0}$$

односно

$$\frac{P}{P_0}\frac{T}{T_0}\lambda^3 = \frac{n}{n_0} - a\lambda^2(1-\lambda^{-6}).$$

Изједначавајући леву и десну страну добија се једначина по

$$\lambda^2(1-\lambda^{-6}) = \frac{1}{an_0}\left(n - \frac{M_T}{M_A}\right) = 4.54.$$

Одатле следи $\lambda^2 \approx 4.54/(1-4.54^{-3}) \approx 4.54 : \lambda_f \cong 2.13$. Да би се нашла висина користи се дата формула под б) у облику

$$\frac{P}{P_0}\frac{T}{T_0}\lambda^3 = (1-\frac{z_f}{z_0})^{\gamma-1}\lambda_f^3 = \frac{M_T}{M_A n_0} = 3.10.$$

Решење последње једначине по z_f, а за $\lambda_f = 2.13$ и $\gamma - 1 = 4.5$ даје

$$z_f = 49\cdot(1-(3.10/2.13^3)^{1/4.5}) = 10.9 \text{ km}.$$

Тражени одговори су $\lambda_f = 2.1$ и $z_f = 11$ km.

Теоријски задатак 3: Атомска микроскопија

а) [1.5 поена] Једначина кретања сонде је класична једначина принудних осцилација са решењима за фазу и амплитуду у облику

$$\mathrm{tg}\phi = \frac{b\omega}{m(\omega_0^2-\omega^2)}$$

и

$$A = \frac{F_0}{\sqrt{m^2(\omega_0^2-\omega^2)^2 + b^2\omega^2}}.$$

Исто то се могло добити и заменом

$$z(t) = A\sin(\omega t - \phi)$$

у полазну диференцијалну једначину и изједначавања са нулом коефицијената уз временски променљиве чланове. Следи за $\omega = \omega_0$, $A = \frac{F_0}{b\omega_0}$ и $\phi = \frac{\pi}{2}$.

б) [1 поен] Излазни сигнал је

$$V_{i0}\sin(\omega_i t - \phi_i)V_{R0}\sin(\omega t) =$$

$$= \frac{1}{2}V_{i0}V_{R0}[\cos(\omega_i-\omega)t - \phi_i - \cos(\omega_i+\omega)t - \phi_i].$$

Излазни сигнал није једнак нули за $\omega = \omega_i$. У том случају, амплитуда dc сигнала је $\frac{1}{2}V_{i0}V_{R0}\cos\phi$

в) [1.5 поена] Амплитуда улазног сигнала при резонанци је

$$V_{i0} = c_2\frac{F_0}{b\omega_0} = \frac{V_{R0}c_1c_2}{b\omega_0}.$$

Како је фаза улазног сигнала $\pi/2 - \pi/2 = 0$ следи $\phi_i = 0$ и амплитуда излазног сигнала је

$$\frac{1}{2}V_{i0}V_{R0}\cos 0 = \frac{c_1c_2}{2}\frac{V_{R0}^2}{b\omega_0}.$$

г) [2 поена] Како је $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$, развијајући последњу једначину у ред добија се

$$\sqrt{\frac{k}{m+\Delta m}} \approx \sqrt{\frac{k}{m}\left(1-\frac{\Delta m}{m}\right)} = \omega_0\left(1-\frac{1}{2}\frac{\Delta m}{m}\right)$$

односно $\Delta\omega_0 = -\frac{1}{2}\omega_0\frac{\Delta m}{m}$. При резонанци, замењујући $\phi \to \frac{\pi}{2} + \Delta\phi$ и $\omega_0 \to \omega_0 + \Delta\omega_0$ у јед. (а3), добија се

$$\tan(\frac{\pi}{2}+\Delta\phi) = -\frac{1}{\tan\Delta\phi} = \frac{b}{2m\Delta\omega_0}.$$

Следи $\Delta\phi \approx \tan\Delta\phi = -\frac{2m\Delta\omega_0}{b}$. Коначно налазимо промену масе

$$\Delta m = \frac{b}{\omega_0}\Delta\phi = \frac{10^3\cdot 10^{-12}\cdot\pi}{10^6\cdot 1800} = 1.7\cdot 10^{-18}.$$

Задаци са такмичења

Уколико желите да учествујете на Олимпијади из физике, потебно је да мого радите и да победите на многим такмичењима. Зато се припремајте за такмичења. У овом броју објављујемо задатке са прошлогодишњег окружног такмичења.

Задаци за VI разред

1. Из места А у место Б на по 5 минута крећу бициклисти и то први брзином $v_1 = 10\,\mathrm{m/s}$, други $v_2 = 15\,\mathrm{m/s}$, трећи $v_3 = 20\,\mathrm{m/s}$ и четврти брзином $v_4 = 15\,\mathrm{m/s}$. Растојање између места износи $l = 20\,\mathrm{km}$. Коликом минималном брзином v треба из места А у место Б да крене мотоциклиста, два минута након поласка последњег бициклисте, да би на путу сустигао бар двојицу од њих? Којег бициклисту ће прво сустићи и колики је пут дотле прешао?

2. Из Београда за Нови Сад крене аутомобил брзином $v_1 = 54\,\mathrm{km/h}$. Десет минута након његовог поласка у истом правцу и смеру крене други аутомобил брзином $v_2 = 90\,\mathrm{km/h}$. Одредитие после ког времена (мереног од тренутка поласка другог аутомобила) ће растојање између аутомобила бити 2800 метара? Колике путеве су при томе прешли аутомобили?

3. Моторни чамац вуче скијаша по реци узводно брзином $v_1 = 60\,\mathrm{km/h}$ и сусреће брод са ђачком екскурзијом који се креће брзином $v_2 = 12\,\mathrm{km/h}$ (обе брзине су дате у односу на реку). Скијаш је утврдио да је мимоилажење трајало $\Delta t = 10\,\mathrm{s}$. У моменту сусрета ђак који је стајао на прамцу брода (предњем делу брода, то јест делу брода на који прво наилази скијаш) је потрчао ка задњем делу (паралелно са путањом скијаша) брода брзином $v_3 = 10\,\mathrm{km/h}$ у односу на брод и тако трчао $t = 1\,\mathrm{min}$. Да ли ће за то време ђак стићи до крме (задњег дела брода)?

4. Чамац пређе низводно растојање између два пристаништа (од А према Б) за $t_1 = 4\,\mathrm{h}$, а узводно за $t_2 = 6\,\mathrm{h}$. За које време t би запушена боца са поруком бачена у реку код места А стигла до места Б? (МФ **88**)

5. При кретању бициклисте и пешака у истом смеру, за сваки интервал од $\Delta t_1 = 1\,\mathrm{min}$ пешак заостаје за бициклистом $\Delta s_1 = 210\,\mathrm{m}$, а када се крећу један другом у сусрет, при непромењеним вредностима брзина, за сваки интервал од $\Delta t_2 = 2\,\mathrm{min}$ њихово растојање се смањи за $\Delta s_2 = 780\,\mathrm{m}$. Одредите брзине бициклисте и пешака.

Аутор задатака: Љубиша Нешић

Задаци за VII разред

1. Електромотор је покренуо из приземља лифт масе $m = 400\,\mathrm{kg}$ делујући на њега силом интензитета $F = 5\,\mathrm{kN}$ усмереном навише. Од доње спољашње површине лифта се $t = 3\,\mathrm{s}$ након покретања лифта одвојио каменчић. Колика је брзина каменчића у тренутку његовог пада на под приземља? За убрзање Земљине теже у свим задацима узмите вредност $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$.

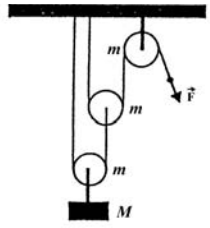
2. Тело које се креће равномерно убрзано за $t_1 = 3\,\mathrm{s}$ пређе пут s_1, а у току наредног временског интервала од $t_2 = 2\,\mathrm{s}$ пут s_2. Колики је однос почетне брзине tela v_0 и његовог убрзања a уколико је однос пређених путева $s_1/s_2 = 4/5$?

3. Тело масе $m = 10\,\mathrm{kg}$ има брзину $v_0 = 4\,\mathrm{m/s}$, и на њега почне да делује сила $F = 60\,\mathrm{N}$ под углом $\alpha = 60°$ у односу на подлогу по којој се тело креће. После времена $t_1 = 2\,\mathrm{s}$ сила престаје да делује и тело се после извесног времена заустави. Ако је коефицијент трења између тела и подлоге $\mu = 0.2$, нађите укупан пређени пут и средњу брзину тела на целом путу. (МФ **77**)

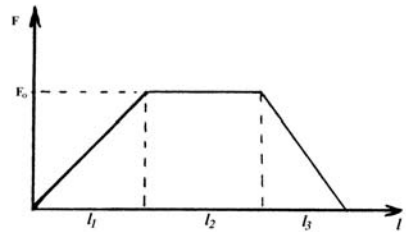
4. У систему са слике 1 налазе се три котура, сваки масе m. За најнижи котур је окачен тег масе M. Колики је интензитет силе F која може да држи систем у равнотежи? Претпоставите да је конац неистегљив и занемарљиве масе.

5. Сила која делује на метак масе m у цеви оружја расте равномерно од нулте вредности до вредности F_0 на делу цеви дужине l_1, затим се не мења на делу цеви дужине l_2 и на крају се равномерно смањује до нулте вредности на делу цеви дужине l_3 (слика 2). Колика је брзина метка v при излазу из цеви?

Аутор задатака: Иван Манчев



Слика 1.



Слика 2.

Задаци за VIII разред

1. Напони на крајевима наелектрисаних кондензатора, капацитивности $C_1 = 0.3\,\mu\mathrm{F}$ и $C_2 = 0.2\,\mu\mathrm{F}$ износе $U_1 = 50\,\mathrm{V}$ и $U_2 = 40\,\mathrm{V}$. Колики ће се напон успоставити на крајевима паралелне везе ових кондензатора?

2. Између две хоризонталне паралелне металне плоче успостављено је хомогено електрично поље јачине $E = 5{\cdot}10^3\,\mathrm{V/m}$ (горња плоча је наелектрисана позитивно). У једној тачки поља налази се куглица масе $m = 0.25\,\mathrm{g}$, која је нелектрисана количином наелектрисања $q = 2\,\mu\mathrm{C}$. Како ће се кретати куглица ако је препуштена самој себи? Почетна брзина куглице једнака је нули, а између плоча је вакуум. За убрзање Земљине теже у свим задацима узмите вредност $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$.

3. Проводник дужине $l = 8\,\mathrm{cm}$ се креће у магнетном пољу које је једнако у свим тачкама проводника, али се мења равномерно од $T_1 = 30\,\mathrm{mT}$ у почетној тачки до $T_2 = 10\,\mathrm{mT}$ у крајњој тачки пута проводника. Проводник се креће нормално на линије сила магнетног поља, пресецајући линије под правим углом, а кроз њега протиче струја јачине $I = 50\,\mathrm{A}$. Нађите извршени рад A ако је дужина пута $s = 10\,\mathrm{cm}$. Електромагнетну индукцију у самом проводнику занемарите.

4. Електромотор дизалице ради на напону $U = 380\,\mathrm{V}$. Колики је коефицијент корисног дејства дизалице η, ако она терет масе $m = 1\,\mathrm{t}$ подигне на висину $h = 19\,\mathrm{m}$ за време $t = 50\,\mathrm{s}$, а при том кроз намотаје електромотора тече струја јачине $I = 20\,\mathrm{A}$?

5. Простор између плоча плочастог кондензатора је испуњен диелектриком релативне диелектричне константе $\varepsilon = 2$ и прикључен је на извор електромоторне силе напона $U = 12\,\mathrm{V}$ и унутрашњег отпора $r = 15\,\Omega$. Паралелно кондензатору је везан отпорник од материјала специфичне отпорности $\rho = 2 \cdot 10^6\,\Omega\mathrm{m}$. Дужина отпорника је једнака растојању између плоча кондензатора, а површина попречног пресека му је једнака површини плоча кондензатора. Одредите наелектрисање које се нагомила на плочама кондензатора, ако је отпор отпорника $R = 100\,\Omega$.

Аутори задатака: Маја Гарић и Срђан Ракић

Решења задатака за VI разред

1. Времена за која бициклисти прелазе пут од А до Б су $t_i = l/v_i$ ($i = 1, 2, 3, 4$) и износе $t_1 = 2000\,\mathrm{s}$, $t_2 = 1333\,\mathrm{s}$, $t_3 = 1000\,\mathrm{s}$ и $t_4 = 1333\,\mathrm{s}$. Времена мерена од поласка првог бициклисте, узимајући у обзир да они полазе на по $\Delta t = 5$ минута, износе $t_1' = t_1 = 2000\,\mathrm{s}$, $t_2' = t_2 + \Delta t = 1633\,\mathrm{s}$, $t_3' = t_3 + 2\Delta t = 1600\,\mathrm{s}$ и $t_4' = t_4 + 3\Delta t = 2233\,\mathrm{s}$, што значи да они стижу у место Б по следећем редоследу: трећи, други, први, четврти. Како мотоциклиста креће 2 минута након одласка последњег бициклисте, да би на путу сустигао макар двојицу бициклиста, он мора да растојање између места преће за време краће или једнако од $t = t_1' - 3\Delta t - 120\,\mathrm{s} = 980\,\mathrm{s}$, односно најмањом брзином $v = l/t = 20.4\,\mathrm{m/s}$. Мотоциклиста ће прво сустићи бициклисту број четири. Он за два минута (колико је раније кренуо од мотициклисте) пређе пут $l_4 = v_4 \cdot 120\,\mathrm{s} = 1800\,\mathrm{m}$. У моменту сустизања, после времена τ од поласка мотоциклисте, важи $v\tau = l_4 + v_4\tau$, одакле је $\tau = l_4/(v - v_4) = 333\,\mathrm{s}$, а тражено растојање које је прешао мотоциклиста је једнако $L = v\tau = 6793\,\mathrm{m}$.

2. Укупно два пута у току кретања ће растојање између аутомобила бити $d = 2800\,\mathrm{m}$, једном док други аутомобил сустиже први, а други пут након претицања. Уколико са $l = v_1 \cdot 10\,\mathrm{min} = 9000\,\mathrm{m}$ означимо пут који је прешао први аутомобил док други још није кренуо, а са t_1 и t_2 времена након којих је растојање аутомобила једнако d, онда важи $l + v_1 t_1 = v_2 t_1 + d$, односно $t_1 = (l - d)/(v_2 - v_1) = 620\,\mathrm{s}$. Слично је $l + v_1 t_2 + d = v_2 t_2$, односно $t_2 = (l + d)/(v_2 - v_1) = 1180\,\mathrm{s}$. Путеви које је при томе прешао први аутомобил су $l + v_1 t_1 = 18300\,\mathrm{m}$ и $l + v_1 t_2 = 26700\,\mathrm{m}$, док је други прешао $v_2 t_1 = 15500\,\mathrm{m}$ и $v_2 t_2 = 29500\,\mathrm{m}$.

3. За време t ђак је претрчао $l = v_3 t = 167\,\mathrm{m}$, а да би одредили да ли ће доћи до крме, треба да израчунамо дужину брода L. Она се може одредити на основу података о сусрету брода и скијаша и једнака је $L = s_s + s_b$, где су s_s и s_b путеви које су за време мимоилажења прешли скијаш и брод. Ти путеви су $s_s = (v_1 - u)\Delta t$ и $s_b = (v_2 + u)\Delta t$, где је са u означена брзина реке. На основу овога је $L = s_s + s_b = (v_1 + v_2)t = 200\,\mathrm{m}$, што значи да ђак неће стићи до крме за 1 минут.

4. Низводно и узводно чамац је прешао исте путеве $s = (v + u)t_1$ и $s = (v - u)t_2$, где је v брзина чамца у односу на реку, а брзина реке u. Одавде је $(v + u)/(v - u) = t_2/t_1 = 3/2$, односно $v = 5u$. Боцу носи река, па је њена брзина једнака брзини реке u. Боца прелази исти пут као чамац, па је $s = (v + u)t_1 = 6ut_1 = ut$, односно $t = 6t_1$, одакле се коначно добија $t = 24\,\mathrm{h}$.

5. При кретању у истом смеру, за време Δt_1 бициклиста и пешак прелазе путеве чија је разлика $\Delta s_1 = (v_1 - v_2)\Delta t_1$, где је са v_1 означена брзина бициклисте, а са v_2 брзина пешака. Када се крећу у сусрет један другом, путеви се сабирају, па када се њихово међусобно растојање за време Δt_2 смањи за Δs_2, то значи да је $\Delta s_2 = (v_1 + v_2)\Delta t_2$. Одавде се добија $v_1 + v_2 = \Delta s_2/\Delta t_2$ и $v_1 - v_2 = \Delta s_1/\Delta t_1$. Након сабирања добијамо брзину бициклисте $v_1 = (\Delta s_2/\Delta t_2 + \Delta s_1/\Delta t_1)/2 = 5\,\mathrm{m/s}$, а ако ове изразе одузмемо, добијамо брзину пешака $v_2 = (\Delta s_2/\Delta t_2 - \Delta s_1/\Delta t_1)/2 = 1.5\,\mathrm{m/s}$.

Решења задатака за VII разред

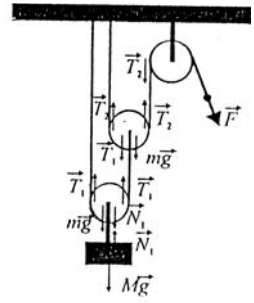
1. Лифт се креће навише убрзањем $a = (F - Mg)/M$. У тренутку одвајања каменчић има брзину интензитета $v_0 = at$ и налази се на висини $h = at^2/2$ у односу на под приземља. Максимална висина коју достиже је $H = h + v_0^2/2g$, а када удари у под има брзину интензитета $v = \sqrt{2gH}$, одакле је $v = t\sqrt{F(F - Mg)}/M = 16.8\,\mathrm{m/s}$.

2. Уколико једначине $s_1 = v_0 t_1 + at_1^2/2$ и $s_1 + s_2 = v_0(t_1 + t_2) + a(t_1 + t_2)^2/2$ поделимо, добијамо $(s_1 + s_2)/s_1 = [v_0(t_1 + t_2) + a(t_1 + t_2)^2/2] / [v_0 t_1 + at_1^2/2]$ односно $1 + s_2/s_1 = [x(t_1 + t_2) + (t_1 + t_2)^2/2] / [xt_1 + t_1^2/2]$, где је $x = v_0/a$ тражени однос. Ако уведемо ознаку $n = 1 + s_2/s_1 = 9/4$, добијамо $x = [(t_1 + t_2)^2/2 - nt_1^2/2] / [nt_1 - t_1 - t_2] = \frac{19}{14}\,\mathrm{s}$.

3. Нека је a_1 убрзање тела у току деловања силе F, а a_2 успорење тела под дејством силе трења (када на њега не делује сила F). Компонента силе F паралелна подлози (вучна сила) је $F_1 = F/2 = 30\,\mathrm{N}$, а $F_2 =$

$F\sqrt{3}/2 = 51.96\,\mathrm{N}$ је компонента силе нормална на подлогу. Сила трења је $F_{tr} = \mu(mg - F_2) = 9.61\,\mathrm{N}$. Користећи други Њутнов закон $ma_1 = F_1 - F_{tr}$ налазимо убрзање $a_1 = (F_1 - F_{tr})/m = 2.04\,\mathrm{m/s^2}$ и пређени пут за време деловања силе $s_1 = v_0t_1 + a_1t_1^2/2 = 12.08\,\mathrm{m}$. Брзина $v_1 = v_0 + a_1t_1 = 8.08\,\mathrm{m/s}$ којом је тело завршило први део кретања је почетна брзина за други део. Успорење на другом делу налазимо из једначине $ma_2 = F'_{tr} = \mu mg = 20\,\mathrm{N}$, где је F'_{tr} нова сила трења, и оно износи $a_2 = 2\,\mathrm{m/s^2}$. Време заустављања је $t_2 = v_1/a_2 = 4.04\,\mathrm{s}$. Пређени пут у другом делу је $s_2 = v_1t_2 - a_2t_2^2/2 = 16.32\,\mathrm{m}$. Укупан пређени пут је $s = s_1 + s_2 = 28.4\,\mathrm{m}$, а средња брзина је $v_{sr} = s/(t_1 + t_2) = 4.70\,\mathrm{m/s}$.

4. Пошто је систем у равнотежи, нема ни транслаторног ни ротационог кретања котура, а интензитети сила, уз ознаке са слике 3, задовољавају следеће једначине: $0 = Mg - N_1$, $0 = mg + N_1 - 2T_1$, $0 = mg + T_1 - 2T_2$ и $F = T_2$. Решавањем ове четири једначине добијамо $F = (M + 3m)g/4$.



Слика 3.

5. Средња сила на првом делу цеви је $F_s = F_0/2$ и та сила изврши рад $A_1 = F_sl_1$ који је једнак промени кинетичке енергије метка $F_0l_1/2 = mv_1^2/2$. Овде је v_1 брзина метка на крају првог дела цеви (на почетку цеви брзина је нула). На другом делу цеви сила је константна и важи $F_0l_2 = mv_2^2/2 - mv_1^2/2$, где је v_2 брзина метка на крају другог дела цеви, а на трећем делу је $F_0l_3/2 = mv^2/2 - mv_2^2/2$. На основу претходних једначина следи $v = \sqrt{F_0(l_1 + 2l_2 + l_3)/m}$.

Решења задатака за VIII разред

1. Количина електрицитета којим су наелектрисане плоче неспојених кондензатора су $q_1 = C_1U_1 = 15\,\mu\mathrm{C}$ и $q_2 = C_2U_2 = 8\,\mu\mathrm{C}$. Ако се споје плоче истог знака наелектрисања, онда је наелектрисање спојених плоча $q' = q_1 + q_2 = 23\,\mu\mathrm{C}$, а ако се споје плоче супротног знака наелектрисања, наелектрисање плоча износи $q'' = q_1 - q_2 = 7\,\mu\mathrm{C}$. Како је еквивалентни капацитет кондензатора $C_e = C_1 + C_2 = 0.5\,\mu\mathrm{F}$, напон између плоча овако спојених кондензатора је $U' = q'/C_e = 46\,\mathrm{V}$, односно $U'' = q''/C_e = 14\,\mathrm{V}$.

2. На куглицу делују две силе, сила земљине теже $\vec{Q} = m\vec{g}$ и електростатичка сила $\vec{F}_e = q\vec{E}$. Резултујућа сила која делује на куглицу је $\vec{F} = \vec{Q} + \vec{F}_e$. Како су обе силе истог смера, следи $F = Q + F_e$. Основни закон динамике за овај случај гласи $ma = mg + qE$, где је a убрзање куглице. Одавде се добија $a = (mg + qE)/m = 50\,\mathrm{m/s^2}$. Дакле, куглица ће се кретати равномерно убрзано ка доњој плочи убрзањем $a = 50\,\mathrm{m/s^2}$.

3. Пошто сила која делује на струјни проводник у магнетном пољу износи $F = IlB$ и линеарно зависи од јачине магнетног поља B, средња сила која делује на проводник током пута ће износити $F_{sr} = Il(B_1 + B_2)/2$. Извршени рад износи $A = F_{sr}s = 8\,\mathrm{mJ}$.

4. За време подизања терета је утрошена електрична енергија $A_{el} = UIt$, док механички рад извршен подизањем терета износи $A_{meh} = mgh$. Коефицијент корисног дејства износи $\eta = A_{meh}/A_{el} = mgh/UIt = 0.5 = 50\%$.

5. Отпор проводника једнак је $R = \rho\, l/S$, а капацитет кондензатора је $C = \varepsilon\varepsilon_0 S/l$. Наелектрисање на кондензатору износи $q = C(U - Ir)$, где је $I = U/(R + r)$ струја која тече колом. Одавде је $q = CUR/(R + r)$. Пошто је $RC = \varepsilon\varepsilon_0\rho$, добија се коначно $q = \varepsilon\varepsilon_0\rho U/(R + r) = 3.7\,\mu\mathrm{C}$.

Задаци за I разред

1. Тело се налази на стрмој равни нагиба 30° и гурнуто је уз њу брзином $v_0 = 5\,\mathrm{m/s}$. После колико времена ће брзина тела опет бити једнака v_0 ако је коефицијент трења између тела и стрме равни $\mu = 0.1$? За убрзање Земљине теже у свим задацима узмите вредност $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$. (МФ **54**)

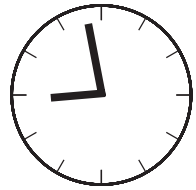
2. Перица је почео да ради задатке на такмичењу из физике између осам и девет часова (слика 4), а завршио је између једанаест и дванаест, у тренутку када су мала и велика казаљка на часовнику замениле своја места у односу на почетни тренутак. Нађите колико је укупно времена Перица радио задатке и колико времена пре дванаест часова их је завршио.

3. Тело масе m се налази на глаткој призми масе M и угла 45° (слика 5). Призма се налази на глаткој хоризонталној подлози. Израчунајте убрзање призме a док тело клизи по њој.

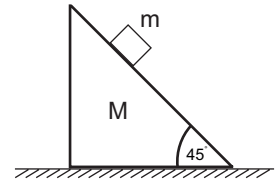
4. На храпавој хоризонталној подлози се налази кутија масе M коју вучемо по подлози помоћу неистегљиве шипке масе m и дужине l (слика 6). Коефицијент трења између подлоге и кутије је μ. Ако се систем креће константним убрзањем a, одредите силу затезања шипке на растојању x ($x < l$) од њеног левог краја. Под којим условима је сила затезања у свакој тачки шипке константна?

5. Аутомобил се креће са константним тангенцијалним убрзањем $a_t = 0.62\,\mathrm{m/s^2}$ по хоризонталној подлози описујући круг полупречника $R = 40\,\mathrm{m}$. Коефицијент трења клизања између точкова и подлоге је $\mu = 0.20$. Колики пут s ће аутомобил прећи без проклизавања ако му је почетна брзина била једнака нули?

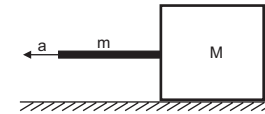
Аутор задатака: Зоран Ристивојевић



Слика 4.



Слика 5.



Слика 6.

Задаци за II разред

1. Танка цев дужине $l_0 = 1\,\mathrm{m}$ затворена је са оба краја. Када је у хоризонталном положају, средњих $x = 10\,\mathrm{cm}$ цеви је испуњено живом густине $\rho = 13.6 \cdot 10^3\,\mathrm{kg/m^3}$, а остали делови ваздухом на притиску $p = 101325\,\mathrm{Pa}$ (слика 7). Када се цев постави вертикално, стуб живе чија дужина остаје иста се помери за Δl. Израчунајте колико износи овај померај одмах по заустављању живе. Претпоставите да је Δl много мање од дужина ваздушних стубова када је цев била у хоризонталном полозхају. Искористите апроксимацију $(1 \pm x)^\alpha \approx 1 \pm \alpha x$, која важи за $|x| \ll 1$. За убрзање Земљине теже у свим задацима узмите вредност $g = 9.81\,\mathrm{m/s^2}$. (МФ **69**)

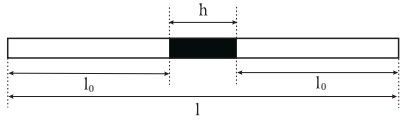
2. Топлотно изолована посуда подељена је на два дела клипом који не проводи топлоту, и креће се кроз посуду без трења (слика 8). У левом делу посуде налази се $n = 1\,\mathrm{mol}$ идеалног једноатомског гаса, а у десном делу је вакуум. Клип је повезан са десном ивицом посуде опругом, чија је дужина у слободном стању једнака дужини посуде. Одредите топлотни капацитет система C. Занемарите топлотне капацитете опруге, посуде и клипа.

3. Гас се загреје из истог почетног стања, на начине приказане на слици 9 стрелицама $1 \longrightarrow 2$ и $1 \longrightarrow 3$ до исте коначне температуре. У којем од ова два процеса се утроши већа количина топлоте?

4. Колики је рад потребно уложити да би се потопила у воду коцка странице $a = 20\,\mathrm{cm}$, направљена од дрвета густине $\rho = 800\,\mathrm{kg/m^3}$? Густина воде је $\rho_0 = 1000\,\mathrm{kg/m^3}$.

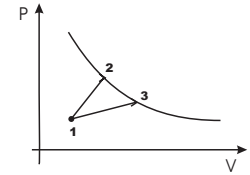
5. Гвоздена кугла полупречника $R = 2\,\mathrm{cm}$ извади се из воде која кључа и постави на лед, чија је температура $t_1 = 0^\circ\,\mathrm{C}$. До које дубине x ће кугла уронити у лед? Специфична топлота топљења леда је $\lambda = 0.33\,\mathrm{MJ/kg}$, специфични топлотни капацитет гвожђа $c = 460\,\mathrm{J/kg\,K}$, густина леда је $\rho_1 = 917\,\mathrm{kg/m^3}$, а гвожђа $\rho_2 = 7870\,\mathrm{kg/m^3}$, док је спољашњи притисак $p = 1013\,\mathrm{mbar}$. Занемарите промену густине и специфичног топлотног капацитета гвожђа услед промене температуре.

Аутор задатака: Зорица Пајовић



Слика 7.

Слика 8.



Слика 9.

Задаци за III разред

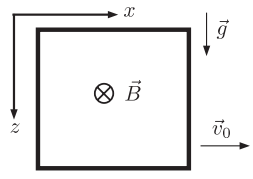
1. Проводни квадратни рам странице $a = 1.0\,\mathrm{m}$ налази се у вертикалној x–y равни у гравитационом пољу Земље и има почетну брзину $\vec{v}_0$ дуж x–осе (слика 10). Рам се креће у магнетном пољу интензитета $B(y) = B_0 + ky$, нормалном на x–y раван, где су B_0 и $k = 1.0\,\mathrm{T/m}$ константе. Отпор рама је $R = 0.20\,\Omega$, а маса $m = 1.0\,\mathrm{kg}$. Након одређеног времена рам се креће константном брзином интензитета $u = 4.0\,\mathrm{m/s}$. Нађите почетну брзину $\vec{v}_0$. (Млади физичар, Посебна свеска, **2001/2002**)

2. Струјно коло са слике 11 је спојено на извор наизменичне струје фреквенције ω. Познат је отпор $R = 0.10\,\mathrm{k\Omega}$ и капацитет $C = 1.5\,\mu\mathrm{F}$, а коло је подешено тако да кроз отпорник R_d не тече струја. Одредите индуктивност L.

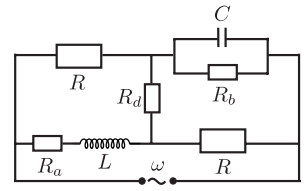
3. Куглица масе m стоји у равнотежи у центру хоризонталног квадрата $ABCD$, спојена са његовим теменима помоћу опруга коефицијената еластичности k_A, k_B, k_C и k_D. Куглица је изведена из равнотежног положаја тако да изводи мале осцилације у хоризонталној равни, описујући трајекторију у облику броја 8 (слика 12).

   а) Нађите коефицијенте k_C и k_D ако су дати коефицијенти k_A и k_B и познато је да куглица изврши N пуних осцилација у току једне секунде.

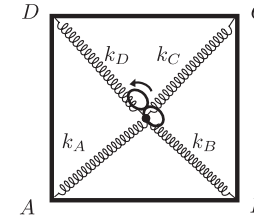
б) Пројекција X_{BD} положаја куглице на дијагоналу BD, мерена у односу на центар квадрата, дата је са $X_{BD} = X^0_{BD}\cos\omega t$. Нађите пројекцију X_{AC} положаја куглице на дијагоналу AC. Амплитуду осциловања у правцу дијагонале AC означите са X^0_{AC} и подразумевати $X^0_{BD} > 0$ и $X^0_{AC} > 0$.



Слика 10



Слика 11



Слика 12

4. Слепи миш лети према стени брзином интензитета $v = 10\,\mathrm{m/s}$, при чему производи ултразвук фреквенције $\nu_0 = 45\,\mathrm{kHz}$. Коју фреквенцију ν ултразвука одбијеног од стене региструје слепи миш? Узмите да је брзина звука $c = 340\,\mathrm{m/s}$.

5. Изоловани проводник кружног облика полупречника $r = 1.5\,\mathrm{m}$ налази се у магнетном пољу интензитета $B = 1.2\,\mathrm{T}$, нормалном на раван кружнице. Проводник уврнемо тако да има облик симетричне осмице која се састоји од две кружнице и лежи у почетној равни. Нађите наелектрисање Q које при овоме прође кроз попречни пресек проводника, ако је његов отпор $R = 10\,\Omega$.

Аутор задатака: Игор Салом

Задаци за IV разред

1. Астроном посматра комету која се креће на периферији Сунчевог система. Правац брзине комете заклапа угао ϕ $(0 \le \phi \le \pi)$ са правцем комета–астроном. Брзина комете у односу на астронома је v, док је растојање између комете и астронома R. Колика је угаона брзина комете у односу на астронома? Узимајући у обзир да је брзина простирања светлости коначна, одредите колика је угаона брзина комете коју мери астроном?

2. Релативистички протон кинетичке енергије T судара се еластично са протоном који мирује. Након судара оба протона су се разлетела симетрично у односу на правац кретања првог протона пре судара. Одредите угао између праваца протона после судара. (Млади физичар **68**)

3. Хомогена лопта полупречника $r = 1\,\mathrm{mm}$ осветљава се хомогеним, широким, паралелним ласерским снопом. Ласерско зрачење је циркуларно поларисано и његова таласна дужина је $\lambda = 10\,\mathrm{mm}$. Лопта, која у почетном тренутку мирује, почиње да се креће. Колики пут пређе центар масе лопте за време док се лопта једном обрне око своје осе, ако је интензитет ласерског зрачења константан? Можете сматрати да је лопта апсолутно црно тело и занемарити ефекте гравитације. Момент инерције лопте у односу на осу која пролази кроз њен центар је $I = 2mr^2/5$, где је m маса, а r полупречник лопте. (Упутство: монохроматско, циркуларно поларисано ласерско зрачење посматрајте као скуп фотона исте енергије, импулса и момента импулса. Момент импулса сваког фотона је $\hbar$.)

4. Таласна функција којом се описује стање честице масе m, која се налази у бесконачно дубокој, правоугаоној потенцијалној јами ширине l, има облик $\psi(x) = C_1\sin kx + C_2\cos kx$. Користећи граничне услове одредите дозвољене вредности таласног вектора k. Нађите одговарајуће енергије стационарних стања честице.

5. У акцелератору се формира узак сноп протона, чије енергије су $E = 2\,\mathrm{keV}$. Протони се крећу ка непокретној металној сфери полупречника r која се налази на великој удаљености од акцелератора. Растојање између центра сфере и почетног правца протонског снопа је $d = r/2$. Претпостављајући да акцелератор ради довољно дуго наћите коначни потенцијал сфере. Интеракција међу протонима је занемарљива.

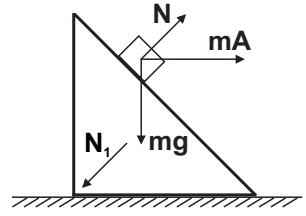
Аутор задатака: Бранислав Цветковић

Решења задатака за I разред

1. При кретању уз стрму раван тело успорава убрзањем $a_1 = (1+\mu\sqrt{3})\,g/2$. Време до заустављања је $t_1 = v_0/a_1$. При кретању низ стрму раван убрзање је $a_1 = (1-\mu\sqrt{3})\,g/2$. Време достизања брзине v_0 је $t_2 = v_0/a_2$. Укупно време до поновног достизања брзине v_0 је $t = t_1 + t_2 = 4v_0/(1-3\mu^2)g = 2\,\mathrm{s}$.

2. Угаона брзина велике казаљке је $\omega_1 = 2\pi\,\mathrm{h}^{-1}$, а мале $\omega_2 = \omega_1/12$. Ако је угао између мале и велике казаљке у почетном тренутку θ, онда је $\omega_2 t = \theta$ и $\omega_1 t = 6\pi - \theta$, где је t време израде задатака. Одавде је $t = 6\pi/(\omega_1+\omega_2) = 2\,\mathrm{h}\;46\,\mathrm{min}$. Ако са φ означимо угао између мале казаљке у тренутку када је Перица завршио задатке и казаљки у дванаест сати, онда је $\omega_2\tau = \varphi$ и $\omega_1\tau = \theta + \varphi$, где је τ време од завршетка израде задатака до дванаест сати. Одавде је $\tau = \theta/(\omega_1-\omega_2) = 6\pi\omega_2/(\omega_1^2-\omega_2^2) = 15\,\mathrm{min}$.

3. Пошто се призма креће убрзано, у систему везаном за призму на тело делују: сила реакције подлоге N, сила Земљине теже mg и инерцијална сила ma, где је a убрзање призме (слика 13). Како се тело не креће у правцу нормалном на подлогу, силе су уравнотежене у том правцу, односно $N + ma\sqrt{2}/2 = mg\sqrt{2}/2$. На призму у хоризонталном правцу делује само пројекција силе реакције тела на призму и она износи $N\sqrt{2}/2$, па је једначина кретања призме по хоризонтали $Ma = N\sqrt{2}/2$. Комбиновањем са претходном једначином добијамо да је убрзање призме $a = mg/(2M+m)$.



Слика 13.

4. На кутију делује сила трења интензитета $\mu(M+m)g$, па је једначина кретања кутије $Ma = T - \mu(M+m)g$, где је T сила затезања штапа у тачки додира са кутијом. Ако је $T(x)$ сила затезања штапа на растојању x од његовог левог краја, онда је једначина кретања дела штапа дужине $l-x$ (између кутије и одабране тачке удаљене x од левог краја штапа) дата са $m_1 a = T(x) - T$, где је $m_1 = m(l-x)/l$ маса тог дела штапа. Сада је $T(x) = \mu(M+m)g + Ma + ma(l-x)/l$, па видимо да је сила затезања штапа константна само у случајевима када је $a = 0$ и када је $m = 0$.

5. Други Њутнов закон за аутомобил пројектован дуж тангенцијалног правца на круг гласи $ma_t = F_t$, а дуж нормалног правца има облик $ma_n = F_n$, где су F_t и F_n тангенцијална и нормална компонента силе трења. У тренутку проклизавања укупна сила трења достиже максималну вредност $F = \mu mg$ и тада је

$F_t^2 + F_n^2 = (\mu mg)^2$. Пошто је $a_n = v_p^2/R$, где је са v_p означена брзина аутомобила у тренутку проклизавања, квадрирањем прве две једначине се добија $v_p^4/R^2 + a_t^2 = (\mu g)^2$. Како је пређени пут до проклизавања $s = v_p^2/2a_t$, коначно се добија да је $s = \frac{R}{2}\sqrt{\mu^2 g^2/a_t^2 - 1} = 61\,\mathrm{m}$.

Решења задатака за II разред

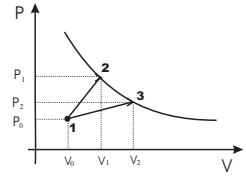
1. Када је цев хоризонтална, притисак износи $p = 101325\,\mathrm{Pa}$, а запремина V_0 је иста у оба дела цеви. Када је цев вертикална, означичемо са p_g и V_g притисак и запремину ваздуха изнад живиног стуба, и са p_d и V_d притисак и запремину испод живиног стуба. Пошто нас интересује померај живе непосредно по њеном заустављању, то значи да су процеси сабијања ваздуха и експанзије били адијабатски: $pV_0^\gamma = p_d V_d^\gamma = p_g V_g^\gamma$. Живин стуб мирује, што значи да је $p_d = p_g + \rho g x$. Пошто се дужина стуба при окретању цеви није променила, значи да су се запремине V_g и V_d промениле за исти износ ΔV, $V_d == V_0 - \Delta V$, $V_g = V_0 + \Delta V$. Комбиновањем ових једначина добијамо $p\,(V_0/V_g)^\gamma + \rho g x = p\,(V_0/V_d)^\gamma$. Ако уведемо бездимензиону величину $\delta = \Delta V/V_0$, имамо $\rho g x/p = 1/(1-\delta)^\gamma - 1/(1+\delta)^\gamma$. Ако искористимо апроксимацију дату у задатку, добијамо $\rho g x/p = 1 + \gamma\delta - (1 - \gamma\delta) = 2\gamma\delta$, одакле следи $\delta = \rho g x/2\gamma p$. Пошто је $\delta = \Delta V/V_0 = \Delta l/l_0$, коначно добијамо $\Delta l = \delta l_0 = \rho g x l_0/2\gamma p = 2.1\,\mathrm{cm}$.

2. Означимо са T_1 почетну температуру гаса, а са $T_2 = T_1 + \Delta T$ температуру гаса када се систему преда количина топлоте ΔQ. Сва топлота се троши на промену унутрашње енергије система, $\Delta Q = \Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2$, где је $\Delta U_1 = 3nR\Delta T/2$ унутрашња енергија гаса, а $\Delta U_2 = k(x_2^2 - x_1^2)/2$ је промена потенцијалне енергије опруге. Овде смо са k означили коефицијент еластичности опруге, а са x_1 и x_2 положаје левог краја опруге (мерене у односу на леви крај суда) при температури T_1, односно T_2. Након заустављања клипа на удаљености x од левог краја суда, услов равнотеже клипа и једначина стања гаса дају $kx = pS$ и $pSx = nRT$, одакле је $kx^2 = nRT$, односно $\Delta U_2 = nR\Delta T/2$. Топлотни капацитет система је $C = \Delta Q\Delta T = 2nR$.

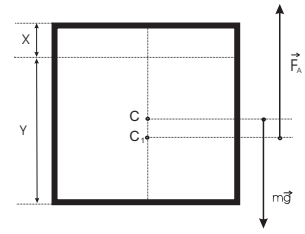
3. За процес $1 \longrightarrow 2$ (слика 14) утрошена је количина топлоте $\Delta Q_1 = \Delta U_1 + A_1$, где је извршени рад $A_1 = (p_0 + p_1)(V_1 - V_0)/2$, док је за процес $1 \longrightarrow 3$ утрошена количина топлоте $\Delta Q_2 = \Delta U_2 + A_2$, при чему је извршени рад $A_2 = (p_0 + p_2)(V_2 - V_0)/2$. Пошто су коначне температуре гаса у стањима 2 и 3 једнаке, промене унутрашње енергије су једнаке, $\Delta U_1 = \Delta U_2$. Како је $A_2 - A_1 = (p_0V_2 - p_0V_1 + p_1V_0 - p_2V_0)/2 > 0$ (јер је $p_0V_2 > p_0V_1$ и $p_1V_0 > p_2V_0$), то значи да је $\Delta Q_2 > \Delta Q_1$, односно да се у процесу $1 \longrightarrow 3$ гасу преда више топлоте.

4. Услед дејства силе теже $m\vec{g}$ коцка ће потонути на дубину u, при чему није потребно деловати спољашњом силом, нити улагати било какав рад (слика 15). При овоме се успостави равнотежа силе теже $m\vec{g}$ и Архимедове силе $\vec{F}_A$, па је $mg = \rho_0\, g V_1$, где је $V_1 = a^2 u$. Одавде се добија $u = m/\rho_0\, a^2 = \rho\, a^3/\rho_0\, a^2 = \rho\, a/\rho_0 = 0.8\, a$. Преостали део коцке, висине $x = a - u = 0.2\, a$ мора се потопити услед деловања вертикалне спољашње силе $\vec{F}$, чији се интензитет повећава линеарно са дубином потапања x. Интензитет силе $\vec{F}_m$ при потпуном потапању коцке је $F_m = \rho_0\, g a^2 x$. Рад ове силе је $A = F_m\, x/2 = \rho_0\, g a^2 x^2/2 = 0.31\,\mathrm{J}$.

5. Запремина истопљеног леда је: $V_1 = R^2\pi x + 2R^3\pi/3$. Количина топлоте потребна за његово топљење је $Q_1 = m_1\lambda = \rho_1\, V_1\lambda = \rho_1\,(R^2\pi x + 2R^3\pi/3)\lambda$. Кугла у овом процесу преда количину топлоте $Q_2 = m_2\, c\,(T_k - T_1) = \rho_2\, V_2\, c\, T_k$, где је $V_2 = 4R^3\pi/3$. Пошто је $Q_1 = Q_2$, добијамо $x = 2\,R\,(2\,\rho_2\, c\, T_k - \rho_1\,\lambda)\,/\,3\,\rho_1\,\lambda = 1.9\,\mathrm{cm}$.



Слика 14.



Слика 15.

Решења задатака за III разред

1. Када се рам спусти за малу висину Δz, флукс магнетног поља кроз рам се промени за $\Delta\Phi = a\Delta z[B(z+a) - B(z)] = ka^2\Delta z$, где је z висина врха рама. Ова промена флукса индукује електромоторну силу интензитета $\mathcal{E} = \Delta\Phi/\Delta t = ka^2\Delta z/\Delta t = ka^2 v_z$, где је $v_z = \Delta z/\Delta t$ пројекција брзине рама на z–осу. Кроз рам тече струја $I = \mathcal{E}/R = ka^2 v_z/R$ која, према Ленцовом правилу, има смер супротан од смера казаљке на сату. До успостављања константе брзине долази зато што је магнетно поље нехомогено, па на доњу страницу делује Амперова сила већег интензитета него на горњу. Силе на друге две странице се међусобно поништавају. Када се константна брзина успостави, сума свих сила које делују на рам је нула, односно $mg = Ia[B(z+a) - B(z)] = k^2a^4u_z/R$, одакле налазимо $u_z = mgR/k^2a^4$. Како је $u = \sqrt{u_x^2 + u_z^2}$, а $u_x = v_0$ се не мења, налазимо $v_0 = \sqrt{u^2 - m^2g^2R^2/k^4a^8} = 3.5\,\mathrm{m/s}$.

2. Кроз отпорник R_d не тече струја, па ту грану можемо занемарити. Разлика потенцијала на крајевима овог отпорника је нула, тј. $U\frac{R_a+i\,\omega\,L}{R_a+i\,\omega\,L+R} = U\frac{R}{R+(1/R_b+i\,\omega\,C)^{-1}}$. Даље је $\frac{R}{R_a+i\,\omega L} = \frac{(1/R_b+i\,\omega\,C)^{-1}}{R}$. Изједначавање имагинарних делова даје $L = R^2C = 15\,\mathrm{mH}$.

3. а) Осцилације су мале па се кретање куглице може посматрати као резултат сабирања независних осцилација дуж праваца AC и BD. Фреквенција осциловања дуж дијагонале BD једнака је фреквенцији обиласка трајекторије, $\nu_{BD} = N\,\mathrm{Hz}$, док је фреквенција осциловања дуж правца AC два пута већа (пошто куглица у овом правцу направи две пуне осцилације за време за које у правцу BD направи само једну), $\nu_{AC} = 2\nu_{BD} = 2N\,\mathrm{Hz}$. Одавде следи $\sqrt{(k_B + k_D)/m} = 2\pi\nu_{BD}$, односно $k_D = 4\pi m\nu_{BD}^2 - k_B$ и $\sqrt{(k_A + k_C)/m} = 2\pi \cdot 2\nu_{BD}$, тј. $k_C = 16\pi m\nu_{BD}^2 - k_A$.

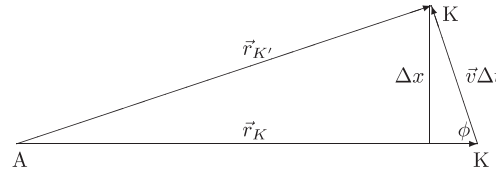
   б) Како је $X_{BD} = X_{BD}^0 \cos\omega t$, у тренутку $t = 0$ куглица се налази у положају најближем темену D. Према слици, тада је $X_{AC} = 0$ и смањује се (јер се тело, према уцртаном смеру кретања, приближава темену A). Узевши у обзир све ово, као и чињеницу да је $\nu_{AC} = 2\nu_{BD}$, закључујемо да је $X_{AC} = -X_{AC}^0 \sin 2\omega t$.

4. Стена је нови извор ултразвучних таласа, чија је фреквенције ν' једнака фреквенцији таласа који стижу до стене, али у систему везаном за стену. Дакле, $\nu' = \frac{c}{c-v}\,\nu_0$ (извор звука, слепи миш, приближава се непокретној стени). Слепи миш се креће према стени и региструје фреквенцију $\nu = \frac{c+v}{c}\,\nu' = \frac{c+v}{c-v}\,\nu_0 = 48\,\mathrm{kHz}$.

5. За описани процес важи $\Delta\Phi/\Delta t = -IR$, где је $\Delta\Phi$ промена флукса за време Δt, а I је индукована струја. Пошто је $I = \Delta Q/\Delta t$, закључујемо да је $\Delta\Phi = -R\Delta Q$, одакле је тражено наелектрисање једнако $Q = -(\Phi_{\text{крај}} - \Phi_{\text{почетак}})/R$. Флукс кроз контуру на почетку износи $\Phi_{\text{почетак}} = r^2\pi B$, док је $\Phi_{\text{крај}} = 0$ јер се доприноси од две половине симетричне осмице поништавају. Одавде следи $Q = \Phi_{\text{почетак}}/R = r^2\pi B/R = 0.85\,\mathrm{C}$.

Решења задатака за IV разред

1. Посматрајмо кретање комете током кратког временског инервала Δt од тачке K до тачке K' (слика 16). Тада важи $\vec{r}_{\mathrm{KK}'} = \vec{r}_{\mathrm{K}} - \vec{r}_{\mathrm{K}'} = \vec{v}\Delta t$. Компонента брзине комете нормална на правац комета–посматрач је $v_\perp = \Delta x/\Delta t = v\sin\phi$. Угаона брзина комете у односу на астронома је $\omega = v_\perp/R = v\sin\phi/R$. Нека је $\Delta t'$ разлика између тренутака времена у којима стижу светлосни сигнали из K и K'. Тада је $\Delta t' = \Delta t + (r_{\mathrm{K}'} - r_{\mathrm{K}})/c$. На основу косинусне теореме је $r_{\mathrm{K}'}^2 = r_{\mathrm{K}}^2 + v^2\Delta t^2 - 2r_{\mathrm{K}}v\Delta t$. Како је Δt кратак временски интервал, а R велико растојање, то је $v\Delta t \ll r_{\mathrm{K}}$, па је $r_{\mathrm{K}'} - r_{\mathrm{K}} \approx -v\Delta t\cos\phi$. Дакле, $\Delta t' \approx \Delta t\,(1 - v\cos\phi/c)$. Привидна брзина комете у правцу нормалном на правац комета–астроном је $v'_\perp = \Delta x/\Delta t' = \Delta x/\Delta t\,(1 - v\cos\phi/c) = v\sin\phi/(1 - v\cos\phi/c)$. Угаона брзина комете коју види посматрач је $\omega' = v'_\perp/R = v\sin\phi/R\,(1 - v\cos\phi/c)$.



Слика 16

2. Из закона одржања импулса следи $p_1\sin\frac{\theta}{2} = p_2\sin\frac{\theta}{2}$ и $p = p_1\cos\frac{\theta}{2} + p_2\cos\frac{\theta}{2}$, одакле је $p_1 = p_2 = p' = p/2\cos\frac{\theta}{2}$. Закон одржања енергије има облик $T = T_1 + T_2 = 2T'$, односно $T' = T/2$. Из $p^2c^2 = T(T + 2mc^2)$ следи $p^2/p'^2 = T(T + 2mc^2)/T'(T' + 2mc^2) = 4(T + 2mc^2)(T + 4mc^2)$, односно $\cos\theta = T/(T + 4mc^2)$.

3. Током кратког временског интервала Δt лопта апсорбује $n\Delta t$ фотона. Импулс сваког фотона је h/λ. Импулс лопте се за време Δt повећа за $\Delta p = nh\Delta t/\lambda$. Убрзање центра масе лопте је $a = \Delta v/\Delta t = nh/m\lambda$. Како је момент импулса сваког фотона $\hbar$, за време Δt момент импулса лопте се повећа за $\Delta L = n\hbar\Delta t$. Угаоно убрзање лопте је $\alpha = \Delta L/I = n\hbar/I$. Како је интензитет снопа константан, убразања a и α су константна, па је $l = at^2/2$ и $\phi = \alpha t^2/2$, одакле се добија $l = 4\pi r^2\phi/5\lambda$. Док се лопта обрне око своје осе, односно за $\Delta\phi = 2\pi$, центар масе лопте пређе пут $\Delta l = 8\pi^2r^2/5\lambda = 1.6\,\mathrm{mm}$.

4. Гранични услови које задовољава таласна функција $\psi(x)$ су $\psi(0) = 0$ и $\psi(l) = 0$. Одавде следи $C_2 = 0$ и $\sin kl = 0$. Дозвољене вредности k су $k_n = n\pi/l$, па су таласне функције које описују стационарна стања $\psi_n(x) = A_n\sin\frac{n\pi x}{l}$. Из Шредингерове једначине $\psi''(x) + \frac{2m}{\hbar^2}E\psi(x) = 0$, или везе енергије и импулса $E = \hbar^2k^2/2m$ следи да су енергије стационарних стања $E_n = n^2\hbar^2/8ml^2$.

5. Протони који се сударају са сфером предају јој своје наелектрисање и она постаје позитивно наелектрисана. Интеракција између снопа и сфере полако мења путању снопа, тако да у једном тренутку протони престају да се сударају са сфером и пролазе близу ње. Протони су нерелативистички, па важи $E = e\varphi + mv^2/2$, где је m маса, e наелектрисање, а v брзина протона. Закон одржања момента импулса има облик $mv_0d = mvr$, где је v_0 почетна брзина протона. Даље је $mv^2/2 = E(d/r)^2$. Дакле, коначни потенцијал сфере је $\varphi = (1 - d^2/r^2)E/e = 1500\,\mathrm{V}$.

Интересантне задатке нам је посао Миле Продановић из Краљева. Ево тих задатака, а решења ћемо објавити у следећем броју:

1. Дечак стоји на мосту дужине d = 80 m. У тренутку када је угледао аутомобил, на растојању l = 150 м од њега, дечак је потрчао сталном брзином ка једном крају моста. Аутомобил га је сустигао на крају моста. Да је дечак трчао истом брзином ка другом крају моста срели би се на почетку моста.

а) Колики пут је претрчао дечак?

б) Ако се аутомобил креће брзином $v_1 = 20$ m/s, колико времена се дечак креће по мосту?

2. У акваријум, облика квадра чије је дно димензија 3 dm x 4 dm, треба спустити коцку, која не плива већ тоне, ивице 2 dm тако да она не буде потпуно потопљена у води.

а) Колика највећа висина воде може да испуњава акваријум па да коцка не буде потпуно потопљена ?

б) За колико најмање висина зидова акваријума мора бити већа од висине воде у акваријуму да не дође до преливања воде из акваријума при спуштању тела (коцке)?

3. Такмичење из физике почиње у 9 сати. Аутобус са такмичарима је кренуо у 7 сати. Прву трећину пута и још један km аутобус се кретао брзином 45 km/h. Следећу трећину преосталог пута и још један km возач је због лошег пута возио брзином 30 km/h. Коликом брзином мора да се креће аутобус на преосталих 33 km да би такмичари стигли на такмичење 15 минута пре почетка такмичења?

План такмичења из физике у школској 2004/05 години

Основна школа

Разред	Општинско 26. фебруар	Окружно 19. март	Републичко 16.–17. април	Савезно 27.–29. мај
VI	Кретање	Маса и густина	Сила	Притисак чврстог тела
VII	Равнотежа	Течности и гасови	Рад, снага и енергија	Осцилације и таласи
VIII	Електрична струја	Магнетно поље	Електромагнетна индукција	Цело градиво

Средња школа

Разред	Општинско 12. март	Окружно 9. април	Републичко 14.–15. мај	Савезно 27.–29. мај
I	Динамика (без силе трења)	Динамика (са силом трења)	Динамика ротације и статика	Гравитационо поље
II	Динамика флуида	Молекулске силе и агрегатна стања	Електростатика	Једносмерне струје
III	Наизменичне струје	Механички таласи са акустиком	Електромагнетни таласи	Интерференција и дифракција светлости
IV	Боров модел	Молекулски спектри	Нуклеарна физика	Сво градиво

Наградни задаци из претходног броја

Најпре да се присетимо наградних задатака из претходног броја. Објављујемо решења наградних задатака из свих разреда, изузев осмог. Ту нам се поткрла једна грешка, јер смо објавили задатак из градива који се по новом програму учи мало касније. Зато продужавамо време за пријем задатака из осмог разреда које смо објавили у прошлом броју. Рок за слање тих задатака ћемо објавити у једном од наредних бројева МФ-а.

Решења задатака за 6. разред

О6-1. Обележимо са a, b и c дужине ивица базенчића. У базенчић може да стане: $V = a \cdot b \cdot c = 2\,\mathrm{m} \cdot 1\,\mathrm{m} \cdot 0,5\,\mathrm{m} = 1\,\mathrm{m}^3$ песка. Нека је a_1 дужина ивице зрнцета песка. Тада је запремина зрнцета песка је: $V_z = a_1^3 = (0,00005\,\mathrm{m})^3 = 0,000000000000125\,\mathrm{m}^3$. У базенчић може да стане: $N = \frac{V}{V_z} = 8000000000000$ зрнаца песка.

О6-2. Обележимо растојања корњаче и зеца од старта са x_k и x_z. Нека је v_k брзина корњаче. У датом тренутку корњача се налази на растојању $x_k = v_k \cdot t = 0,1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 5\,\mathrm{s} = 0,5\,\mathrm{m}$ од старта. У првој секунди кретања зец пређе пут $s_1 = \frac{128\,\mathrm{m}}{2} = 64\,\mathrm{m}$. У другој секунди зец пређе пут $s_2 = \frac{64\,\mathrm{m}}{2} = 32\,\mathrm{m}$, у трећој $s_3 = \frac{32\,\mathrm{m}}{2} = 16\,\mathrm{m}$, у четвтој $s_4 = \frac{16\,\mathrm{m}}{2} = 8\,\mathrm{m}$, у петој $s_5 = \frac{8\,\mathrm{m}}{2} = 4\,\mathrm{m}$. Растојање зеца од старта у датом тренутку је $x_z = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5 = 124\,\mathrm{m}$. У шестој секунди кретања зец ће прећи пут $s_6 = \frac{4\,\mathrm{m}}{2} = 2\,\mathrm{m}$, у седмој $s_7 = \frac{2\,\mathrm{m}}{2} = 1\,\mathrm{m}$. Дакле након седам секунди кретања растојање зеца од старта ће бити: $x_z = 127$ m, то јест зец ће се налазити на растојању 1 m до циља. Време које протекне од почетка трке до тренутка када корњача стигне до циља је: $t_k = \frac{s}{v_k} = \frac{128\,\mathrm{m}}{0,1\,\mathrm{m/s}} = 1280\,\mathrm{s}$. Размотримо сада поново кретање зеца. Зецу након истека прве секунде кретања преостаје да до циља пређе пут од 64 m. Тај пут је једнак путу који је зец прешао у првој секунди. Након истека друге секунде зецу преостаје да до циља пређе пут 32 m. Тај пут је једнак путу који је зец прешао у другој секунди. Дакле, можемо да закључимо да ће зецу након n секунди кретања до циља преостати да пређе пут који је једнак путу који зец пређе у $n-$тој секунди кретања. У тренутку када корњача стигне до циља зецу ће до циља преостати да пређе пут који је једнак путу који је зец прешао у 1280$-$тој секунди кретања. Према томе у трци ће победити корњача!

О6-3. Нека је l дужина степеница. Обележимо са u брзину степеница. Из услова задатка је: $u = \frac{l}{t_1} = \frac{45\,\mathrm{m}}{15\,\mathrm{s}} = 3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Нека је v брзина продавца у односу на степенице. Тада је: $l = (v + u)t_2$, одакле следи да је брзина продавца у односу на степенице: $v = \frac{l}{t} - u = \frac{45\,\mathrm{m}}{5\,\mathrm{s}} - 3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Тешко је веровати да ће продавац успети да постигне оволико велику брзину, тако да ће скоро сигурно закаснити на посао.

О6-4. Обележимо са l_t, l_v и l_l редом дужину тунела, вагона и дизел локомотиве. Укупан пут који пређе воз приликом проласка кроз тунел је једнак збиру дужина воза и тунела: $s = l_t + l_l + n \cdot l_v$. Ако је v брзина воза тада је $s = v \cdot t$. Дакле, дужина дизел локомотиве је: $l_l = v \cdot t - n \cdot l_v - l_t = 15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 120\,\mathrm{s} - 1658\,\mathrm{m} - 13 \cdot 10\,\mathrm{m} = 12\,\mathrm{m}$.

О6-5. Обележимо средњу брзину аутомобила који вози младожења са v_s. Нека су v_1, v_2 и v_3 средње брзине аутомобила на првој, другој и трећој трећини пута. Укупно време кретања је једнако збиру времена које је потребно младожењи да пређе прву, другу и трећу трећину пута: $t = t_1+t_2+t_3$, тј.: $t = \frac{s_1}{v_1}+\frac{s_2}{v_2}+\frac{s_3}{v_3}$. Време кретања на целом путу је $t = \frac{s}{v_s}$. Како је $s_1 = s_2 = s_3 = \frac{s}{3}$, то је: $\frac{s}{v_s} = \frac{s}{3v_1} + \frac{s}{3v_2} + \frac{s}{3v_3}$. Након скраћивања s добија се: $\frac{1}{v_3} = \frac{3}{v_s} - \frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}$. Заменом бројних вредности добија се да је $v_3 < 0$, што је бесмислен резултат. Дакле, чак и да младожења вози мерцедес спорт купе, он ће закаснити на своје венчање!

Решења задатака за 7. разред

О7-1. Обележимо са b ширину вагона. Нека је v средња брзина кретања метка кроз вагон. Тада је: $b = v \cdot t$, где је t време кретања метка кроз вагон. Обележимо са d растојање за које су један у односу на други померени отвори од метка на зидовима вагона. Нека је u брзина воза. Тада је: $d = u \cdot t$. Дакле време кретња метка кроз вагон је: $t = \frac{d}{u}$. Средња брзина кретања метка кроз вагон је: $v = \frac{b}{t} = \frac{b}{d}u = 300\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

О7-2. Обележимо брзину дечака са v. Тада је пут који дечак пређе за време t: $s_1 = v \cdot t$. Нека је a убрзање пса. Тада је пут који пас пређе за време t: $s_2 = \frac{at^2}{2}$. Пас ће стићи дечака у тренутку када је: $s_1 = s_2$, тј. $vt = \frac{at^2}{2}$. Из претходне једначине следи да је време након кога ће дечак стићи пса: $t = \frac{2v}{a} = 6\,\mathrm{s}$. Пут који пас пређе за то време је: $s_2 = \frac{at^2}{2} = \frac{2v^2}{a} = 27\,\mathrm{m}$.

О7-3. Обележимо дужину вагона са l и убрзање воза са a. Како се воз креће равномерно убрзано без почетне брзине, време за које поред отправника возова прође први вагон је: $t_1 = \sqrt{\frac{2l}{a}}$. Време за које поред отправника прођу прва два вагона воза је: $t = \sqrt{\frac{4l}{a}}$. Други вагон ће поред отправника проћи за време: $t_2 = t - t_1 = \sqrt{\frac{l}{a}}\left(2-\sqrt{2}\right) \approx 2\,\mathrm{s}$.

О7-4. Како џип током осме и девете секунде равномерно убрзаног кретања пређе пут $s_1 = 16\,\mathrm{m}$, то је: $s_1 = \frac{a_1 t_2^2}{2} - \frac{a_1 t_1^2}{2}$, где је: $t_1 = 7\,\mathrm{s}$ и $t_2 = 9\,\mathrm{s}$. Дакле, убрзање џипа је: $a_1 = \frac{2s_1}{t_2^2 - t_1^2} = 1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Брзина џипа на крају равномерно убрзаног кретања је: $v_0 = a_1 \cdot t = 12\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, где је $t = 12\,\mathrm{s}$. Успорење џипа најлакше се одређује из формуле за квадратну брзину: $v^2 = v_0^2 - 2a_2 s_2$. Како је из услова задатка $v = \frac{v_0}{2} = 6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, успорење џипа је: $a_2 = \frac{v_0^2 - v^2}{2s_2}$, тј. $a_2 = 3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

О7-5. Обележимо масу девојчице са m_1 и масу санки са m_2. Нека је F сила којом девојчица привлачи санке. Тада на основу II Њутновог закона следи да је убрзање санки: $a_2 = \frac{F}{m_2} = 0,62\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. На основу закона акције и реакције следи да је интензитет силе којом санке делују на девојчицу такође једнак F. Убрзање девојчице је: $a_1 = \frac{F}{m_1} = 0,13\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Нека је растојање девојчице и санки у почетном тренутку било d. Збир путева који девојчица и санке пређу до сусрета је једнак d. Дакле: $\frac{a_1 t^2}{2} + \frac{a_2 t^2}{2} = d$. Време које протекне до тренутка сусрета девојчице и санки је: $t = \sqrt{\frac{2d}{a_1+a_2}} = 6,33\,\mathrm{s}$.

Решења задатака за 1. разред

С1-1. Воз се из станице почео кретати сталним убрзањем. Из израза $d = \frac{at^2}{2}$ и $v = at$ добијамо $d = \frac{vt}{2}$. Убрзање воза можемо израчунати помоћу података да је воз за време потребно да стигне до тунела постигао брзину v па је $a = \frac{v}{t}$. Време потребно да воз стигне до тунела износи: $t = \frac{2d}{v} = 250\,\mathrm{s}$, а за убрзање добијамо $a = \frac{v}{t} = 0,08\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Сматрамо да је воз у тунелу од тренутка када је локомотива ушла у тунел па до тренутка када последњи вагон напушта тунел, тј. од тренутка кад је иза локомотиве прешао пут d, па до тренутка када је превалила пут $d + d_1 + d_2$. Ако је време t потребно да локомотива стигне до тунела, а време t_1 да последњи вагон напусти тунел, тражено време је: $\Delta t = t_1 - t$. Време t_1 можемо израчунати из израза: $d + d_1 + d_2 = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2(d+d_1+d_2)}{a}} = 264,6\,\mathrm{s}$. Време за које се било који део воза налазиу тунело: $\Delta t = 14,6\,\mathrm{s}$.

С1-2. Максимална висина коју достигне ракета пре распадања је: $h = \frac{v_0^2}{2g}$. Први део ракете, након распадања добија брзину v_x и пошто пада на место испаљивања прелази пут h: $\frac{v_0^2}{2g} = v_x t_1 + \frac{gt_1^2}{2}$ (♯). Тај део ракете на земљу падне брзином: $2v_0 = v_x + gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{2v_0 - v_x}{g}$. Заменом израза за t_1 у израз (♯) добијамо: $v_x = \sqrt{3}v_0$. Други део ракете након раздвајања добија једнаку брзину v_x али на горе. Да би стигао до земље мора прећи пут h_1 на горе и затим пут $h_1 + h$ према земљи. Пут h_1 налази као код вертикалног хица са почетном брзином: $h_1 = \frac{v_x^2}{2g} = \frac{3v_0^2}{2g}$. Време пењања је: $t_1^{'} = \frac{v_x}{g} = \frac{v_0\sqrt{3}}{g}$. Са висине $h_1 + h$ други део ракете слободно пада: $v = \sqrt{2g(h+h_1)} = \sqrt{2g(v_0^2/(2g) + 3v_0^2/(2g))} = 2v_0$. Оба дела ракете падну једнаком брзином и на истом месту на земљи. Време које је потребно да други део ракете падне на земљу је: $t = t_1^{'} + t_2$. Пошто је $t_1^{'} = \frac{v_x}{g} = \frac{\sqrt{3}v_0}{g}$, а $t_2 = \sqrt{\frac{2}{g}(h_1 + h)} = \frac{2v_0}{g}$ за тражено време падања другог дела ракете на земљу добијамо: $t = \frac{v_0}{g}(2 + \sqrt{3})$.

С1-3. У задатку су дате две ствари: дистанца и и угао пројектила (у овом случају то је људско тело). Разложимо почетну брзину v_0 на x и y компоненту је $v_x = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$, $v_{0y} = \frac{1}{2}v_0$ (види слику):
Брзина у x правцу остаје константна (убрзање дуж x осе је једнако нули), док по y оси имамо кретање са константним убрзањем $\vec{a} = -g\vec{e}_y$. Једначина кретања по x и y оси су: $x = v_x t$ (♭), $y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$ (♮). Када Карл Луис дотакне тло у доскоку, тада је $x = d$ и $y = 0$. Заменом $x = d$ у једначину (♭) добијамо: $d = v_x t = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0 t \Rightarrow t = \frac{2d}{\sqrt{3}v_0}$ (♢), а заменом $y = 0$ у једначину (♮) добијамо $0 = \frac{1}{2}v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$. После замене израза за време из јеначине (♢) за интензитет брзине при одскоку добијамо: $v_0 = \sqrt{\frac{2gd}{\sqrt{3}}} = 9,82\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Коментар: Овај човек је стварно брз.

С1-4. Пошто се Плутон налази у равнотежи, сума сила које на њега делују је једнака нули: $\sum F_y = 0 \Rightarrow T_3 - mg = 0 \Rightarrow T_3 = mg = 294,3\,\mathrm{N}$.

Даље имамо: $T_2\frac{\sqrt{2}}{2} - T_1\frac{\sqrt{3}}{2} = 0 \Rightarrow T_2 = T_1\sqrt{\frac{3}{2}}$(♢), $T_2\frac{\sqrt{2}}{2} - T_3 - T_1\frac{1}{2} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}T_1 = T_2\frac{\sqrt{2}}{2} - T_3$ (♡).
Израз за силу T_2 из израза (♢) замењујемо у израз (♡): $\frac{1}{2}T_1 = T_1\sqrt{\frac{3}{2}}\frac{\sqrt{2}}{2} - T_3 \Rightarrow T_1 = \frac{2T_3}{\sqrt{3}-1} =$

$806,3\,\mathrm{N}$. Заменом овог резултата у израз (♢) имамо: $T_2 = 987,5\,\mathrm{N}$. Коментар: Надајмо се да ће Плутон издржати.

С1-5. Сума сила које делују на тело по y-оси једнака је нули: $N - m_1 g = 0 \Rightarrow N = m_1 g$.

Тело се у правцу x-осе креће убрзањем a_1: $T - F_t = m_1 a_1 \Rightarrow T = m_1(a_1 + \mu g)$ (♣). Сада разматрамо кретање котура па важи: $\sum F_y = 0$ и $F_x = m_2 a_2 \Longrightarrow m_2 a_2 = F - 2T$ (♠). Када се блок помери за Δx, котур се помери за $\Delta x/2$ (да би сила затезања остала иста), па одатле важи: $a_2 = \frac{1}{2} a_1$. Заменом у израз (♠) за убрзање блока добијамо: $a_1 = \frac{F - 2\mu m_1 g}{m_2/2 + 2m_1} = 3,18\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, док је убрзање котура: $a_2 = a_1/2 = 1,59\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Силу затезања конопца налазимо из израза (♣): $T = m_1(a_1 + \mu g) = 71\,\mathrm{N}$.

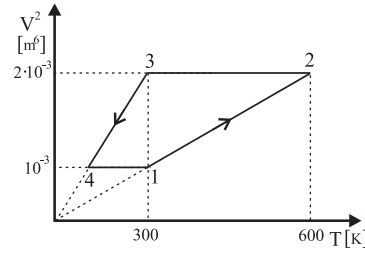
Решења задатака за 2. разред

С2-1. Пошто се гас у ронилачким боцама понаша као идеалан гас, једначина стања гаса гласи: $pV = nRT$. Услов задатка је: $T = \mathrm{const} \Rightarrow pV = \mathrm{const}$. Ако су у почетном тренутку притисак и запремина p_i, V_i, а у финалном p_f и V_f, имамо $p_i V_i = p_f V_f$. Рад који изврши гас у једном изотермском процесу једнак је: $W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i} = p_i V_i \ln \frac{V_f}{V_i} = p_f V_f \ln \frac{V_f}{V_i}$. Компресија на половину почетне запремине даје: $W_1 = p_i V_i \ln \frac{\frac{1}{2} V_i}{V_i} = -p_i V_i \ln 2 = -0.693 p_i V_i$. Знак минус указује да је реч о раду који је извршен над гасом да би се он компримовао. Ако гас компримујемо на десетину почетне запремине, добијамо: $W_2 = p_i V_i \ln \frac{\frac{1}{10} V_i}{V_i} = -p_i V_i \ln 10 = -2.30 p_i V_i$. Дељењем последња два израза добијамо тражени резултат: $\frac{W_2}{W_1} = \frac{-2.30 p_i V_i}{-0.693 p_i V_i} = 3.32$. То значи да је потребно 3.32 пута већи рад да би се компримовао ваздух.

С2-2. При преласку система из стања 1 у стање 2 однос $\frac{V^2}{T}$ је сталан па је $V_2 = \sqrt{2} V_1$, односно произилази да је $p_2 = \sqrt{2} p_1$. Систем се из стања 2 у стање 3 изохорски трансформише док температура не буде $T_3 = \frac{1}{2} T_2 = T_1$, па је онда $p_3 = \frac{1}{2} p_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} p_1$. На сличан начин се добијају и вредности притиска, запремине и температуре у сва четири стања система и они су приказани у табели:

стање	притисак	запремина	температура
1	p_1	V_1	T_1
2	$\sqrt{2} p_1$	$\sqrt{2} V_1$	$2T_1$
3	$(1/\sqrt{2}) p_1$	$\sqrt{2} V_1$	T_1
4	$(1/2) p_1$	V_1	$(1/2) T_1$

Тражени $p - V$ дијаграм представљен је на слици:



Рад који изврши гас у датом циклусу је: $A = p_1(V_2 - V_1) + \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(p_2 - p_1) - p_4(V_3 - V_4) - \frac{1}{2}(p_3 - p_4)(V_3 - V_4) = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) - \frac{1}{2}(p_3 + p_4)(V_3 - V_4) = \frac{1}{4}nRT_1 = 623,55\,\mathrm{J}$.

С2-3. Помак границе између воде и уља у цеви је x. Пре доливања уља важи: $\rho_u g h_u = \rho_v g h_v$. После доливања уља важи: $\rho_u g h_u^{'} = \rho_v g h_v^{'} + \rho_u g d$. Одузимањем последње две једначине добијамо: $\rho_u g(h_u - h_u^{'}) = \rho_v g(h_v - h_v^{'}) - \rho_u g d$ $(\star)$. Помак границе између воде и уља у цеви настао је због тога што је део запремине воде истиснут из посуде. Запремина те воде једнака је запремини уља које је ушло у другу посуду: $S(h_v - h_v^{'}) = S(h_u^{'} - h_u) = S^{'}x \Rightarrow h_v - h_v^{'} = h_u^{'} - h_u = \frac{S^{'}}{S}x$. Заменом у једначину $(\star)$ имамо: $-\rho_u \frac{S^{'}}{S}x = \rho_v \frac{S^{'}}{S}x - \rho_u d \Rightarrow x = \frac{S}{S^{'}}\frac{\rho_u}{\rho_u + \rho_v}d = 2,3\,\mathrm{cm}$.

С2-4. Једначина стања на почетку је: $p_1(V_A + V_B) = \frac{m}{M}RT_1$ (\$), где су m_A и m_B масе гаса у суду A и суду B респективно, а $m = m_A + m_B$ укупна маса гаса. После загревања густина гаса је различита па важи: $p_2V_A = \frac{m_A}{M}RT_A$ (£) и $p_2V_B = \frac{m_B}{M}RT_B$. Дељењем последња два израза добијамо: $\frac{V_A}{V_B} = \frac{m_A}{m_B}\frac{T_A}{T_B} = \frac{m_AT_A}{(m-m_A)T_B} \Rightarrow m_A = \frac{mV_AT_B}{V_AT_B + V_BT_A}$. Да бисмо одредили коначни притисак у посудама делимо једначину (£) са једначином (\$): $\frac{p_2}{p_1}\frac{V_A}{V_AV_B} = \frac{m_aT_A}{mT_1} \Rightarrow p_2 = p_1\frac{V_A+V_B}{V_AT_B+V_BT_A}\frac{T_AT_B}{T_1} = 126,6\,\mathrm{kPa}$.

С2-5. Означимо са x удаљеност клипа од левог зида цилиндра. Једначина стања за леву страну цилиндра је: $p_1Sx = n_1RT_1 \Rightarrow p_1 = \frac{n_1RT_1}{Sx}$, док је за десну страну цилиндра: $p_2S(l-x) = n_2RT_2 \Rightarrow p_2 = \frac{n_2RT_2}{S(l-x)}$. Услов механичке равнотеже је: $p_1 = p_2$. Из овог услова добијамо број молова гаса који је убачен у десни део цилиндра: $\frac{n_1RT_1}{Sx} = \frac{n_2RT_2}{S(l-x)} \Rightarrow n_2 = n_1\frac{(l-x)T_1}{xT_2} = 1.2\,\mathrm{mol}$. Једначина енергијског биланса система је: $n_1C_v(T-T_1) + n_2C_v(T-T_2) + mc(T-T_0) = 0$, где је $C_v = \frac{3}{2}R$ топлотни капацитет при константној запремини за једноатомски идеални гас. Из ове једначине добијамо температуру равнотеже система: $T = \frac{n_1C_vT_1 + n_2C_vT_2 + mcT_0}{n_1C_v + n_2C_v + mc} = 307\,\mathrm{K} = 34^0\mathrm{C}$. Означимо са $x^{'}$ нови положај клипа. Једначине стања за леви и десни део цилиндра су: $p_1^{'}Sx^{'} = n_1RT$, $p_2^{'}S(l-x^{'}) = n_2RT$. Из услова равнотеже $p_1^{'} = p_2^{'}$ добијамо: $\frac{x^{'}}{l-x^{'}} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow x^{'} = \frac{n_1}{n_1+n_2}l = 0.66\,\mathrm{m}$. Значи, клип се померио на десно за $\Delta x = x^{'} - x = 0,13\,\mathrm{m}$.

Решења задатака за 3. разред

С3-1. На сваког носиоца наелектрисања у течности због присуства магнетног поља делује Лоренцова сила $F = qvB$ усмерена у правцу $y-$осе, где је q наелектрисање носилаца, а v брзина протока течности. Пошто течност не тече у правцу $y-$осе, ова сила мора бити компензована присуством електричног поља (усмереног у правцу $y-$осе) датог изразом $qE+qvB = 0$. Одатле је $E = -vB$, па је интензитет напона између електрода $u_i = |Ed| = vBd$. Запремински проток течности је $Q = \frac{\pi d^2}{4} v$, одакле је $Q = \frac{\pi d}{4B} u_i$.

С3-2. Амперова сила којом магнетно поље праволинијског проводника делује на горњу страницу контуре усмерена је нагоре и једнака је $F_1 = I_2 aB(r)$, где је $B(r) = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$ магнетна индукција на растојању r од проводника. На доњу страницу контуре делује сила усмерена надоле $F_2 = I_2 aB(r + a)$. Силе које делују на бочне странице контуре се међусобно поништавају. Да би контура била у равнотежи мора да важи $4\rho_L ga = F_1 - F_2$. Одатле се коначно добија $a = \frac{8\pi\rho_L gr^2}{\mu_0 I_1 I_2 - 8\pi\rho_L gr} = 7.3\,\mathrm{cm}$.

С3-3. Флукс вектора магнетне индукције кроз било коју затворену површ једнак је нули, па је тако и флукс кроз пирамиду једнак нули. Флукс кроз пирамиду је с друге стране једнак $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$, где је Φ_1 флукс кроз основу пирамиде, а Φ_2 флукс кроз бочне стране пирамиде. Одатле следи да је $\Phi_2 = -\Phi_1$. Пошто је $a \ll R$, поље магнетне индукције је у области основе пирамиде приближно хомогено, па је $\Phi_1 = -\frac{\mu_0 I}{2R} a^2$. Одатле је тражени флукс једнак $\Phi_2 = \frac{\mu_0 I}{2R} a^2$.

С3-4. За мало време Δt контура се помери за $\Delta x = v\Delta t$ и флукс се притом промени за $\Delta\Phi = B(x + a)a\Delta x - B(x)a\Delta x$ с обзиром да флукс кроз део контуре који обухвата област растојања од проводника између $x+\Delta x$ и $x+a$ остаје исти. Индукована електромоторна сила је $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, што је даље једнако $\varepsilon = \frac{\mu_0 Iav}{2\pi}\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a}\right)$, тј. $\varepsilon = \frac{\mu_0 Ia^2 v}{2\pi x(x+a)} = 17\,\mu\mathrm{V}$.

С3-5. Временски зависно магнетно поље индукује вртложно електрично поље које је према Фарадејевом закону у прстену дато изразом $E(r)\cdot 2r\pi = -\frac{\Delta B}{\Delta t} r^2\pi$, где је r полупречник прстена. Момент силе који делује на свако наелектрисање Δq у прстену једнак је $\Delta M = \Delta qE(r)r$, па је укупан момент силе који делује на прстен $M = qE(r)r$. Једначина ротације прстена је $I\frac{\Delta\omega}{\Delta t} = M$, где је $I = mr^2$ момент инерције прстена. Уврштавањем добијених израза за $E(r)$ и M у једначину кретања се након сређивања добија $\Delta\omega = -\frac{q}{2m}\Delta B$. Пошто је у почетном тренутку $\omega = 0$ и $B = 0$ следи да је $\omega(t) = -\frac{q}{2m} B(t)$.

Решења задатака за 4. разред

С4-1. Сви делови овог задатка се најлакше раде коришћењем закона одржања енергије у систему центра импулса (систем у коме је укупан импулс свих честица једнак нули).

а) Пре реакције је енергија електрона у систему центра импулса $E_1 = mc^2$, а после реакције $E_2 = mc^2 + T$, где је T кинетичка енергија електрона, а m маса мировања електрона. Из закона одржања енергије је $E_1 = E_2 + h\nu$, где је ν фреквенца фотона у систему центра импулса, одакле је $0 = T + h\nu$. Пошто је T ненегативна величина, а $h\nu$ позитивна, следи да претходна једнакост не може бити задовољена, тј. да дати процес није могућ.

б) Решење задатка је идентично решењу задатка под а), с тим што свуда реч електрон треба заменити речју позитрон.

в) Решење задатка је идентично решењу задатка под а), с тим што свуда речи пре и после треба међусобно заменити.

г) Решење задатка је идентично решењу задатка под б), с тим што свуда речи пре и после треба међусобно заменити.

д) Импулс фотона после реакције је у систему центра импулса једнак нули, па је и његова енергија једнака нули. С друге стране, укупна енергија електрона и позитрона је пре реакције бар $2mc^2$, па опет добијамо да закон одржања енергије није задовољен, тј. да дати процес није могућ.

ђ) Решење задатка је идентично решењу задатка под д), с тим што свуда речи пре и после треба међусобно заменити.

Сви делови задатка могу се урадити и у лабораторијском систему коришћењем закона одржања енергије и импулса, али је тад рачун знатно дужи.

С4-2. Веза између тренутака у којима су се догађаји десили у два референтна система је на основу Лоренцових трансформација $t_1' = \frac{t_1 - \frac{V}{c^2}x_1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$ и $t_2' = \frac{t_2 - \frac{V}{c^2}x_2}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$, одакле је одузимањем ових једначина $-\Delta t' = \frac{\Delta t - \frac{V}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$. Квадрирањем претходне једнакости се добија квадратна једначина по V чија су решења $V = 0$ и $V = \frac{12}{13}c$. Прво решење очигледно нема смисла, па је $V = 2.8 \cdot 10^8 \, \frac{m}{s}$.

С4-3. Уведимо координатни систем чији је координатни почетак у подножју брда, $x-$оса је усмерена вертикално навише, а $y-$оса је хоризонтална. Нека су се у тренутку кад Армстронг полази из подножја ($t = t' = 0$) координатни почеци система везаног за брдо и система везаног за брод поклапали, тј. $x = x' = 0$ и $y = y' = 0$. У систему везаном за брдо, Армстронг стиже на врх у тренутку $t_1 = \frac{L}{v}$ и његове координате су тад $x_1 = L\sin\alpha$ и $y_1 = L\cos\alpha$. У систему везаном за брод он на врх стиже у тренутку $t_1' = \frac{t_1 + \frac{V}{c^2}x_1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$, па је време које му је потребно да се попне на врх брда у систему везаном за брод $t_1' = \frac{\frac{L}{v} + \frac{V}{c^2}L\sin\alpha}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$.

С4-4. Једначине кретања лопте у систему везаном за хоризонталну подлогу су $x(t) = vt\cos\alpha$ и $y(t) = vt\sin\alpha - \frac{1}{2}gt^2$. У систему везаном за брод је $x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}} = \frac{(v\cos\alpha - V)t}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$ и $y' = y = vt\sin\alpha - \frac{1}{2}gt^2$. Елиминацијом променљиве t из претходне две једначине се добија једначина трајекторије лопте

$y' = v\sin\alpha\frac{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}{v\cos\alpha - V}x' - \frac{1}{2}g\frac{1-\frac{V^2}{c^2}}{(v\cos\alpha - V)^2}x'^2$. У систему везаном за подлогу лопта удара у земљу у тренутку $t_1 = \frac{2v\sin\alpha}{g}$ и њене просторне координате су тад $x_1 = \frac{2v^2\sin\alpha\cos\alpha}{g}$ и $y_1 = 0$. У систему везаном за брод њене просторно-временске координате приликом удара су $t_1' = \frac{t_1 - \frac{V}{c^2}x_1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$, $x_1' = \frac{x_1 - Vt_1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$ и $y_1' = 0$. Одатле следи да је средња брзина усмерена дуж $x-$осе и једнака је $v_{SR}' = \frac{x_1'}{t_1'} = \frac{v\cos\alpha - V}{1-\frac{vV\cos\alpha}{c^2}}$.

С4-5. Да фотон емитован са површине Земље не би могао да напусти гравитационо поље Земље, потребно је да његова укупна енергија буде мања од нуле. Одатле је $E = h\nu - \gamma\frac{Mm}{R} < 0$, па с обзиром на $m = \frac{h\nu}{c^2}$, следи $R < \frac{\gamma M}{c^2} = 4.42\,\mathrm{mm}$, што представља полупречник до кога треба сабити Земљу да постане црна рупа. Егзактан рачун опште теорије релативности даје резултат $R < \frac{2\gamma M}{c^2}$.

Топ листа

Наградне задатке из претходног броја Младог физичара је решавало 96 наших читалаца, највише из шестог разреда, вас 70. Прво решење смо добили управо од ученице шестог разреда, Магдалене Тасић из Ниша. Ваше резултате можете наћи на сајту Младог физичара, овде ћемо само споменути најуспешније. Међу ученицима шестог разреда максималан број бодова имају Андрија Продановић из ОШ „Свети Сава" из Краљева и Марко Јовановић, Борислава Иванковић, Александра Грубић и Стеван Гајовић из ОШ „Уједињене нације" Београд. Готово без грешке су урадили Александру Димић и Владимира Плескоњића из Београда. Издваламо још и Барбару Росандић, Марију Хајдер, Веру Мирковић, Милицу Бједор, Стевана Живановића, Бориса Рукавину и Марију Милић.

Задатке за седми разред најуспешније је решио Ђорђе Продановић из ОШ „Свети Сава" из Краљева (браво Продановићи). Одмах за њим су Милош Милошевић (ОШ „Ђура Јакшић" Параћин) и Нада Богдановић (Математичка гимназија, Београд). Изузетно успешни су били Александра Димић, Немања Трифуновић, Богдан Динић, Јелена Веселиновић и Петровић Драгана.

Средношколци су решавали задатке са много мање ентузијазма од ученика основних школа. То мора да буде знатно масовније. Најуспешнији у овом броју су: I разред - Марија Цветковић из Гимназије „Јован Скерлић" (Владичин Хан); II разред - Ђорђе Радичевић, Гимназија „Светозар Марковић" Ниш. Желимо да истакнемо и Уроша Делића, ученика $\mathrm{III_a}$ разреда Математичке гимназије који је успешно решио задатке и за трећи и за четврти разред. Није нам јасно само зашто нам нико из четвртог разреда није послао решења.

Похваљујемо све који су решавали задатке и позивамо их да наставе са решавањем и слањем задатака.

Наградни задаци

Ево и нових задатака. Рок за слање ових задатака је 20. фебруар 2005. године. Срећно.

Задаци за 6. разред

О6-1. Зеба је одлучила да као превозно средство искористи корњачу са Галапагоса која се креће равномерно брзином $6\,\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$. Након 2 min вожње зеби је досадио корњачин спори ход и она је полетела у истом правцу брзином $8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Зеба је 2 min летела непромењеном брзином када је уочила грабљивицу и у том тренутку убрзала брзину свог лета на $15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Зеба је бежећи прелетела 100 m и успела да се сакрије у густу крошњу дрвета. Колика је средња брзина зебе током кретања?

О6-2. Аустријски туристички брод „Штраус" кренуо је из Београда ка Новом Саду у 10 h. Брод је стигао у Нови Сад у 12 h 30 min. Група америчких туриста обишла је Петроварадинску тврђаву и Сремске Карловце и поново се укрцала на брод у 16 h. Пола сата касније брод је испловио из Новог Сада и стигао у Београд у 18 h 30 min. Ако је брзина брода у односу на воду константна и износи $36\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ одредите брзину тока Дунава.

О6-3. Пердита и Понго су извели 101 далматинца у Хајд парк. Пердита се креће ка Понгу брзином $2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, док се Понго креће ка Пердити брзином $3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Лаки који се у почетном тренутку налазило код Понга је потрчао ка Пердити брзином $5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. У тренутку када је стигло до Пердите, штене се брзо окренуло и непромењеном брзином потрчало ка Понгу. Када је поново стигао до Понга Лаки се окрено и потрчао ка Пердити итд. Колики пут ће штене прећи до тренутка сусрета Понга и Пердите? У почетном тренутку растојање између Понга и Пердите је 20 m.

О6-4. Петар и Риста су два немирна ученика који иду у шести разред. На часу физике им је било досадно па су извадили опругу из хемијске оловке своје другарице Цвете која је најбољи ученик. Цвета није могла да хвата белешке (пошто јој је хемијска оловка била онеспособљена) и тужила их је наставници. Наставница се изнервирала, извела Петра и Ристу пред таблу, рекла им да са собом понесу опругу из Цветине оловке и поставила им следећи задатак: Дужина недеформисане опруге је 20 mm. Ако опругу сабијамо силом интензитета 10 N њена дужина је тада 15 mm. Колика ће бити дужина опруге ако је сабијамо силом интензитета 15 N? Помозите Петру и Ристи да реше задатак и да не добију јединицу.

О6-5. Упркос томе што су добили јединицу Петар и Риста се нису смирили. Узели су бочицу Цветиног парфема и просули га по клупи. Наставница чија катедра се налази на растојању 10 m од последње клупе је осетила мирис парфема након 2 min и изненадила се да ученице шестог разреда већ користе парфем. Цвета овог пута није смела да тужи Петра и Ристу али се јавила да реши задатак који је наставница поставила: За колико времена би се мирис парфема просутог у последњој клупи осетио за катедром, ако би се честице парфема кретале праволинијски?

Брзина честица парфема је $100\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Због чега се овај резултат не слаже са чињеницом да се мирис парфема осетио за катедром тек 2 min након просипања? Колики пут пређе честица парфема док стигне од последње клупе до катедре?

Задаци за 7. разред

О7-1. 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. Колика ће бити брзина фотоапарата непосредно пре удара у плочник?

О7-2. Геолог који посматра ерупцију вулкана Етна на Сицилији уочио је да је вулканска бомба (грумен ужарене лаве који је вулкан избацио током ерупције) достигла највишу тачку своје путање 5 s након „испаљивања". Колика је била почетна брзина вулканске бомбе, ако се она кретала вертикално навише? Колика је максимална висина у односу на вулкан коју ће бомба достићи приликом кретања?

О7-3. Девојчица је случајно испустила саксију са крова зграде високе 45 m. Саксија је упала у ђубретарски камион, који је у тренутку пада саксије пролазио поред улаза у зграду. У тренутку када је девојчица испустила саксију камион је био на растојању 12 m од улаза. Колика је брзина ђубретарског камиона, ако се он креће равномерно праволинијски?

О7-4. Падобранац је искочио из хеликоптера и слободно падао током 3 s. У том тренутку отворио се падобран и падобранац је почео да се креће равномерно успорено успорењем $3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Ако је брзина падобранца непосредно пре него што је додирнуо подлогу била $2\,\frac{m}{s}$ одредити укупно време кретања, као и висину са које је падобранац скочио.

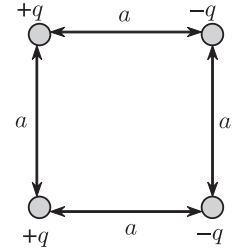
О7-5. Балерина масе 45 kg одлучила је да током вожње лифтом испроба тачку из „Лабудовог језера". Она је пре него што је лифт кренуо стала на врх своје ципелице површине $2\,\mathrm{cm}^2$. Лифт је почео да се креће равномерно убрзано убрзањем $2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ све док није постигао брзину $10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Након 5 s равномерног кретања лифт је почео да упорава. До заустављања лифт се кретао равномерно успорено успорењем $2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Скицирати график зависности притиска који балерина врши на под лифта од времена, ако је она читаво време кретања стајала на врху своје ципелице.

Задаци за 8. разред

О8-1. Археолог је приликом ископавања у Гамзиграду пронашао римски бакарни новчић масе 2 g. Археолог је приметио да је новчић електронеутралан пошто се налазио у земљи и на основу тога закључио да новчић не садржи наелектрисане честице. Да ли је археолог у праву? Колика

је количина позитивног наелектрисања коју новчић садржи? Претпоставимо да је могуће све електроне из новчића „пренети" на неутралну металну куглу и куглу удаљити на на 100 m од новчића. Колики би у том случају био интензитет силе којом кугла привлачи новчић?

О8-2. У теменима квадрата налазе се тачкаста наелектрисана тела као што је приказано на слици. Ако је $q = 1\,\mu\text{C}$ и $a = 5\,\text{cm}$ одредити интензитет електростатичке силе која делује на тело које се налази у горњем левом углу квадрата.



Слика О8-2

О8-3. Растојање између две идентичне фиксиране металне куглице је 45 cm. У почетном тренутку куглице су наелектрисане и између њих делује привлачна електростатичка сила интензитета $0,095\,\text{N}$. Затим се куглице повежу танком бакарном жицом. Након уклањања жице куглице су позитивно наелектрисане и одбијају се силом интензитета $0,032\,\text{N}$. Одредити наелектрисање куглице пре њиховог повезивања бакарном жицом.

О8-4. Девојчица се наљутила на тату који на новогодишњем вашару није хтео да јој купи играчку и испустила балон напуњен хелијумом. Балон се у почетку кретао равномерно убрзано, а затим је ушао у област у којој постоји хомогено електрично поље јачине $150\,\frac{\text{N}}{\text{C}}$ које је усмерено верикално наниже. Маса балона је 5 g, а његова запремина је $4\,\ell$. Одредити количину наелектрисања којом је балон нелектрисан, ако је по уласку у електрично поље балон почео да се креће равномерно. Густина ваздуха је $1,29\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

О8-5. Наелектрисање на плочама кондензатора капацитета $1\,\mu\text{F}$ је $20\,\mu\text{C}$, док напон на кондензатору капацитета $2\,\mu\text{F}$ износи 50 V. Колика ће бити наелектрисања на плочама кондензатора ако се проводним жицама споје плоче истог знака?

Задаци за 1. разред

С1-1. Један од најуспешнијих бацача кладива у САД-у је свакако некадашњи репрезентативац Ленс Дил (Lance Deal). Ленс Дил је рођен 21. 08. 1961. године у Ривертону, држава Вајоминг (Wyoming), САД. Средњу школу је завршио у држави Вајоминг (Natrona High School), а

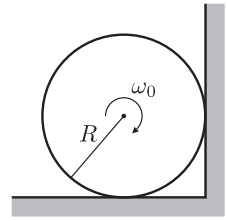
студирао је на државном универзитету у Монтани (Montana State University), где је и дипломирао 1984. године. Ленс је своју спортску каријеру почео у дисциплини бацање диска, али се врло брзо преоријентисао на кладиво. У периоду између 1980. и 2000. године био је четири пута олимпијски шампион, а два пута шампион Панамеричких игара. Пензионисао се 2000. године и сада живи у Еугену (држава Орегон). На Олимпијади у Атланти, 1996. године, освојио је сребрну медаљу. У последњем покушају, у финалу олимпијских игара у Атланти 1996. године, Ленс Дил је бацио кладиво $81,12\,\mathrm{m}$, што је било довољно за сребро. Кладиво се баца тако што се бацач заротира око своје осе, при чему је ротациона брзина кладива у тренутку избачаја његова почетна брзина.

а) Кладиво је прикачено на сајлу дужине $1,21\,\mathrm{m}$, а заједно са рукама налази се на $2\,\mathrm{m}$ од осе ротације Ленса Дила. Колика је била угаона брзина Ленса Дила у тренутку избачаја, ако је он бацио кладиво под углом 30^0 у односу на површину земље, $1\,\mathrm{m}$ изнад земље (отпор ваздуха се занемарује)?

б) Тежина лопте кладива је $7,26\,\mathrm{kg}$. Колика је сила затезања сајле у тренутку избачаја кладива?

в) Конвертовати силу затезања сајле, тј. силу којом Ленс Дил одржава кладиво на кружној путањи, у еквивалентну масу коју држите у руци.

С1-2. Хомогени ваљак полупречника R заротира се око своје осе ротације угаоном брзином ω_0 и постави у угао као на слици. Коефицијент трења између ваљка и зида и подлоге је k. Колико ће обртаја направити ваљак до заустављања?



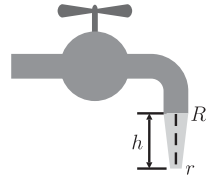
С1-3. Пера Којот Супергеније је дошао на идеју да неухватљиву Птицу Тркачицу ухвати тако што ће полетети авионом и у одговарајућем тренутку искочити и ухватити је (сетио се дана специјалне обуке за генијалце у Форт Брегу). Наравно, као екстра генијалац, Пера Којот је проценио да је минимално убрзање које авион треба да има у тренутку одвајања од тла, а да се план оствари, $18\,\mathrm{m/s^2}$. И то је ОК! Али Пера Генијалчина није сервисирао свој супер-авион (није стигао, јер је стално у борби са Птицом Тркачицом), па је вучна сила мотора ослабила. Да ли је Пера успео да ухвати Птицу Тркачицу, остаје на вама драги читаоци да утврдите. Авион који је користио Пера Којот покреће мотор чија је вучна сила (само) линеарна функција времена $F = ct$ и делује под углом 30^0 у односу на писту. Коефицијент трења између авиона и подлоге је k, а отпор ваздуха се занемарује.

С1-4. Са врха стрме равни нагибног угла 45^0 истовремено из мировања крећу лопта и прстен исте масе и полупречника. Оба тела се котрљају без проклизавања. Нађите однос времена потребних лопти и прстену да стигну у подножје стрме равни. Које тело ће стићи прво?

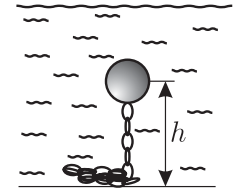
С1-5. Колико је максимално растојање x од глатког зида (нема трења) на које можеш поставити мердевине тежине 100 N и дужине 5 m а да мердевине не склизну? Коефицијент трења између мердевина и подлоге је $k = 0,4$.
Мала помоћ: У правоуглом троуглу катета a и b, хипотенузе c и угла θ (угао између страница b и c), важи: $\sin\theta = \frac{a}{c}$, $\cos\theta = \frac{b}{c}$ и $\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{a}{b}$.

Задаци за 2. разред

С2-1. Једног врелог летњег дана Паја Патак после шетње са Патом страшно је ожеднео. Наишао је на чесму у парку и напио се воде, а онда уморан од шетње сео је на клупу и почео посматрати млаз воде који је текао из чесме. Приметио је да се млаз воде сужава при истицању. Помозите Паји Патку да нађе везу $r = r(h, v_0)$, где је r полупречника млаза воде у чесми, h удаљеност од ивице чесме, а v_0 почетна брзина. Славина је кружног пресека полупречника R, кретање течности је стационарно, а трење између славине и воде и воде и ваздуха је занемарљиво.



Слика уз задатак С2-1.



Слика уз задатак С2-2.

С2-2. Некада давно у некој далекој земљи групу затвореника премештали су из једног затвора у други. Један од затвореника је искористио непажњу чувара и успио да побегне. Заправо он се само сакрио јер да би могао да побегне морао је да се ослободи кугле (масе $M = 10\,\mathrm{kg}$ и полупречника $D = 0.3\,\mathrm{m}$) која му је била причвршћена за ногу жељезним ланцем. На неки начин је успио да скине ланац (чија је дужина била $l = 3\,\mathrm{m}$ а тежина $m = 9\,\mathrm{kg}$), који му је био причвршћен за ногу. Затим је куглу са ланцем бацио у оближњи бунар са водом и отрчао, али на његову жалост право у руке чувара. Одредити дубину h на којој ће лебдети кугла у води, ако се зна да је густина воде $\rho = 1000\,\mathrm{kg/m^3}$ а гвожђа $\rho_g = 7850\,\mathrm{kg/m^3}$. Размислите да ли постоји нека нелогичност у овој причи.

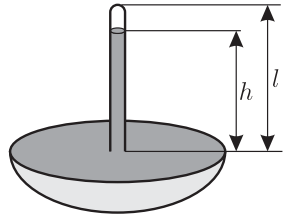
С2-3. За време прављења живиног барометра грешком је остало мало ваздуха који се заглавио у барометарској цеви као на слици. Дужина цеви је $l = 100\,\mathrm{cm}$, а површина попречног пресека $A = 1\,\mathrm{cm}^2$ је занемарљив у односу на основу која је испод цијеви тако да ниво живе у посуди неће варирати ако не постоје варијације нивоа живе у цеви. У равнотежи је ниво у цеви $h = 65\,\mathrm{cm}$, при атмосферском притиску од $p_0 = 101.3\,\mathrm{kPa} = 76\,\mathrm{cmHg}$ и температури $T_0 = 0^0\mathrm{C}$.

а) Запремина ваздуха који је заглављен у цеви је мала. Колика ће бити њена вредност ако је атмосферски притисак p_0 и температура T_0? Након неког времена висина нивоа живе у цеви је $h' = 64\,\mathrm{cm}$ иако се атмосферски притисак није променио што је установљено мерењем неким другим инструментом.

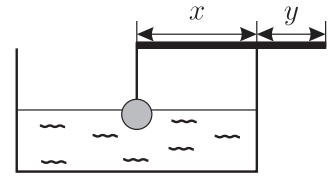
б) Колика је температура система тада?

в) Колики рад је извршио мехур ваздуха затворен у цеви да би се проширио?

г) Колику топлоту је мехур ваздуха апсорбовао (при свом ширењу)? При разматрању овог проблема сматрати да термодинамичко понашање ваздуха одговара оном код идеалног двоатомског гаса. Не узимати у обзир термичку дилатацију живе. Густина живе је $\rho = 13.6 \times 10^3\,\mathrm{kg/m}^3$.



Слика уз задатак С2-3.



Слика уз задатак С2-5.

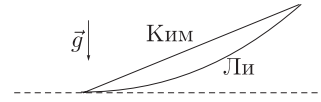
С2-4. Два једнака, топлотно изолована, цилиндрична калориметра висине $h = 75\,\mathrm{cm}$, испуњена су до $h/3$. У првом је лед који замрзава воду која се улије, а у другом вода температуре $T_v = 10^0\mathrm{C}$. Вода се из другог калориметра прелије у први и он се испуни до $2h/3$. Након успостављања топлотне равнотеже ниво се подигне за $\Delta h = 0.5\,\mathrm{cm}$. Густина леда је једнака $\rho_l = 0.9\rho_v$, специфична топлота топљења леда је $\lambda = 340\,\mathrm{kJ/kg}$, а специфични топлотни капацитети леда и воде су $C_l = 2.1\,\mathrm{kJ/kgK}$ и $C_v = 4.2\,\mathrm{kJ/kgK}$, респективно. Одредити почетну температуру леда.

С2-5. На крају хомогеног штапа масе $M = 4.4\,\mathrm{g}$ виси на нити занемарљиве масе алуминијумска куглица полупречника $r = 0.5\,\mathrm{cm}$. Штап поставимо на руб чаше са водом. Равнотежа система се успостави када је куглица урођена једном половином у воду. Густина алуминијума је $\rho_{Al} = 2700\,\mathrm{kg/m}^3$, а воде $\rho_v = 1000\,\mathrm{kg/m}^3$. Одредити однос делова штапа y/x у равнотежном положају. Површински напон на граници куглице и воде занемарити.

Задаци за 3. разред

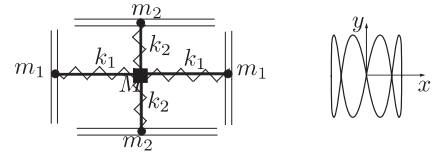
С3-1. Након великог броја узастопних победа на тркама формуле 1, Михаелу Шумахеру (познатијем као Шуми) је досадило да се вози својим црвеним Фераријем и одлучио је да се мало провоза Југом по граду. С обзиром да болиди формуле 1 немају врата, Шуми је након што је ушао у Југо заборавио да затвори врата и почео да вози тако да је Југо ишао константним убрзањем a. Колики ће пут прећи до тренутка кад се затворе врата? Врата апроксимирати хомогеним правоугаоником дужине L и масе m и сматрати да су у тренутку кад је Југо кренуо врата била само благо отворена.

С3-2. Чланови екипе Србије и Црне горе за Олимпијаду из физике 2003. су на путу за Тајван између осталог посетили и водени парк у Сингапуру. У том парку се налазе и два тобогана приказана на слици 1. Тобоган Ким је у облику стрме равни малог нагибног угла, док је тобоган Ли у облику кружног лука при чему је хоризонтала тангента на тај лук у крајњој доњој тачки. Чланови наше екипе су пожелели да се спусте низ тобоган, али су морали да изаберу онај за који је време спуштања мање да не би закаснили на авион. Који су тобоган изабрали? Сматрати да нема трења између чланова наше екипе и тобогана.



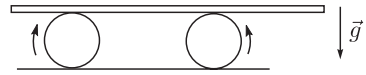
Слика 1: уз задатак С3-2.

С3-3. Систем на слици 2 се састоји од тела масе M кроз које су на различитим местима провучена два лака штапа тако да се међусобно не додирују. На крајевима штапова су причвршћене куглице маса m_1 и m_2 које могу да клизе по унутрашњости фиксираних цеви. Тело је са куглицама повезано опругама коефицијената еластичности k_1 и k_2 као на слици 2. Одредити однос k_1 и k_2 ако је трајекторија тела приказана на десном делу слике 2. Цео систем се налази у хоризонталној равни и у систему нема трења.



Слика 2: уз задатак С3-3.

С3-4. Хомогени штап масе $m = 0.34\,\mathrm{kg}$ постављен је несиметрично на два једнака диска која ротирају великом угаоном брзином ω у смеровима назначеним на слици 3. Коефицијент трења између штапа и диска је $\mu = 0.12$, а растојање између центара дискова је $L = 20\,\mathrm{cm}$. Одредити период осциловања штапа. Описати кретање штапа за случај да дискови имају исти смер ротације.

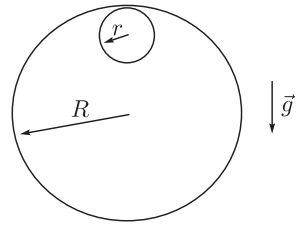


Слика 3: уз задатак С3-4.

С3-5. Олимпијска шампионка у ритмичкој гимнастици Алина Кабајева је провукла руку кроз обруч полупречника R и држи га у положају стабилне равнотеже. Сматрајући да се рука гимнастичарке може апроксимирати непокретним цилиндром полупречника r (слика 4), одредити период малих осцилација обруча у два случаја:

а) кад између обруча и руке нема трења,

б) кад између обруча и руке нема проклизавања.



Слика 4: уз задатак С3-5.

Задаци за 4. разред

С4-1. Доплеров ефекат је омогућио откривање двојних звезда, толико удаљених да их није могуће раздвојити помоћу телескопа. Спектралне линије таквих звезда периодично постају дублети, на основу чега се може закључити да су њихов извор две звезде које ротирају око заједничког центра маса. Сматрајући да су масе обе звезде једнаке, наћи растојање међу њима и њихове

маса ако је максимално цепање спектралне линије $\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)_m = 1.2 \cdot 10^{-4}$, при чему се оно јавља после сваких $\tau = 30$ дана.

С4-2. Према III закону господина Кеплера за кретање планете по кружној орбити око Сунца важи $\frac{R^3}{T^2} = \frac{\gamma M}{4\pi^2}$, где је R полупречник кружне орбите, T период револуције планете, а M маса Сунца. У његовом извођењу је узета у обзир само гравитациона сила којом Сунце делује на планету. Извести модификован III закон господина Кеплера који у обзир урачунава и силу притиска зрачења Сунца на планету. Планету сматрати апсолутно црним телом густине ρ и полупречника r. Снага зрачења Сунца је P.

С4-3. У књигама научне фантастике се предвиђа да ће у будућности свемирско соларно једрење бити један од најпопуларнијих спортова. Ефикасно соларно једро би могла да буде танка плочица направљена од веома лаког идеално рефлектујућег материјала. Нека та плочица мирује у почетном тренутку на растојању од Сунца једнаком полупречнику Земљине орбите око Сунца. Плочица је оријентисана тако да зрачење Сунца пада нормално на њу. Гравитационо поље планета занемарити. Колику ће максималну брзину достићи овакво соларно једро током кретања? Маса по јединици површине плочице је $\rho_S = 3 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{kg\,m^{-2}}$.

С4-4. Војска Србије и Црне горе жели да развије инфрацрвени детектор на бази GaAs квантне јаме за регистровање непријатељских војника у мраку. Детектор треба да апсорбује светлост на фреквенцији која одговара максимуму емисије електромагнетног зрачења непријатељског војника (чија је температура $37\,^0\mathrm{C}$ и који се може сматрати црним телом). Сматрати да квантна јама има бесконачно високе зидове, а да се стање електрона у њој може описати Шредингеровом једначином са једином разликом што масу слободног електрона m_0 треба заменити ефективном масом електрона у GaAs која је једнака $m^* = 0.067\,m_0$. Колика треба да буде ширина квантне јаме да би електрон који се налази у основном стању апсорбовао светлост жељене фреквенције и прешао у прво побуђено стање?

С4-5. У експерименту који су радили чланови киргистанске олимпијске екипе на припремама за Олимпијаду из физике 2004. мерена је зависност напона који је потребан да се зауставе електрони ослобођени фотоефектом са површине метала од таласне дужине светлости којом је обасјан узорак. При таласној дужини од $\lambda_1 = 500\,\mathrm{nm}$ потребан напон је износио $U_1 = 0.25\,\mathrm{V}$, а при таласној дужини од $\lambda_2 = 375\,\mathrm{nm}$ напон је био $U_2 = 1.0\,\mathrm{V}$. На основу добијених мерења Киргистанци могу да одреде однос константе господина Планка и елементарног наелектрисања h/e. Колику ће вредност добити? Упоредити добијену вредност са тачном вредношћу односа h/e.

Имена свих ученика који су нам послали решења задатака можете наћи на веб сајту „Младог физичара” http://mf.dfs.org.yu

Светска година физике 2005.

Откривамо таленте за физику

Откривамо таленте за физику (Physics Talent Search) је међународни пројекат чији је циљ да се међу ученицима узраста од 10 до 19 година развије интерес за физику. Следеће године 2005 најбољих ученика из земаља учесница биће проглашени "Младим амбасадорима физике", а међу њима и 16 ученика из наше земље.

Ученици који се пријаве за учешће ће добијати поене за реализацију предложених активности. Систем бодовања је осмишљен тако да охрабри учеснике да им помогне да нешто науче и да заволе физику. Сви ученици који остваре више од 10 поена добиће национално признање, док ће сви они који освоје број бодова који је већи или једнак од њиховог узраста добити међународно признање.

Друштво физичара Србије је оформило одбор који ће бити надлежан за спровођење активности "Откривамо таленте за физику" у нашој земљи укључујући и избор талентованих ученика.

Пријављивање за учешће у активности "Откривамо таленте за физику"

Право учешћа имају сви ученици од 4. разреда основне до 4. разреда средње школе. Одбор ДФС је у складу са препоруком међународног комитета одлучио да се избор талентованих ученика изврши у четири категорије:

1. категорија – IV, V и VI разред основне школе (ученици узраста од 10 до 13 година)
2. категорија – VII и VIII разред основне школе (ученици узраста 13 до 15 година)
3. категорија – I и II разред средње школе (ученици узраста 15 до 17 година)
4. категорија – III и IV разред средње школе (ученици узраста 17 до 19 година)

За учешће се можете пријавити поштом или преко интернета. Ученици који се пријављују преко интернета би требало да попуне формулар на интернет страници "Младог физичара" (http://mf.dfs.org.yu). Ученици који се пријављују поштом би требало да попуне следећи формулар:

Име и презиме: _____

Датум рођења: _____ Разред: _____

Школа: _____

Адреса школе: _____

Име наставника: _____

Адреса становања: _____

e-mail: _____

Попуњени формулар пошаљите на следећу адресу:
Друштво физичара Србије, Прегревица 118, 11000 Београд, са назнаком ,,Откривамо таленте".
Уколико имате питања можете их послати поштом на исту адресу или на email: talenti@dfs.org.yu
Рок за пријављивање је од 1. јануара до 1. априла 2005.
Рок за слање радова је 30. јун 2005.

Категорије, критеријуми и поени

1. Писање о физици (највише 3 поена за међународно признање)

До 1 поен за сваки есеј на једну од предложених тема: "Због чега ме интересује физика", "Област физике која ме највише интересује", "Значај физике у моме окружењу", "Најинтересантније откриће у физици 20. века", "Велики тренутак у историји физике", "Детињство Николе Тесле", "Изуми Михајла Пупина", "Живот и дело Милутина Миланковића", "Новосадски дани Милеве Марић и Алберта Ајнштајна", "Милева Марић и Алберт Ајнштајн у простор-времену", "Значајни тренуци и личности у развоју физике у нашој земљи", "Знање које сам стекао учећи физику помогло ми је да савладам градиво X из предмета Y", "Читајући новине и гледајући телевизију знање из физике помогло ми је да разумем чланак X односно вест Y"

До 1 поен за сценарио за стрип или скеч о неком великом открићу у физици или анегдоти из живота познатих физичара.

До 2 поена позоришну представу о физици и физичарима.

До 1 поен стварни или измишљени интервју са физичарем (професорором, научником, физичарем који ради у индустрији...) који се може остварити лично, телефоном или електронском поштом (1 додатни поен се добија ако се интервју објави у новинама или часопису).

2. Физички експерименти (најмање 2 поена , највише 7 поена за међународно признање ; највише два различита експеримента се могу бодовати у оквиру првих 15 поена)

До 3 поена за извођење експеримената (и обраду експерименталних података) са листе коју предложи одбор. У листу ће бити укључени експериментни који се могу извести у школским лабораторијама и истраживачким центрима. Одбор ће доставити експерименталне задатке свим ученицима који се пријаве за учешће у активности "Откривамо таленте".

До 3 поена за извођење експеримента на Савезном такмичењу.

До 4 поена за детаљан опис извођења , обраду података и хипотезу за експеримент који осмисле сами ученици (то не сме бити неки од експеримената који се налазе у уџбенику или практикуму за лабораторијске вежбе).

3. Физика и уметност (највише 3 поена за међународно признање)

До 1 поен за постер који ће садржати информације о важном физичком закону, принципу или открићу. Једна од активности светске године физике је и Међународно постер такмичење . Уколико мислите да је ваш постер добар можете учествовати и на овом такмичењу.

До 1 поен за скулптуру, цртеж или слику која илуструје физичку појаву или принцип.

До 1 поен за музички опис неког физичког појма.

4. Физика и фотографија (највише 4 поена за међународно признање)

До 2 поена за фотографију која илуструје занимљиву физичку појаву и кратко објашњење шта се види на слици.

До 2 поена за кратак видео снимак који илуструје занимљиву физичку појаву и кратко објашњење.

5. Активности светке године физике (највише 3 поена за међународно признање)

1 поен за активно учешће у националним и међународним догађајима светске године физике.

1 поен за учешће на јавним предавањима.

6. Предавања из физике (највише 4 поена за међународно признање)

До 2 поена за осмишљавање и опис предавање на тему из физике које је намењено деци млађег узраста. Предавање би требало и да садржи упутство за предаваче. Додатна 2 поена се добијају за реализацију предавања.

До 1 поен за текст који би требало да деци млађег узраста приближи или објасни неки физички закон или појаву. Обавезно назначити узраст коме је чланак намењен.

До 2 поена за осмишљавање и реализацију сајта везаног за популаризацију теме из физике.

7. Такмичења из физике (највише 2 поена међународно признање)

1 поен за учешће на регионалном такмичењу.

1 поен за учешће на републичком такмичењу.

8. Коришћење литературе из физике и истраживачки чланак (највише 2 поена за међународно признање)

До 2 поена за обраду теме из физике при чему се користе оригинални истраживачки радови на основу којих би требало написати чланак који представља њихову синтезу. Чланак би требало да садржи и објашњење због чега је та област физике интересантна, као и идентификацију бар два питања из те области истраживања која су још увек неодговорена. Област истраживања може бити теоријска, екпериментална или феноменолошка. Чланак обавезно мора да садржи библиографију оригиналних радова

9. Остале активности (до 2 поена за међународно признање)

До 1 поен за успешно решавање наградних задатака из сваког броја Младог физичара почев од броја 96.

1 поен за учешће на семинарима у Петници и другим истраживачким центрима.

Сваки ученик који сакупи довољан број поена за домаће и међународно признање добиће сертификат. Домаће признање биће додељено сваком ученику који оствари бар 10 поена под условом да их је прикупиио из најмање три категорије. Међународно признање ће бити додељена сваком ученику који оствари број поена који је већи или једнак од његовог узраста, под условом да их је прикупио из најмање четири категорије. Наша земља има право да одабере по два пара дечака и девојчица у оквиру сваке категорије који ће постати ,,Млади амбасадори светске године физике". Они ће добити посебно признање од међународног комитета, писмо од неког значајног физичара, а траже се средства и за организацију церемоније доделе награда и посете светским истраживачким центрима. Одбор ће свакако организовати доделу признања у нашој земљи. Предлог Међународног комитета је да признања на домаћем нивоу укључе менторство од стране познатих физичара, писмо подршке, учешће у летњим школама и камповима, али ће се одбор потрудити да обезбеди и вредне награде за ученике који постигну најбоље резултате.

Астрономски магазин

Пише: *Никола Божић,*
члан Редакције Астрономије

Пошто сте Ви генерација која прве сусрете са спољним светом има путем глобалне мреже Интернета, са нама сте се вероватно сусретали до сада баш на тај начин. Од 1997. године на адреси www.astronomija.co.yu налази се "Астрономски магазин", часопис који је покренула група астронома и заљубљеника у астрономију, предвођена Александром Зоркићем. Они су тада одлучили да своја знања, идеје, посматрачке резултате представљају у почетку једном месечно, а како се број посетилаца повећавао, онда и једном недељно, баш на Интернету, који је у то доба још увек био потпуно нова ствар не само код нас већ и у целом свету. Број посетилаца, али и сарадника се развојем Интернета код нас увећавао, тако да се и број рубрика, текстова, прилога, фотографија увећавао. Сво то време је наравно постојао проблем недостатка једног штампаног месечника који би на српском језику доносио најновије вести, популарне члнаке, интересанте фотографије из астрономије и на тај начин задовољио интересовања шире популације.

Уређивачка екипа "Астрономског магазина" је још од 2000. године имала идеју о штампању једног таквог месечника, али је наравно постојао проблем финасија. Међутим, средином 2003. године успели смо да се повежемо са још једним заљубљеником у астрономију, који је уједно и власник издавачког студија "Спремо" и тако је све заживело. Почео је да излази часопис "АСТРОНОМИЈА".

Прелиставањем часописа може се закључити да су му узор познати светски часописи са овом тематиком. Међутим, није у питању локализовано издање, већ су сви текстови оригинални и сачињени од стране сарадничког тима "Астрономије". Сви текстови поред тога што су написани од стране угледних астронома и астронома аматера, свој квалитет потврђују и претходном рецензијом од стране уређивачког одобора који чине наши еминентни стручњаци.

Редакција се труди да текстови одсликавају интересовања и потребе читалаца, да прате најновија збивања у астрономији на свим светским меридијанима. У њему се могу пронаћи најатрактивније фотографије са Хабла, али и оне настале напорима наших астронома. Објављујемо посматрачке прилоге, тексове за почетнике, расправе на занимљиве теме, интервјуе, као и упутства како сами да направите телескоп, или како да започнете сопствена посматрања.

Пошто нам је веома важна сарадња са читаоцима, у сваком броју организујемо наградне игре са занимљивим питањима и проблемима, и у којима вредно награђујемо читаоце.

Читаоци су такође активни учесници у креирању уређивачке политике, јер се њихови коментари и сугестије стално узимају у обзир, тако да свако може наћи теме и проблеме који га интересују.

Неке одабране тексове из "Астрономије" такође можете прочитати и на сајту "Астрономског магазина".

Започните своје путовање међу звездама. Читамо се!

Рерна шпорета нормално ради и после 7 година дешава се нешто чудно: током ноћи експлодира! Иако сам кувала за пријатеље током дана, рерна се потпуно охладила до увече, али је ипак нагло експлодирала, при чему се стакло са њених врата разлетело свуда около. Помозите, ово је већ трећи пут са истом рерном!

Марина Атанасковић,
Виша пословна школа, Београд

За овакво понашање несташне рерне одговорна је - електролиза воде! Рерна је вероватно мало бушна (стара је 7 година!), а приликом припреме јела се ослобађа прилична количина паре, која продире кроз пукотине у рерни и кондензује се по унутрашњости шпорета. На једном месту електрична инсталација је оштећена (претпоставили смо да је у питању електрични шпорет, пошто је у супротном решење тривијално). Водени кондензат долази у додир са инсталацијом. У питању је танак водени филм, тако да није довољан да изазове кратак спој, али је довољан да изазове електролизу, те се ослобађју водоник и кисеоник који се акумулирају у шпорету и рерни. Један кубни центиметар воде даје 1.24 литре водоника, а пошто је граница експлозивности за водоник ниска, довољно је само пар кубних центиметара воде да се разложи па да се добије експлозивна смеша. Пошто је за водоник и енергија за иницијализацију врло ниска, а имамо неисправну инсталацију, у једном тренутку долази до експлозије, те ваздушни удар делује на велику површину стакла рерне и разбија га.

Остају још два важна питања. Прво, зашто се водоник нагомилава, а не експлодира одмах, док га има мало (тада се ништа не би ни приметило), иако је познат као врло реактиван гас? И бензин и бутан и нитроглицерин и TNT су врло реактивни, али и те како могу да стоје на ваздуху дуго времена. Неопходна је шибица или варница да их активирају (питајте Перу Којота за ово, он је експерт за већину поменутих супстаници). Да би водоник (или било која друга гасна смеша), могла да експлодира, његова концентрација мора да буде у одређеним границама. Ако је концентрација мања од минимума, неће доћи до експлозије. Међутим постоји и горња граница концентрације, изнад које такође не долази до експлозије! (овде треба посматрати ситуацију са друге стране: ако је концентрација водоника превисока, концентрација кисеоника је прениска, па због тога нема експлозије). Значи, мора да протекне неко време док се не нагомила довољно гаса тако да је концентрација изнад критичне вредности. Тек када имамо критичну концентрацију, може се иницирати експлозија. А инициране не би требало да буде проблем, јер имамо лошу изолацију, па је довољна и спорадична микро варница (увек има и статичког електрицитета). Ово уједно објашњава зашто је рерна експлодирала касно ноћу.

Друго питање је зашто се стакло на рерни разбије при експлозији? Да ли је експлозија довољно јака да разбије стакло, а не да, рецимо, само отвори врата рерне? Покушајмо да до на ред величине проценимо колика сила делује на врата рерне. Претпоставимо да се све догоди за време од 0.1 секунде. При експлозији долази до наглог повећања притиска, при чему се све догађа у затвореном простору шпорета/рерне, у коме се сваки натпритисак врло ефикасно преноси. Претпоставимо да је остварен натпритисак од 0.1 атмосфере и да су врата рерне величине 0.2 m^2. Ако површину врата рерне помножимо са натпритиском, добићемо интензитет тражене силе од 2000 N! Ова сила делује у врло кратком времену, те због инерције масивних врата (металног оквира) рерне она немају времена да се помере. Међутим, стакло је врло осетљиво на оваква напрезања, и довољно га је савити за делић милиметра па да прсне.

Питања постављајте на odgovaranje@dfs.org.yu

Рубрику уређује: *Антун Балаж*

Ова рубрика посвећена је свима вама који имате приступ Интернету, а одлучили сте да на њему потражите и интересантније ствари од игрица, вашег омиљеног фудбалског клуба или глумца/глумице. Представићемо вам web страница на којима можете наћи нове и интересантне ствари везане за физику и блиске науке.

Уређује: *Антун Балаж*

http://mf.dfs.org.yu/

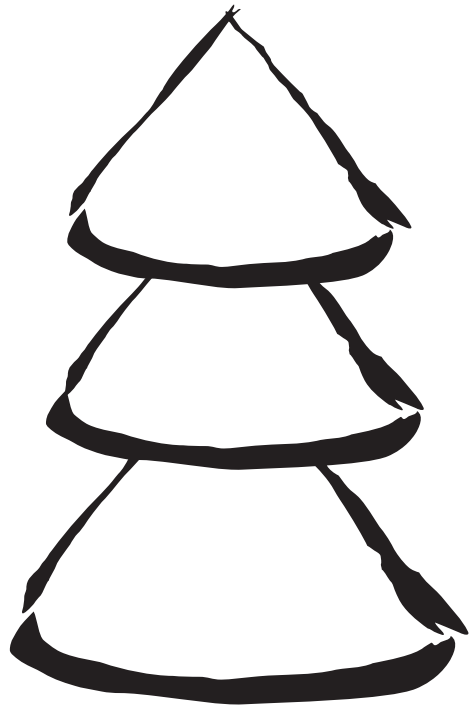
О овом сајту нећемо пуно причати - то је наш сајт. Посећујте га редовно и сазнаћете шта вас очекује у наредним бројевима Младог физичара.

http://www.nobelprize.org/

Ово је званична страница Нобеловог комитета на којој, поред свих детаља око доделе награде, начина избора кандидата, биографије Алфреда Нобела, можете наћи и списак свих нобеловаца из физике, хемије, медицине, књижевности, мира и економије. Поред биографских детаља о сваком нобеловцу, на сајту можете наћи и предавање које приликом примања награде сваки нобеловац одржи, а на страници постоји и едукативни део на коме можете научити више о фазном контрастном микроскопу, структури материје, играти игре са течним кристалима и ласерима и још много тога...

http://www.physics.org/

Ово је страница намењена јавности и физичарима, а њен аутор је чувени светски издавач стручне литературе из физике IoP (Institute of Physics). На овом сајту можете пронаћи веома занимљиве линкове са корисним садржајима из физике, линкове на значајне физичарске институције у свету, а можете и истраживати физику у свету око нас помоћу веома згодне анимације Physics Life.



младифизичар

вам жели срећну и успешну нову, физичарску, 2005. годину. Позивамо вас на дружење и у новој години.

Подсећамо да је претплата најсигурнији и најјефтинији начин да дођете до свог примерка.

Специјална новогодишња понуда (важи до увођења ПДВ-а):

4 броја (годишња) - 440 дин
2 броја (полугодишња) - 220 дин

ПОПУСТ на групне претплате

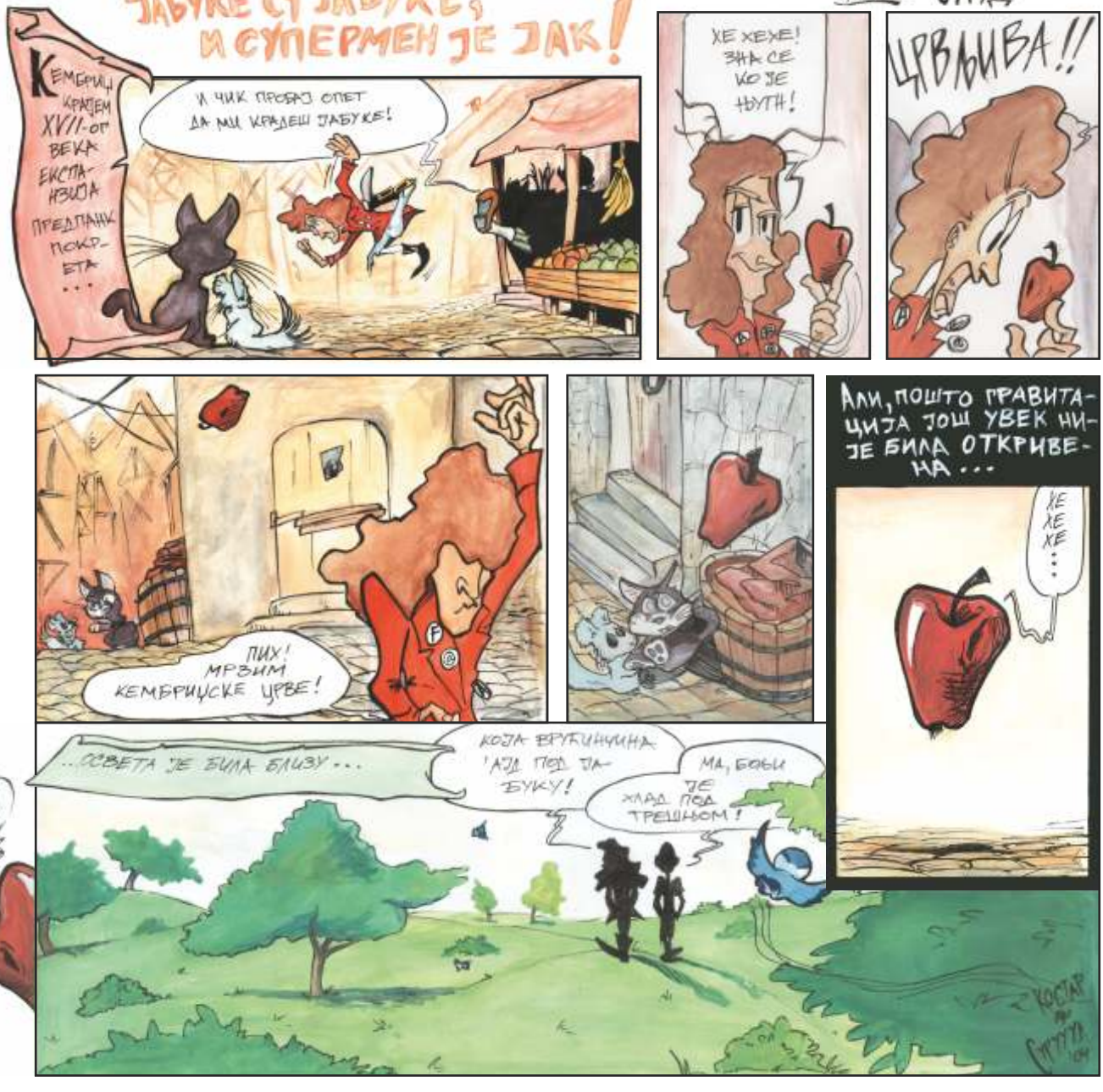
Новац се уплаћује на жиро рачун Друштва физичара Србије број 205-25694-24, са назначеном сврхом уплате (Млади физичар 2004/2005; посебна свеска или неко од претходних издања из архиве). Копију уплатнице нам пошаљите поштом, факсом или e-mailom:

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

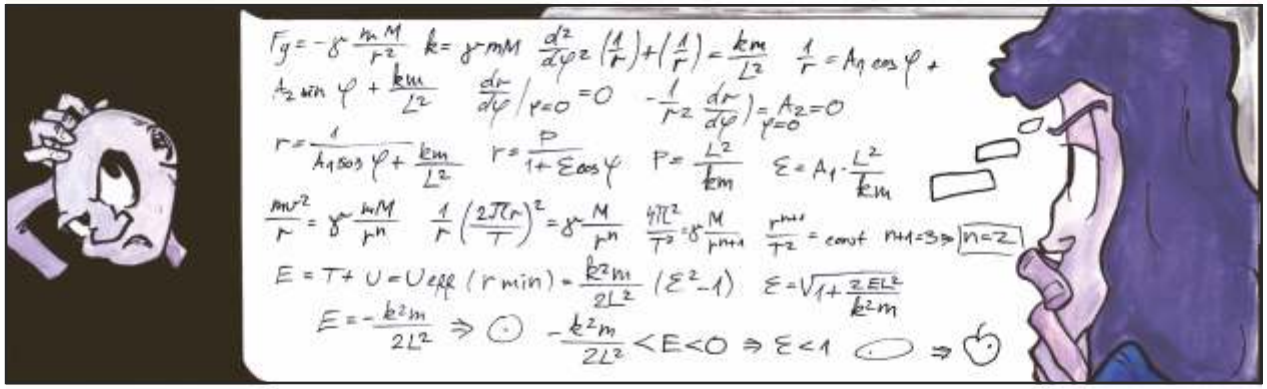
За сва питања се можете обратити редакцији на тел. број, 011/3160-260, локал 143. Млади физичар можете набавити и у књижари "Студентски трг" у Београду, телефон 011/185-295.

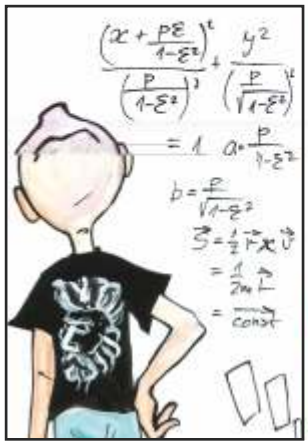
ЈАБУКЕ СУ ЈАБУКЕ, И СУПЕРМЕН ЈЕ ЈАК!

СЦЕНАРИО КОСТАДАР
ЦРТЕЖ СУГУД



ГРРРРРРР
ПРОМАШАЛ
\!/


$F_g = -\gamma \frac{mM}{r^2}$ $k = \gamma mM$ $\frac{d^2}{d\varphi^2}\left(\frac{1}{r}\right)+\left(\frac{1}{r}\right) = \frac{km}{L^2}$ $\frac{1}{r} = A_1 \cos\varphi +$
$A_2 \sin\varphi + \frac{km}{L^2}$ $\frac{dr}{d\varphi}\Big|_{\varphi=0} = 0$ $-\frac{1}{r^2}\frac{dr}{d\varphi}\Big|_{\varphi=0} = A_2 = 0$
$r = \frac{1}{A_1 \cos\varphi + \frac{km}{L^2}}$ $r = \frac{p}{1+\varepsilon\cos\varphi}$ $p = \frac{L^2}{km}$ $\varepsilon = A_1 \cdot \frac{L^2}{km}$
$\frac{mv^2}{r} = \gamma \frac{mM}{r^n}$ $\frac{1}{r}\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = \gamma \frac{M}{r^n}$ $\frac{4\pi^2}{T^2} = \gamma \frac{M}{r^{n+1}}$ $\frac{r^{n+1}}{T^2} = const$ $n+1=3 \Rightarrow \boxed{n=2}$
$E = T + U = U_{eff}(r_{min}) = \frac{k^2 m}{2L^2}(\varepsilon^2 - 1)$ $\varepsilon = \sqrt{1 + \frac{2EL^2}{k^2 m}}$
$E = -\frac{k^2 m}{2L^2} \Rightarrow$ ⊙ $-\frac{k^2 m}{2L^2} < E < 0 \Rightarrow \varepsilon < 1$ ⬭ $\Rightarrow$


$\frac{\left(x + \frac{p\varepsilon}{1-\varepsilon^2}\right)^2}{\left(\frac{p}{1-\varepsilon^2}\right)^2} + \frac{y^2}{\left(\frac{p}{\sqrt{1-\varepsilon^2}}\right)^2} = 1$ $a = \frac{p}{1-\varepsilon^2}$
$b = \frac{p}{\sqrt{1-\varepsilon^2}}$
$\vec{S} = \frac{1}{2}\vec{r} \times \vec{v}$
$= \frac{1}{2m}\vec{L}$
$= \overrightarrow{const}$

АХА-ХА-ХА-ХА-ХА
КАКАВ ЈЕ ТО
БИТИ ФАЗОН!