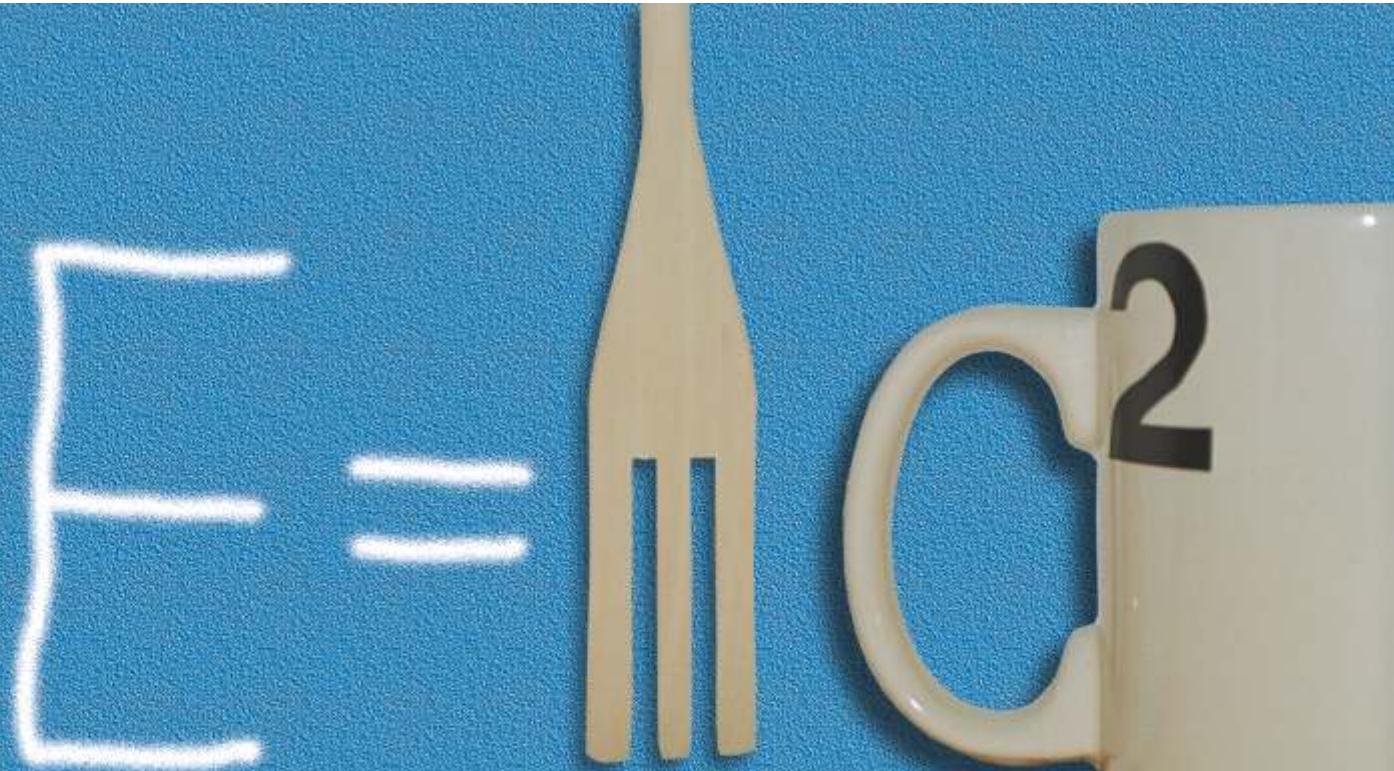


# младифизичар

Часопис за ученике основних и средњих школа  
Издавач Друштво физичара Србије  
Школска година 2004/05

96



Тема броја **ФИЗИКА У КУХИЊИ**

# млади~~физичар~~

доноси у броју

96

## тема броја

5

### Физика у кухињи

Шпорет на дрва	6
Микроталасна пећница	7
Аспиратор	10
Фрижидер	11
Експрес лонац	13
Џем у тегли	15
Прегрејана вода	18

## млади~~велики~~физичар

20

Тачно 150 година након рођења,  
присећамо се младости *Михајла Пупина*

## велика~~физика~~

24

Мали је свет, али...  
*Физика и наука о мрежама*

## додатни~~час~~

29

Квадратна брзина  
за ученике 7. разреда

29

к-рачун  
за ученике 4. разреда

30

## филмске~~приче~~

Суперхероји

## репортажа

34

Јужна Кореја  
земља јутарње тишине  
Олимпијска прича



## тестови~~задаци~~

Олимпијада	42
Писмени	46
Општинско такмичење	58
Тестови	72
Наградни задаци	75



Стрип црта: Михаило Симовић

## младифизичар Часопис за ученике основних и средњих школа

Издавач  
ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ  
Пргревица 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

### УРЕДНИШТВО

#### Редакција

Антон БАЛАЖ, Слободан БУБЊЕВИЋ, Марко ВОЛИНОВИЋ, Ненад ВУКМИРОВИЋ, Владимира ЈОВАНОВИЋ, Катарина МАТИЋ, Предраг МИЛЕНОВИЋ, Марија МИТРОВИЋ, Бојан НИКОЛИЋ, Новица ПАУНОВИЋ, Зоран РИСТИВОЈЕВИЋ, Славица СПАСОВИЋ, Владимир ШАМАРА, Милован ШУВАКОВ

Спомени сарадници

проф. др Дарко КАПОР, проф. др Милан ДИМИТРИЈЕВИЋ, проф. др Вукота БАБОВИЋ, др Александар БОГОЛЕВИЋ, др Борко ВУЛИЧИЋ, др Горан ЂОРЂЕВИЋ, др Љубиша НЕШИЋ, Наташа КАДЕЛБУРГ, Наташа ЧАЛУКOVИЋ, Славиша СТАНКОВИЋ, Дејан КРУНИЋ, Данило БЕОДРАНСКИ, Милан ЖЕЖЕЉ, Огњен ИЛИЋ

Претплата  
Весна ВУЧИЋ (011)3160-260/166

Дизајн и насловна страна  
Душко ЛАТАС

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 ГРУЛИЋ; 1978/79-1981/82 Јубо РИСТОВСКИ и Душан КОЛЕДИН, Драгана ПОПОВИЋ и Јаблан ДОЈЧИЛОВИЋ; 1983/84-1986/87 Драшко ГРУЛИЋ; 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.

Обрни, окрени, број 96 увек изгледа исто. Пред вами је 96. број Младог физичара, а он ето изгледа сасвим другачије. Разлог томе је што га уређује нова редакција. Ако је судити по члановима редакције, Млади физичар никад није био млађи. Зато смо се потрудили да изгледамо модерно и лепршаво. Надам се да ће вам се свидети наш концепт и да ће свако од вас наћи своју омиљену рубрику. Доносимо вам мноштво информација и заједничких познатија, али и већину стручних података у новом паковању. Одлучили смо се да поново излазимо у једном издању. Ако могу да се направе новине које читају људи од 7 до 107 година, можемо и ми да урадимо лист за све ученике који уче физику и њихове професоре.

Тема овог броја је Физика у кухињи. Млади физичар је боравио у кухињи и посматрао шта у њој има интересантно. Ту се задржао мало дуже и... постао је дебео, сад има скоро 90 страница. Надамо се да ћете их пажљиво прочитати. Све ваше сугестије радо ћемо прихватити. Зато, пишите.

До нове године остало је мање од 100 дана. Ми имамо посебан разлог да јој се радујемо. У 2005. ће изаћи 100. број Младог физичара, а навршава се и 100 година од чудесних Ајнштајнових открића, тако да је 2005. проглашена светском годином физике. У њој нас очекује много активности чији је циљ популаризација физике. Најбоље место да се информишете о свим акцијама је да редовно читате Млади физичар.

## Атомски часовник величине зрна пиринча

Вести уређује: Зоран Ристивојевић

У Националном институту за стандарде и технологију (NIST) је представљен атомски часовник веома малих димензија - његов унутрашњи механизам је величине зрна пиринча и има димензије 1.5 x 1.5 x 4 милиметара, снаге 75 миливата, са грешком рада од једне секунде сваких 300 година. Нови часовник "ради" на цезијуму 133 као и један од најпрецизнијих модела направљених до данас NIST-F1 (величине фрижиdera) који прави грешку од секунда на више од 30 милиона година. Очекује се да ће нови мали модел атомског часовника имати доста примена. У бежичним комуникационим уређајима ће побољшати синхронизацију, а тиме сигурност комуникације и смањити ометање. У пријемницима Глобалног система позиционирања (GPS) мали часовник ће поправити прецизност сателитске навигације система. Такође се очекује да ће ускоро, када његова производња постане јефтинија, заменити кварцне кристалне осцилаторе у рачунарима и на другим апаратима и тиме повећати прецизност мерења времена. Имајући у виду да се овај часовник може напајати обичном батеријом можемо очекивати да кроз коју годину носимо атомске часовнике на својим рукама и тако више никада не каснимо. Више информација о овом часовнику потражите на:  
<http://www.boulder.nist.gov/timefreq/ofm/small-clock/>

## Изведена квантна телепортација са атомима

Истраживачи са Универзитета из Инсбрука (Аустрија) објавили су да су постигли телепортацију квантног стања са једног трапованог атoma на други који је удаљен 8 микрона. То је прва квантна телепортација постигнута са реалним честицама која је изведена на потпуно контролисан и прорачунат начин. У експерименту су коришћени једноструко јонизовани атоми калцијума који су били конфинирани и хлађени до ултра ниских температуре (око 15 милионитих делова степена изнад апсолутне нуле). Користећи ласере унутрашња конфигурација атoma је контролисана врло прецизно, тако да је створен корелисани пар атома. Један од корелисаних атома је даље корелисан са трећим атром - улазом за телепорттер. Изводећи једноставна мерења на последњем пару и низ интеракција које су зависиле од резултата мерења, преостали атом је преведен у оригинално улазно стање. Према речима истраживача са овог пројекта важност ових резултата је да они представљају битан корак ка претварању у реалност процеса преношења квантних информација. Оваква технологија ће искористити фундаменталне особине квантномеханичких система, тј. оне особине које их чине различитим од класичних физичких феномена, присутних у свакодневном животу. Надајмо се да је ово заиста један велики корак напред и да ћемо једног дана на свом столу имати квантни компјутер.

## Да ли ће спанаћ ускоро напајати покретне електронске уређаје?

Истраживачи са Масачусетског института за технологију су по први пут искористили могућност биљака да претварају сунчеву светлост у енергију у чврстом електронском уређају који ће, можда, једног дана напајати лаптоп-рачунаре, мобилне телефоне и сличне уређаје. Језгро уређаја сачињава протеински комплекс, ширине 20 нанометара, који се добија из спанаћа! Спанаћ је изабрана биљка због велике ефикасности конверзије енергије (није Морнар Попај луд). Комбиновање биолошких и небиолошких материјала је у прошлости било напуштено због тога што биолошки материјали, да би преживели, захтевају со и воду, супстанце које је немогуће уградити у електронику. Преокрет је дошао са коришћењем пептидних мембрана уз помоћ којих протеини из спанаћа преживљавају бар три недеље. Претпоставља се да пептиди имају у себи извесну количину воде која је неопходна спанаћу.

## Период ротације Сатурна је загонетка

Подаци који су добијени од свемирског брода Касини који се приближавао Сатурну су збунили научнике и поставили им питање колико траје дан на Сатурну. Казини је на основу ритма природних радио сигнала са планете, који се сматрају најпоузданјим, измерио да је период ротације Сатурна 10 сати, 45 минута и 45 секунди (са грешком од

36 секунди). Загонетка је у томе што је то око 6 минута више него што су измерили свемирски бродови Војаџер 1 и Војаџер 2 који су били у близини Сатурна 1980. и 1981. године такође мерећи радио сигнале. Научници не сумњају у резултате Војаџерових мерења, а сигурни су и да Сатурн сада не ротира толико. Објашњење се тражи у про-менљивости радио сигнала услед дејства Сатурновог магнетног поља које је порасло током последње две деценије. Најновије информације о мисији Казинија могу се пронаћи на интернет страни:  
<http://www.nasa.gov/cassini>.

## Направљено силиконско интегрисано коло са транзисторима од нанотуба

Откриће карбонских нанотуба је отворило нову еру научног истраживања која укључује врло осетљиве детекторе и супербрзе меморијске чипове за рачунаре. Проблем је био да се сједине наноматеријали у нано-електронски систем који функционише. Научници са Универзитета Беркли и Стенфорд су направили прво интегрисано коло које садржи карбонске нанотубе. Они кажу да је ово значајан корак ка коришћењу карбонских нанотуба за меморијске чипове који ће бити за редове величина већег капацитета од данашњих силиконских (око 10000 пута). То ће нам омогућити да ускоро имамо рачунаре са терабајтима рам меморије које нећемо знати како да попунимо а претраживање података ће постати готово тренутно.

## ■■■ рекорди

**Највиша температура** коју је човек остварио износи 520 милиона Келвина. Остварена је помоћу JT 60 (JAERI Tokamak-60) реактора у Naka Fusion Research Establishment, у Накамаки (Јапан), 19 јула 1996.

**Највишу температуру топљења** од свих супстанци има хафнијум карбид (HfC), око 3890°C. Волфрам је рекордер међу металима, са "само" 3442°C. С друге стране, најнижу температуру топљења има хелијум 0.95 K при притиску од преко 26 бара. Без примене притиска хелијум не би прешао у чврсто стање ни на апсолутној нули.

**Највећи научни инструмент** је Велики електрон-позитрон акцелератор (Large Electron Positron Collider-LEP). То је кружна цев пречника 3.8 m која се простире у обиму од 27 km. Налази се у великом тунелу 100 m испод површине земље, у близини Швајцарско-Француске границе код Женеве. Уређај је почeo да ради 1989. године а затворен је 2. новембра 2000. Коришћен је за испитивања у физици елементарних честица, и имао је снагу од преко 100 GeV.

**Најјача магнетна поља** се јављају на неутронским звездама, преко 100 милиона тесли. Најјача магнетна поља која је човек остварио помоћу суперпроводних магнета износе око 40 T. Најјаче магнетно поље остварено у пулсном режиму је 72 T, а најјаче поље остварено помоћу саморазарајућих магнета износи 850 T. Најјачи перманентни магнети остварују магнетно поље до око 2 T (убичајени магнети остварују 0.05-0.3 T).

**Најтачнија вага** је Sartorius Microbalance Model 4108, израђена у Гетингену у Немачкој, која може да мери предмете масе до 0.5 g са тачношћу од 0.01 микрограма.

**Најдужи дан на Земљи** је данашњи! Плиме и осеке у океанима и морима, изазване гравитационим ефектима Месеца, доводе до преноса угаоног момента ротације Земље на угаони момент ротације Месеца око Земље. Због тога се Месец удаљава од Земље стопом од 3.8 cm годишње а Земљина ротација се лагано успорава стопом од око 0.02 секунде по веку, и сваки нови дан је малчице дужи од претходног. Овај рекорд се непрекидно и незадржivo обара, и сваки нови дан је рекордер.

**Највећа висина бацања јаја** са које је свеже јаје било бачено на земљу и остало читаво је 213 m. Ово је остварио Дејвид Донахуј (David Donoghue) 22. августа 1994. бацивши јаје из хеликоптера на голф терен. За остварење овог револуционарног успеха познавање физике је било од крајевитог значаја: било је потребно јајету дати такву хоризонталну брзину која ће у комбинацији са вертикалном брзином падања и отпором ваздуха, у тренутку додира површине земље остварити укупни вектор брзине паралелан површини земље. Да бисте стекли утисак висине са које је ово јаје бачено, подсетићемо вас да је "Београђанка" висока "само" 101 m.

Рекорде припремио: *Новица Пауновић*

# темаброја ■■■

Знате ли колико физике има у кухињи?

## Физика у кухињи

$$pV = nRT$$



## Шпорет на дрва

Пише: Катарина Матић

Током последњих неколико хиљада година дрво је било најпопуларније гориво. Као и сва чврста тела, дрво се састоји од великог броја атома и молекула "спојених" хемијским везама. Када се запали ватра, у хемијским реакцијама угљеника и водоника из дрвета са кисеоником из ваздуха ослобађа се енергија. Најпре је потребно уложити енергију да би се атоми водоника и угљеника издвојили из целулозе (од које се дрво углавном састоји). То се постиже паљењем шибице која неким атомима дрвета предаје довољно енергије да се хемијске везе раскину и започне интеракција са кисеоником из ваздуха. Везе C-O и H-O су јаче он оних којим су C и H везани у молекуле целулозе, тако да се њиховим формирањем ослободи више енергије него што је претходно уложено у кидање молекула целулозе. Тада вишак представља топлотну енергију.

Да би се искористио што већи део енергије која се ослободи сагоревањем дрвета, користе се шпорети на дрва какве данас познајемо. Део топлотне енергије која се ослободи у унутрашњости шпорета бива проведен кроз њенгове металне зидове. Механизам стварања топлоте је следећи: ако је једна страна пећи топлија значи да атоми на том делу поседују већу кинетичку енергију коју предају суседима, тако да

топлотна енергија противе ка хладнијем делу. У провођењу учествују и слободни електрони који могу да прелазе велика расстојања и брже размењују енергију него атоми. Осим што проводе топлоту, метални зидови шпорета спречавају да дим продре у просторију коју треба загрејати. У додиру са топлотом пећи околни ваздух се загрева, његова густина се смањује, па се он пење навише, хлади се и тоне надоле. Тај процес се зове струјање и омогућава (прилично) равномерно загревање целе просторије. Део топлотне енергије се увек преноси путем зрачења електромагнетних таласа. Што је температура тела виша, то оно емитује више инфрацрвених таласа ("топлотног зрачења"). Да би се поспешило преношење топлоте, пећи су обично тамне боје, пошто тамни објекти добро апсорбују али и емитују инфрацрвено зрачење. Ово зрачење се даље преноси кроз простор без посредника и загрева сва тела на која падне.

Да ли сте знали да оволико физике има у старом, добром шпорету на дрва?

Ваша бака живи на планини и њени колачи су дручији од маминих. Зашто? Због надморске висине. На планини је атмосферски притисак мањи, па при печењу колача из њега испарава већа количина воде. Зато бака у тесто ставља више воде. Исто тако, због сниженог атмосферског притиска, у колачу се гас шири и он брже "расте", па може да искипи из плеха. Да би се то избегло, у колач треба ставити мање шећера, јер то спречава стварање гасова. Али, бака зна да њени унуци воле слатке колаче. Зато она у колач ставља више брашна. Такође, пошто са висином опада температура кључана воде, бака своју пећницу мора да загреје на већу температуру да би колач лепо поруменео.

# Микроталасна пећница

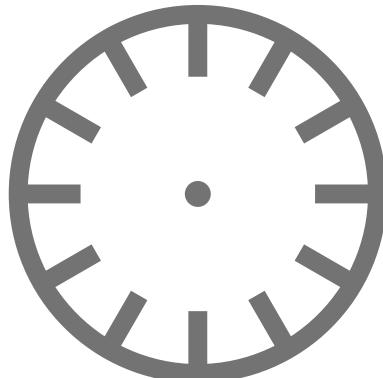
Пише: Ненад Вукмировић

**В**елики број домаћинстава у Србији у својој кухињи има микроталасну пећницу. У свету је тај број још већи, подаци говоре да је у САД микроталасна пећница присутна чак у 90% домаћинстава. Ако бисте извршили анкету са питањем шта је микроталасна пећница, они који је користе би вам рекли да знају да она кува, подгрева или одмрзава храну дејством микроталаса. Више од тога не би знали да вам кажу. Нас као физичаре интересује много више од тога, шта су тачно микроталаси, како се они производе, како микроталаси кувају храну и још много тога.

Микроталаси су електромагнетни таласи чија је таласна дужина у опсегу од једног милиметра до једног метра, тј. фреквенција у опсегу од 300 MHz до 300 GHz. Први пут су постали значајни за време Другог светског рата кад су их Савезници користили у радарским системима за отварање непријатељских авиона. По завршетку рата Американци су наравно наставили да експериментишу са радарским системима и у једном таквом експерименту 1945. године амерички инжењер Перси Л. Спенсер (1894-1970) је приметио да је чоколадица коју је имао у цепу почела да се топи. Притом је он стајао у близини уређаја за производњу микроталаса - магнетрона, и схватио је да су управо микроталаси били узрок загревања

чоколадице. Две године касније је Спенсерова фирма представила јавности прву микроталасну пећницу која је била знатно већих димензија и цене од садашњих. У ширу употребу микроталасне пећнице су ушлиле крајем шездесетих и почетком седамдесетих година прошлог века. Данас се микроталаси осим у микроталасним пећницима и радарима, користе и у системима мобилне телефоније, сателитским комуникационим системима, као и у научне сврхе.

Главну компоненту сваке микроталасне пећнице чини магнетрон који, као што смо већ рекли, производи микроталасе. Магнетрон се састоји од цилиндричне катоде која еmitује електроне и око ње концентрично смештene цилиндричне аноде са шупљинама. Попречни пресек магнетрона приказан је на слици. Између аноде и катоде се довођи једносмерни напон од неколико хиљада волти, а цео магнетрон се налази у магнетном пољу усмереном дуж осе цилиндара.



Попречни пресек магнетрона

Електрони емитовани са катоде због присуства спољашњег електричног и магнетног поља се крећу под дејством Лоренцове силе, али притом и сами генеришу додатно електрично и магнетно поље. Као последица свега тога, испоставља се да се у области између катоде и аноде успоставља временски зависно електрично и магнетно поље чија је фреквенција у области микроталаса. Даље се из магнетрона микроталас води у део пећнице где се ставља храна.

Сада долазимо до кључног питања. Како микроталаси делују на храну? Познато је да свака храна у себи садржи одређену количину воде, која је равномерно распоређена по запремини хране. Загревање хране дејством микроталаса се базира на процесу апсорпције микроталаса у води. При апсорпцији, енергија апсорбованог микроталаса се преноси на молекул воде. Пошто су молекули воде равномерно распоређени по запремини хране, следи да се храна греје равномерно по својој запремини. Са молекула воде се даље топлота процесом провођења преноси на молекуле и атоме осталих супстанци у храни. Притом је битно напоменути да апсорпција микроталаса у води треба да је довољно велика да се молекули воде значајно греју, а с друге стране довољно мала да микроталаси могу да продру у унутрашњост хране (јер би се иначе загревала само површина хране). Зато је за рад микроталасне пећнице изабрана фреквенција од 2.45 GHz при којој су оба поменута захтева испуњена.

Описшимо мало детаљније процес апсорпције микроталаса у води. Молекули воде су поларни молекули са диполним моментом

усмереним у правцу симетрале угла између две O-H везе. У присуству електричног поља микроталаса, они теже да усмере диполни момент у правцу и смеру електричног поља. Пошто електрично поље микроталаса мења смер фреквенцијом 2.45 GHz, молекули воде теже да се усмере час у једном, час у другом смеру, па зато врше ротационо кретање. При таквом кретању они се међусобно сударају и тако загревају. На сличан начин и било која друга поларна супстанца апсорбује микроталасе.

Као што смо видели, вода (и друге поларне супстанце) у храни апсорбују део микроталаса, али део њих и прође, а да се не апсорбује. Поставља се питање шта се дешава са микроталасима који прођу, да ли су они неискоришћени у погледу загревања хране? Одговор је не. Унутрашњи зидови микроталасне пећнице су направљени од метала, а метали практично идеално рефлектују електромагнетне таласе, тако да се талас одбија од зидова пећнице, све док коначно не буде апсорбован у храни. Један од тих зидова, онај који представља врата, садржи мале рупе пречника око 2 см. Кроз те рупе микроталаси не могу да изађу јер је таласна дужина микроталаса фреквенце 2.45 GHz једнака око 12 см, што је значајно веће од димензија рупе. С друге стране видљива светлост (чија је таласна дужина у опсегу 400-700 nm) има знатно мању таласну дужину од димензија рупе, тако да она може да изађе, што значи да можете да посматрате храну док се кува у пећници. Наравно, битно је да микроталаси не излазе из пећнице, иначе бисте поред хране у пећници, кували вероватно и свог

кућног љубимца који се игра поред пећнице. Због чињенице да метали рефлектују микроталасе, у микроталасној пећници се не користи метално посуђе, јер би оно спречило да микроталаси дођу до хране.

Таласи који се наизменично рефлектују од зидова пећнице међусобно интерферирају, тако да је у неким деловима пећнице интензитет таласа већи, а у неким мањи. Ова појава може да доведе до проблема да се храна не греје свуда подједнако у пећници. Проблем се може решити на више начина. Неке пећнице садрже ротирајућу платформу која омогућава да храна долази и у област већег интензитета таласа, док неке садрже ротирајући метални објекат који рефлектује микроталасе тако да постиже сличан ефекат као и ротирајућа платформа. Појава неравномерне расподеле интензитета таласа представља лошу вест за читаоце Младог физичара који планирају да кувају живе мраве у микроталасној пећници. Наиме, мрав који би се нашао у области већег интензитета микроталаса би осетио да га нешто греје и стално би бежао у област нижег интензитета, тако да никако не бисте могли да га скувате.

Поред могућности кувања и подгревања хране, микроталасне пећнице имају и могућност одмрзавања. У замрзнутој храни, вода је у чврстом стању (лед). Молекули су тад уређени у кристалну решетку и немају могућност да ротирају као у течном стању. Зато лед слабо апсорбује микроталасе. Поставља се питање како је онда уопште могуће одмрзвавање. Ипак, у замрзнутој храни има и нешто воде у течном стању, пре свега на површини хране. Ти молекули воде

апсорбују микроталасе и греју се, а затим преносе топлоту и на околни лед. Проблем је што се топлота са воде на лед преноси знатно спорије него што се вода греје. Тако постоји опасност да уместо одмрзнуте хране добијемо прегрејану храну на површини и још увек залеђену у унутрашњости. Зато се процес одмрзавања код микроталасних пећница одвија тако што се најпре загреје слој на површини, затим се сачека да топлота продре процесом провођења дубље у унутрашњости, и тако наизменично.

У овом тексту смо описали већину физичких процеса који се одвијају у микроталасној пећници. Говорили смо о простирању, рефлексији, апсорпцији и интерференцији микроталаса, провођењу топлоте, кретању електрона у електричном и магнетном пољу, а електронику која претвара мрежни напон у напон који користи магнетрон нисмо стигли ни да споменемо. Да ли сте очекивали да оволико физике има у микроталасној пећници?

Алуминијумска фолија која се користи у домаћинству за облагање хране има две стране, једна је сјајна, а друга је мат. Да ли је свеједно коју страну окрећемо када желимо да храну печемо у фолији? Одговор је - наравно не. Мат страна фолије зрачи и апсорбује топлоту знатно боље од сјајне стране. Према томе, ако месо печете у фолији, боље је да мат страну окренете споља. У том случају, месо ће се брже испећи. Ако желите да се испечено месо брже охлади, оставите мат страну споља, јер је то механизам бржег хлађења меса. Али, уколико желите да месо умотате у фолију, а потом да га ставите у фрижидер, онда га умотајте тако да је сјајна страна фолије са спољашње стране.

Покушајте да проверите ова запажања у вашој кухињи.

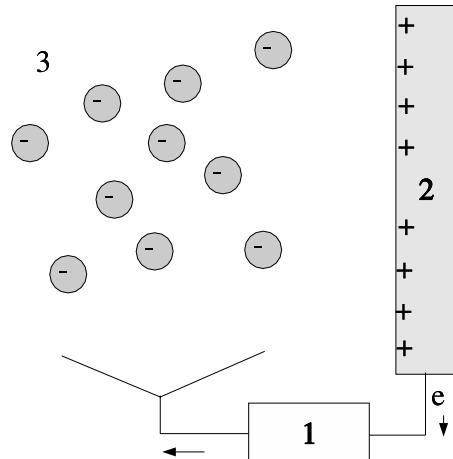
# Аспиратор - електронски чистач ваздуха

Пише: Милован Шуваков

**K**ада посматрамо сунчев зрак који улази у мрачну просторију можемо приметити како се на њему пресијава велики број малих честица, које називамо честице прашине. Ове честице су састављене од материје која је много веће густине од ваздуха нпр. минерала, чађи, пепела, полена, итд. Поставља се логично питање: Зашто ове честице не падну на земљу? Да бисмо одговорили на ово питање морамо да размотримо следећу појаву. Када се кроз неки гас (ваздух) креће чврсто тело, на њега поред гравитационе силе делује и сила отпора ваздуха која је већа уколико је површина тела већа. Ова сила увек делује у супротном смеру од брзине тела и тиме га успорава. Посматрајмо сада две куглице сачињене од истог материјала од којих је прва дупло већа од друге. Пошто је запремина куглице сразмерна трећем степену полупречника, а површина другом степену закључујемо да прва куглица има осам пута већу масу од друге док јој је површина већа само четири пута. Стога на мању куглицу делује осам пута мања гравитациона сила а само четири пута мања сила отпора ваздуха. Како смањујемо величину куглице то ће гравитациона сила бити све слабија у односу на силу отпора ваздуха. Код честица пра-

шине већ при брзинама од једног милиметра у секунди гравитациона сила постаје занемарива, што значи да ће и мало струјање ваздуха спречити прашину да падне на под.

Уређаји који нам помажу да се отарасимо ових малих честица из своје околине, а поготову из кухиње где их има највише због разноразних испарења, називају се аспиратори. Најједноставнији вид ових уређаја механичким путем уклања ове честице. Они се састоје од вентилатора и филтера. Вентилатор изазива струјање ваздуха који пролази кроз филтер на ком се задржавају честице прашине. Филтер можемо замислити као решетку са рупицама које су мање од величине честица прашине. Када честица прашине налети на филтер она због своје величине не може да прође и остаје заробљена у чељустима међумолекуларних сила које долазе до изражaja. Проблем са овом врстом уређаја је у томе што после одређе-



Шематски приказ аспиратора

ног времена честице прашине зачепе све руцице на филтеру и он се мора заменити, а поред тога увек постоје честице прашине које су довољно мале и које могу да прођу кроз филтер.

Постоје уређаји који захваљујући електростатичким силама отклањају ове честице из наше околине и који се зову електронски чистачи ваздуха. Принцип рада ових уређаја заснива се на следећем: Негативно наелектрисане честице можемо привући позитивно наелектрисаном површином! Па хајде да их наелектришемо. Шема уређаја је приказана на слици. Напајање (1) пребацује електроне са таложне плоче (2) у ваздух где се они гомилају на честицама прашине (3), које тиме постају негативно наелектрисане. Електростатичке сile привлаче прашину ка позитивно наелектрисаној таложној плочи где се она сакупља, а затим механичким путем уклања.

Постоји још једна врста уређаја која нам помаже да смањимо количину прашине и дима у нашем окружењу. То су јонизатори ваздуха.

Ови уређаји јонизују молекуле ваздуха који затим крећући се наелектрисавају честице прашине. Међутим, сада немамо позитивно наелектрисану плочу која може да игра улогу таложника. Ову функцију ће преузети равне површине зидова и намештаја, које ће се услед електричног поља честица прашине постати поларизоване и тако привући честице прашине. Ово се дешава зато што у зидовима постоје и позитивна и негативна наелектрисања. Када негативно наелектрисана честица прашине приђе зиду она привуче позитивно наелек-

тисане честице зида ка себи, а негативно наелектрисане одгура на другу страну. Тиме се зид поларизује и привуче честицу прашине. Ова појава се назива електростатичка индукција. Овим поступком смањујемо количину честица прашине у ваздуху терајући их да се таложе на равне површине. А онда једино што нам преостаје је добра стара крпа за прашину.

Да ли сте знали да толико физике има у аспиратору - електронском чистачу ваздуха?

## Фрижидер

**Пише:** Славица Спасовић

**Д**анас је немогуће замислити домаћинство без фрижидера. Пре проналаска овог уређаја, један од начина да се очува месо је да се усоли, а имати ледени напитак у току лета био је прави луксуз. Хлађење и замрзавање су два најчешћа начина очувања намирница која се користе данас.

Основни разлог за коришћење фрижидера је да се у њему сачувају намирнице од кварења. Снижавањем температуре успорава се активност бактерија које се налазе у храни па ће намирнице више времена остати у свежем стању. На пример, сетимо се млека. Оно ће се на собној температури укварити за свега неколико сати. Снижавањем температуре, може остати свеже и до

две недеље. Замрзнуто млеко се може чувати месецима.

Сваки фрижидер се састоји о компресор, цеви за размену топлоте које се налазе ван фрижидера, вентила за експанзију, цеви за размену топлоте које се налазе унутар фрижидера и течности за хлађење.

Основни принцип на ком се заснива рад фрижидера је следећи:

*Течностшти при испаравању аткорбују штойлошту из своје околине.*

Свима је познато да кад кожу поквасимо водом имамо осећај хладноће. Тада осећај је већи уколико је уместо воде алкохол. Разлог за то лежи у чињеници да алкохол клучка на нижој температури. Течности које се користе као расхладно средство у фрижидерима имају још нижу температуру кључања.

За боље разумевање начина рада фрижидера, ево једног експеримента.

За овај експеримент потребно је:

о Једна посуда за воду од ватросталног стакла

о Термометар који мери температуре до  $250^{\circ}\text{C}$

о Рерна

Ставити термометар у посуду са водом, затим посуду ставити у рерну која је загрејана на температури  $200^{\circ}\text{C}$ . Загревањем рерне, температура воде ће рasti и на температури  $100^{\circ}\text{C}$  вода починje да кључка. Температура воде се не мења све док испарава и биће  $100^{\circ}\text{C}$  чак и кад је температура околине  $200^{\circ}\text{C}$ . Ако сачекате да сва вода испари, температура коју ће показивати термометар скочиће на  $200^{\circ}\text{C}$ .

Савремени фрижидери користе кружни циклус у којем течност кружи у процесу хлађења. Да би имали јаснију слику о овом кружном процесу, замислите једно "створење" које живи у рерни из претходног експе-

римента и којем је температура од  $200^{\circ}\text{C}$  идеална за живот.

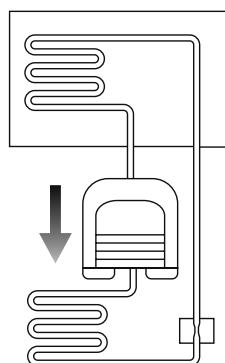
1. Температура ваздуха у рерни је  $200^{\circ}\text{C}$ . Вода у посуди испарава и при том настаје дosta водене паре температуре  $200^{\circ}\text{C}$ . Замислите да ово створење скупља пару у једну велику торбу.

2. Кад сва вода испари, пару из торбе пребаца у резервоар који је направљен од челика. Да би сва пара стала у резервоар она мора да се сабије, при чему се притисак повећава, а температура порасте на око  $400^{\circ}\text{C}$ .

3. Резервоар предаје вишак топлоте ваздуху у рерни и температура пада скоро до температуре рерне, односно  $200^{\circ}\text{C}$ . Због високог притиска у резервоару, пара кондезује у воду.

4. Затим, "створење" ослобађа воду насталу под притиском из резервоара у стаклену посуду. Због промене притиска вода починje одмах да испарава, а њена температура пада на  $100^{\circ}\text{C}$ .

Понављањем ова четири корака, једна иста вода се користи испочетка.



Шематски приказ  
фрижидера

Процес хлађења у фрижидеру је сличан описаном процесу. Нека је течност која се користи за хлађење амонијак, чија је температура кључања  $-32^{\circ}\text{C}$ . У општем случају ево шта се дешава у фрижидеру (слика).

1. Компресор сабија амонијачни гас што доводи до повишења његове температуре.
2. Цеви које се налазе иза фрижидера омогућавају да се вишак топлоте преда околини. Гас се хлади и при том услед високог притиска кондезује у течно стање.
3. Течни амонијак под притиском пролази кроз вентил за ширење (експанзију). Са једне стране вентила је течност под високим притиском, а са друге низак притисак.

4. При проласку кроз вентил, течност одмах кључа и испарава, температура пада на температуру кључања  $-32^{\circ}\text{C}$ . Управо то чини унутрашњост фрижидера хладним.

5. Хладни амонијак даље иде кроз цеви и црпи се преко компресора. Тако се циклус завршава и процес креће из почетка.

Ово би био принцип функционисања свих расхладних уређаја. Чист амонијак је веома токсичан и не користи се за кућне фрижидере. Фрижидери који за хлађење користе течност CFC (chlorofluorocarbon) развио је Ду Понт 1930. CFC-12 (dichlorodifluoromethane) је нетоксична замена за амонијак, а има температуру кључања сличну температури кључања амонијака. Међутим, многа индустријска постројења још увек користе амонијак. Иако није штетан за људе, CFC оштећује озонски слој, тако да од 1990. године сви нови фрижидери и клима уређаји користе средства за хлађење која мање оштећују озонски слој.

## Експрес лонац

**Пише:** Бранислав Цветковић

**Н**а воденој пари се храна много брже скрува него што се рецимо месо испече у рерни. Водена пара ефикасно преноси топлоту и притом се храна не оштећује, а уз то се остварује и знатна уштеда електричне енергије или гаса. У то можете веома лако да се уверите. Ако ставите руку у рерну која је загрејана на  $250^{\circ}\text{C}$  нећете се опећи, али ако ставите руку изнад чајника у коме кључа вода, водена пара (чија температура је  $100^{\circ}\text{C}$ ) ће вас одмах опећи. Разлог томе је што је вода много бољи проводник топлоте од ваздуха (када је напољу  $20^{\circ}\text{C}$ , кажемо да је време пријатно, али када уђемо у базен где је температура воде  $20^{\circ}\text{C}$  прилично нам је хладно). Водена пара користи се за припремање готово свих намирница од нежног, лако ломљивог поврћа, до великих комада меса (које може бити чак и замрзнуто). Данас се готово у сваком домаћинству за припремање хране користи експрес лонац.



Денис Папен,  
проналазач експрес  
лонца

Експрес лонац је 1680. године изумео француски физичар Денис Папен (1647 - 1712.). Наравно, то није био уређај који срећемо у данашњем облику, али је принцип на коме је радио Папенов лонац био потпуно исти. Папенов проналазак је био веома значајан, и сматра се да је Папен својим радом утро пут проналаску парне машине, коју је пола века касније конструисао Џемс Ват. Занимљиво је да је током осамнаестог века употреба Папеновог лонца за припремање хране готово пала у заборав, да би кување на пари поново постало актуелно током Наполеонових ратова. Наполеоново војсци су за походе широм света биле потребне огромне количине хране, па је Наполеон обећао награду од 12000 франака ономе ко пронађе поступак за конзервирање намирница. Париски посластичар Апер је 1795. предложио да се свежа храна (месо, поврће) стави у тегле са широким отвором. Затим се тегле загревају у кључалом воденом купатилу и на крају чврсто затварају плутом. Аперов поступак, данас познат као апертизација показао се успешним, и Французи су га једно време чували као војну тајну. Наравно тајна је откривена и већ 1810. су у Енглеској отворене прве фабрике конзерви. Почетком двадесетог века у фабрикама конзерви у САД су почели да се користе експрес лонци који су били огромних размера, да би од 1915. ушли у кућну употребу (искључиво за потребе конзервирања хране, што је било веома значајно у време када није било фрижидера). Прави бум у производњи експрес лонаца додогодио се четрдесетих година када почине употреба експрес лонаца за припремање (не само конзерви-

рање) хране. Појава микроталасне пећнице делимично је утицала на смањење популарности експрес лонца, али он и данас има своје место у готово сваком домаћинству. За разумевање принципа на коме функционише експрес лонац није потребно много знања из физике. При нормалном атмосферском притиску вода кључа на 100°C. Температура водене паре која се добија испаравањем воде је такође 100°C и не мења се током испаравања. Једини начин да се повећа температура водене паре (или да се повећа температура на којој вода кључа) је да се повећа притисак на коме се систем налази. И управо то се дешава у експрес лонцу. Ако се на суд у коме се налази вода која кључа постави поклопац који добро заптива (тако да водена пара не може да напушта суд приликом загревања) и температура и притисак у суду ће приликом



Експрес лонац некад и сад

даљег загревања наставити да расту. Температуре воде и водене паре ће бити једнаке. Ако је притисак у експрес лонцу 15 фунти по квадратном инчу вода кључа на 125°C. Ова неубичајена јединица за притисак се и даље користи из историјских разлога. Наиме, 1917. Америчко министарство пољопривреде је увело стандард по коме је било обавезно да се експрес лонци производе тако да притисак приликом кувања буде 15 psi (psi је ознака за фунту по квадратном инчу која износи око 7 kPa). У то време није постојала могућност да се подешава притисак у експрес лонцу приликом кувања, што је и данас случај са највећим бројем јевтиних уређаја који се могу наћи на нашем тржишту. Због тога се и данас, ако у рецепту није експлицитно наглашен притисак на коме се храна кува, подразумева да је време кувања прилагођено уређају који ради на 15 psi. Време кувања намирница у експрес лонцу је, због тога што се храна кува на вишеј температури, знатно скраћено. Грубо говорећи време кувања се скрађује за око две трећине у односу на уобичајен начин кувања. Храна скувана у експрес лонцу садржи много више витамина него намирнице припремљене на било који други начин.

Експрес лонци се израђују од алуминијума или нерђајућег челика. Сви модели поседују поклопац који се приликом кувања за кључава и вентил или славину која служи за регулацију притиска. Осим стандардних модела који се приликом кувања стављају на шпорет, постоје и електрични експрес лонци, а у новије време су се појавили и уређаји који се стављају у микроталасну пећницу.

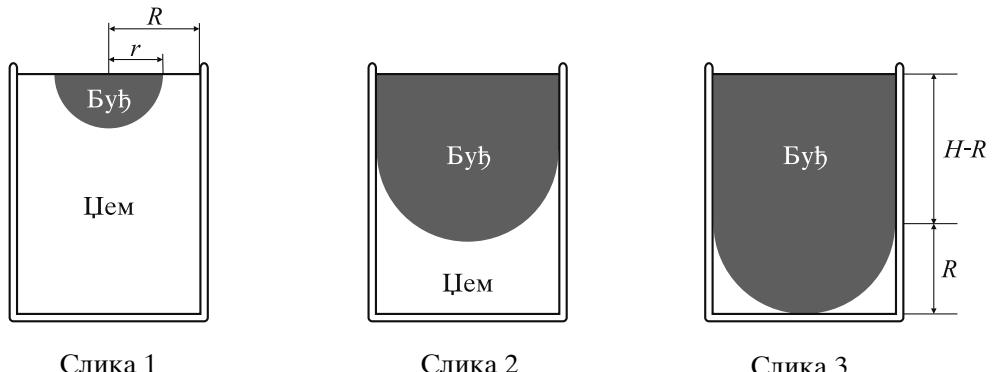
## Модел буђања идеалног цема

Пише: Владан Пејовић

Под идеалним цемом ћемо подразумевати цем који се претвара у буђ брзином пропорционалном величини додирне површине здравог цема и буђи. Сваки реални цем, мање или више има ову особину - мале нехомогености у саставу цема су разлог малог одступања реалног цема од идеалности. У овом тексту биће приказан теоријски модел понашања идеалног цема у тегли у условима температурне стабилности и изолованости од окoline (то значи да је температура у цему у свакој тачки иста и да се не мења током времена).

Претпоставимо да се идеалан цем (у даљем тексту само цем) налази у тегли облика валька висине  $H$  и полупречника основе  $R$ . Нека се сад на горњу површину цема, на оси тегле унесе мала нечистоћа у облику буђи и све се херметички затвори. Временом ће буђ почети да се шири цемом, али због симетрије проблема и хомогености састава и температуре цема претпоставићемо да ће се буђ у почетку ширити по цему у облику полулопте са центром у тачки у којој је буђ унета (слика 1). Нека је  $r$  тренутни полупречник те полулопте, површина додирне површине буђи и цема је:

$$S = 2\pi r^2.$$



Слика 1

Слика 2

Слика 3

Искористимо услов идеалности цема који се сад може написати у облику

$$\frac{dV}{dt} = \lambda S, \quad (1)$$

где је  $\lambda$  позитивна константа. Величина  $V$  у једначини (1) је запремина буђи. Елементарно повећање запремине буђи  $dV$  може да се изрази и као производ тренутне вредности додирне површине између буђи и цема и елементарне промене полупречника полулуопте буђи:

$$dV = Sdr,$$

што заменом у једначину (1) и дељењем са  $S$  даје:

$$\frac{dr}{dt} = \lambda. \quad (2)$$

Одавде се види смисао константе  $\lambda$ , она представља брзину повећања полупречника полулуопте буђи. Интеграцијом једначине (2) уз услов да је у почетном тренутку полупречник буђи био једнак 0, добија се

$$r = \lambda t. \quad (3)$$

Дакле, полупречник полулуопте буђи је линеарна растућа функција времена. Како је запремина полулуопте  $V=2\pi r^3/3$  на основу (1) добија се да је

$$V(t) = \frac{2}{3}\pi\lambda^3 t^3,$$

уз услов да је  $t < R/\lambda$ .

Мало дручија ситуација наступа кад буђ захвати читаву горњу површину цема, тј. када је испуњен услов  $r=R$ . Од тада се додирна површина буђи и цема више не мења (слика 2) и износи  $S=2\pi R^2$ , тако да је и брзина повећања запремине буђи константна, што следи на основу (1), која сад може да се прикаже у следећем облику:

$$\frac{dV}{dt} = 2\pi\lambda R^2.$$

Интеграција ове једначине даје резултат

$$V = 2\pi\lambda R^2 t + C, \quad (4)$$

где константу  $C$  одређујемо из почетног услова да је  $V=2\pi R^3/3$  кад је  $t=0$  (узето је да је почетни тренутак сада моменат кад полупречник полулуопте буђи постаје једнак

полупречнику тегле) и добија се да је  $C=2\pi R^3/3$ , па једначина (4) сада постаје:

$$V = 2\pi\lambda R^2 t + \frac{2}{3}\pi R^3. \quad (5)$$

Наравно, ова једначина важи све док је до-дирна површина буђи и цема дата релацијом  $S=2\pi R^2$ . Када престаје да важи ова релација? Оног тренутка када буђ додирне доњу површину тегле (слика 3). Укупна запремина буђи у том тренутку је

$$V = R^2\pi(H - R) + \frac{2}{3}\pi R^3,$$

што после упоређивања са једначином (5) даје услов

$$t_2 = \frac{H-R}{2\lambda}.$$

Дакле, буђ ће дохватити доњу површину тегле након укупног времена

$$t_{1+2} = t_1 + t_2 = \frac{R}{\lambda} + \frac{H-R}{2\lambda} = \frac{H+R}{2\lambda}.$$

Најимо сада брзину спуштања центра полу-лопте буђи низ теглу. За време  $t=(H-R)/2\lambda$  центар пређе пут  $H-R$ , тако да је брзина центра полу-лопте  $2\lambda$ . У трећој фази, када до-дирна површина буђи и тегле почне да се смањује услед додира буђи и доње површине тегле, претпоставићемо да се центар полу-лопте спушта истом брзином  $2\lambda$ , тако да је укупно време треће фазе буђања

$$t_3 = \frac{R}{2\lambda}.$$

Укупно време потребно да цео цем побуђави износи

$$T = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{H+2R}{2\lambda}.$$

Анализа горње формуле може помоћи до-маћицама у одабиру тегли са најбољим од-

носом полупречника и висине. Претпоставимо да одређену запремину цема V желимо да чувамо у тегли облика ваљка полупречника основе  $R$  и висине  $H$ . Запремина цема који стаје у ту теглу је  $V=R^2\pi H$ . Ако сад укупно време буђања цема изразимо само преко полупречника тегле, добијамо

$$T = \frac{1}{2\lambda} \left( \frac{V}{R^2\pi} + 2R \right).$$

Ова функција ће имати екстремалну вредност када њен први извод буде једнак нули

$$\frac{dT}{dR} = \frac{1}{2\lambda} \left( -\frac{2V}{R^3\pi} + 2 \right) = 0,$$

из чега се добија да је тражени однос висине и полупречника

$$H = R.$$

Лако се показује да је време да цем сасвим побуђави најмање управо у случају кад је  $H=R$  тј. тегле са висином која је једнака полупречнику основе су најлошије са становишта буђања цема. Такође, лако се види да је време буђања цема утолико веће што је пречник основе тегле мањи. То сугерише да је приликом одабира тегли за цем, најбоље узимати уске а високе тегле.

У раду је приказан модел ширења буђи кроз цем. Претпостављено је да је брзина ширења буђи сразмерна величини додирне површине цема и буђи. Нађено је време буђања читавог цема. Разматрано је време буђања у зависности од геометрије тегле.

Приказани модел се праволинијски уопштава на тегле у којима се чува мармелада, ајвар, пинђур, слатко... Надамо се да ће овај рад помоћи домаћицама да изаберу праве тегле које ће им омогућити да сачувају што више зимнице за хладне зимске дане.

# Прегрејана вода

Пишу: Александар Латиновић и  
Ненад Чикић

Истраживачка станица Петница

Чак и птице на грани знају да вода на атмосферском притиску кључа на  $100^{\circ}\text{C}$ , али за њих је велика непознанница начин кључаша воде. Наравно то није случај са младим физичарима који су проводили дане и ноћи уз решо, епрувету и неколико боца пива током августа у Истраживачкој станици Петница.

Кључаше је фазни прелаз у ком нека супстанца (у нашем случају вода) прелази из течног у гасовито стање. Приликом загревања воде у посуди, на дну посуде се јавља танак слој паре. Када притисак паре достigne вредност атмосферског притиска почину се стварати мехурићи који почину излазити на површину и тако почине кључаше. Мехурићи се стварају најчешће на дну посуде јер је тај део најтоплији, пошто се посуда загрева са дна.

Да би се мехурићи уопште створили, потребно је да имају језгра око којих ће се пара скupљати и створити мехур. На сличан начин се вода и кондензује, те зато имамо већу количину падавина изнад индустријских зона, јер као језгра кондезације служе честице прашине из димњака фабрика.

Кад кувамо воду у шерпи као језгра за формирања мехурића могу послужити било нечистоће у самој води било, чешће, нерав-

нине на дну шерпе. Могли сте приметити како мехурићи расту док израњају на површину. То је зато што током свог израња скupљају водену пару која се налази растворена у води. Та пара има довољну температуру и притисак да прокључча, али пошто у њеној близини нема језгра око којих би се створио мехур, „принуђена” је да чека долазак већ створеног мехура.

И да ли су птичице биле у праву? Веровали или не, али одговор је да нису, тј. барем нису увек у праву. Наиме, постоји нешто што се зове прегрејана воде. То је вода чија температура прелази  $100^{\circ}\text{C}$ , налази се на нормалном атмосферском притиску, али не кључа. До тога долази када никад у целој посуди у којој загревамо воду нема језгра око којих би се могао формирати мехур.

Таква вода је врло нестабилна и врло мали потрес може довести до њене „експлозије”. Експлозија прегрејане воде се јавља када се, било због потреса, било због упадања спољашњих честица, створи језгро за формирање мехура. Тада мехур ће врло нагло рasti, пошто се у води у том тренутку налази велика количина прегрејане паре. У једном тренутку, пошто врло брзо расте - много брже него што испливава - мехур достигне критичну запремину и истисне слој воде изнад себе тако да истиснута вода која пршти ван посуде изгледа као да експлодира.

А сада да објаснимо откуд пивске флаше међу Петничарима. Наиме, прва петничка прегрејана вода је добијена у пивској флаши (име произвођача нећемо спомињати јер се није одазвао нашем апелу да нам зарад

научних истраживања пошаље који пакет флаша, наравно са пивом). Пивска флаша мора бити углачана да би се смањило извртавање пива, тј. да би се смањио број створених мехурића (пошто се сви мехурићи, како они од кључања, тако и они од ветрења CO<sub>2</sub>, стварају на неравнинама), тако да отворено пиво што дуже може да задржи свој укус. Зато она представља идеалну посуду за добијање прегрејане воде.

Максимална температура прегрејане воде коју смо ми добили износи 125°C. Ту температуру смо измерили помоћу инфрацрвене камере. Мерење обичним термометром је немогуће пошто би сам термометар послужио као место за формирање мехурића и вода би бурно прокључала. После „експлозије”, тј. после енергичног почетка кључања, вода се нагло хлади због тога што се велика количина енергије отпушти у процесу „експлозије”.

Прегрејана вода се лако може добити и у кућним условима мада се мора бити нарочито опрезан због могућности задобијања тешких опекотина, посебно приликом њене „експлозије”. За добијање прегрејане воде у кућним условима дововољно је да употребите флашу пива (није битно од ког произвођача јер све флаше имају углачану унутрашњу страну). Али, пазите да флаша не додирује ринглу или решо пошто ће напрснути приликом загревања, већ морате на неки начин осигурати да флаша стоји око 1cm изнад грејача.

Можда сте се некад запитали зашто је врло опасно загревати воду у микроталасној пећници. Разлог је то што се при таквом загревању вода загреава равномерно у чи-

тавој својој запремини и нема кретања воде као кад се она загрева на решоу, те не долази до кључања. Таква прегрејана вода може достићи врло велику температуру, па ће и сама „експлозија”, кад коначно дође до кључања, бити много јача. Тако нешто никако немојте покушати у кућним условима, а ако имате жељу да видите експлозију прегрејане воде у микроталасној онда можете посетити овај линк:

<http://apache.airnet.com.au/~fastinfo/microwave/videos/watervideos.html>

### Конкурс за програме Истраживачке станице Петница у 2005. години

У 2005. години Истраживачка станица Петница ће, као и претходних, организовати приближно 100 семинара за ученике средњих школа заинтересованих за науку и ванредно мотивисаних за самостални рад. Међ тим семинарима ће бити и цelogodišnji циклуси семинара физици, математици, астрономије, електронике итд.

Заинтересовани ученици би требало да пошаљу своје пријаве на адресу Станице најкасније до 25. новембра 2004. Ако сте заинтересовани, пријавне формулате можете наћи у практично свим средњим школама у Србији и барем стотину школа у Црној Гори и околним земљама. Уколико из неког разлога баш у вашој школи нема ниједног примерка овог формулара, скрините га веб сајта Истраживачке станице - [www.psc.ac.yu](http://www.psc.ac.yu). Осим попуњеног формулара потребно је да пошаљете и аутобиографију, есеј на једну од понуђених тема и препоруку наставника или психолога школе.

Ако сте заиста вољни да напорно радите зарад сопственог знања и искуства - пријавите се, чекамо вас.

## Дечак из Идвора

Пише: Слободан Бубњевић

Ове године, 9. октобра, навршиава се шачно 150 година од рођења Михајла Пупина, једног од најзначајнијих научника који су постекли из наше земље. Његово дештићство у малом банајском селу није могло ни да наховеси близићаву научну каријеру која ћа је чекала у далекој Америци.

Извор, мало село у Банату, налази се недалеко од Панчева. У XIX веку, ово банатско место, кога по Пупиновим речима "нема ни на једној мапи", припадало је јужној Аустро-Угарској. Банат је био неразвијена, али аутономна област, настањена српским сеоским породицама чији су чланови ратовали широм Европе за аустријског цара. У једној од таквих идворских породица, 9. октобра 1854. године рођен је Михајло Пупин. Михајлови родитељи били су неписмени, али интелигентни и угледни сељаци који су га подстицали да се образује и напредује у животу. Нажалост, у средини у којој је рођен није било доvoljno mogućnosti za kvalitetno obrazovanje. Књиге скоро уопште нису биле доступне, а већина мештана Идвора била је неписмена. Пупинова мајка била је врло религиозна жена, па су, захваљујући томе, Михајлова прва литература били Стари и Нови завет, као и житија светаца. Пупин је био изразито радознао дечак те је непрестано

тражио да му се растумаче природне појаве у свету око њега. Међутим, објашњења која је добијао углавном нису била задовољавајућа. Једном, Михајло се распитивао шта изазива громљавину, а идворски сељаци су му одговорили да муње настају од "тандркања кола Светог Илије када се овај вози по рају". Разумљиво, радознали дечак није био задовољан оваквим тумачењима физичких појава. У основној школи, коју је похађао у Идвору, Михајло се показао као напредан ћак. Ту је стекао основна знања из матерњег језика, писмености и рачунања.

### Ствари које се не могу објаснити

Занимљива епизода из Пупиновог детињства која је одиграла значајну улогу у његовом потоњем животу и каријери научника, догађала се на пространим пашњацима око Идвора. Михајло и други дечаци чували су стоку и спречавали је да зађе у кукурузна поља јер су се у њима скривали румунски крадљивци стоке. Како би што лакше надмудрили лопове, дечаци су смислили систем сигнала који су једни другима слали кроз земљу. Своје дугачке ножеве са дрвеним

### КАДА ЈЕ ПУПИН РОЂЕН?

Поред 9. октобра 1854. године, у неким биографијама помињу се 27. септембар, 4. и 8. октобар као датуми рођења Михајла Пупина. За њих је установљено да су погрешни због нетачног прерачунавања тадашњег јулијанског календара на данашњи грегоријански. Уз то, понекде се наводи и 1858. као година његовог рођења, јер је из ко зна каквих разлога, идворски парох погрешно написао датум у Пупиновој крштеници. Иначе, у страној литератури, иза имени Michael Idvorsky Pupin, крије се управо Михајло Пупин. Када је постао амерички држављанин, Пупин је америчанизовао своје име, а за тамошње прилике уобичајено средње име исковоа је од Идвора, свог села у Банату.

дршкама забадали су дубоко у земљу, а потом су производили звук ударајући у дршку ножа. Тако су њихови другари, на доволно далеком растојању могли да рас-

### МИХАЈЛО ПУПИН (ХРОНОЛОГИЈА)

- 1854.** Рођен у Идвору, у Банату.
- 1869-1872.** Похађа школу у Панчеву.
- 1872-1874.** Напушта Панчево и наставља школовање у Прагу.
- 1874.** Бродом путује за Америку. Стицајем срећних околности добија усљедничку дозволу и проналази први посао на једној фарми у Делаверу.
- 1874-1879.** Бави се најразноврснијим пословима, покушавајући да преживи. Уноси угљ, ради као радник на фармама и на крају, запошљава се у једној фабрици кекса у Њујорку. Посећује једну техничку изложбу у Филаделфији, што га подстиче на сопствено усавршавање и самостално учење. Похађа редовно курсеве у једној вечерњој школи како би усавршио енглески језик и надокнadio друга знања, изгубљена због прерано прекинутог школовања.
- 1879.** Полаже пријемни испит и добија стипендију на Универзитету Колумбија, у Њујорку.
- 1879-1883.** Са велики успехом студира на Универзитету Колумбија, као ванредно добар студент, омиљен међу колегама, запажен спортиста, председник студентских клубова, пре свега заинтересован за студије грчког језика. Најзад, због једног огледа који му се допао одлучује се за стару љубав - студије физике. После дипломирања, постаје амерички грађанин и добија стипендију Универзитета Колумбија за даље усавршавање из теоријске физике. Потом, осваја и Тиндалеву стипендију као први њен стипендиста.
- 1883-1889.** Борави у Европи где похађа последипломске студије у Лондону, на Универзитету Кембриџ, а потом и у Берлину. Докторира код славног физичара Хермана Хелмхолца на теми из физичке хемије.
- 1888.** У Лондону се жени Саром Катарином Цексон, сестром свог пријатеља и сарадника Вилијама Цексона. Следеће године враћа се у Америку где отпочиње професорску каријеру на Универзитету Колумбија. Исправа се бави истраживањима пролаза струје кроз гасове, а прве научне радове објављује из области испитивања хармоника наизменичне струје.
- 1895.** Непосредно пошто је Рендген открио X-зраке,

познају звук, са ухом на земљи притиснутим уз дршке ножева. Када би искрсле каква опасност, једни другима су тако могли да пошаљу тајне сигнале, који су пролазили са-

Пупин успева да направи успешне снимке помоћних, прве те врсте у Америци. После само три месеца рада, постиже неколико оригиналних резултата.

**1896.** Обољева од тешке упале плућа, а ускоро се разбољева и његова супруга која га је током болести неговала. Пупин успева да се поврати од болести, али његова супруга умире. Остаје сам са малом кћерком. Тешко подноси своју породичну трагедију и са кћерком се повлачи на једно имење у Норфолку. Сасвим се опоравља тек четири године касније, када наставља да се бави научним радом.

**1900-1915.** Најуспешнији део научне каријере Михајла Пупина. Објављује велики број научних радова и патенту из области телеграфије, телефоније и радиотехнике. У овом периоду долази до својих највећих и најзначајнијих открића. У потрази за математичким решењем проблема преноса наизменичних струја по водовима, Пупин на једнаким, унапред одређеним интервалима поставља индуктивне калемове како би појачао сигнал. Његови патенти доносе му богатство и славу. Увођење индуктивног калема омогућило је "пупинизацију" свих телефонских водова у САД.

**1914-1919.** Током Првог светског рата, Михајло Пупин се труди да личним учешћем допринесе победи над силама Осовине. Активно помаже српски народ из Америке, а када 1917. године САД улазе у рат, окунуја групу на Универзитету Колумбија за истраживање технике откривања подморница. После рата, Пупин дипломатским средствима помаже стварање прве Југославије, Краљевине Срба, Хрвата и Словенаца. Упућује меморандум председнику САД, Вудро Вилсону, и тако за Југославију спашава велике области које би по Лондонском уговору припадале Италији.

**1924.** Добија престижну Пулицерову награду за аутобиографску књигу "Од усљедника до изумитеља".

**1927.** На Универзитету Колумбија подиже се зграда Одсека за физику, која је названа "Пупинова лабораторија". У њој је 1931. године откривен тешки водоник, а потом и многа друга значајна открића. "Пупинова лабораторија" постоји и данас.

**1935.** Преминуо 12. марта, у болници у Њујорку, у 81. години живота.

мо кроз земљу и нису се чули ни у ваздуху, ни у растреситој земљи кукурузишта. Румунски крађивци стоке их нису могли чути, а дечаци су могли лако да обавештавају једни друге о опасности. Овај пастирски трик са ножевима који појачавају послати звучни сигнал, дуго је фасцинирао младог Пупина. "Мој живот као научника започео је питањима која сам себи постављао у поноћној тмини док сам лежао са ухом притиснутим уз земљу, очекујући тајни код мојих сеоских другара", записао је касније Пупин у својој аутобиографији. Када је упитао свог учитеља зашто звук путује само кроз земљу и како га ножеви појачавају на великој даљини, учитељ га је ударио по глави и загонетно му одговорио "Постоје многе ствари које се не могу објаснити". Много година касније Пупин је схватио шта лежи у основи ове појаве и то му је послужило да дође до свог најзначајнијег научног открића. Полазећи од Лагранжевог решења за вибрације затегнуте жице, разрадио је теорију преноса

#### ПУПИН У БРОЈЕВИМА

Михајло Пупин је, за тридесет година активног рада, објавио 36 научних радова, 6 књига и 30 других публикација. Регистровао је 34 патента, углавном из области телефоније, телеграфије и радиотехнике. Добио је 5 медаља и 3 одликовања за допринос науци. Био је члан 7 научних друштава. Председавао је 6 институција. Додељено му је 16 доктората. Заснована на Пупиновим патентима, "пупинизација" се у Америци одиграла невероватном брзином: већ 1911. године било је у употреби 125.000 Пупинових калемова на 375.000 километара телефонских водова, 1926. године 1,2 милиона калемова на 2,7 милиона километара водова, а процењује се да је 1936. године употребљавано чак 8,5 милиона Пупинових калемова на 15 милиона километара других водова.

осцилација кроз жицу са периодично распоређеним масама. Сасвим налик преносу дечачких сигнала са распоређеним ножевима у земљи. Иначе, на основу овог решења, Пупин је дошао до потребних величине у аналогном електричном моделу струјног вода са периодично уметнутим индуктивностима. То је било решење проблема преноса наизменичних телефонских сигнала у струјним водовима. Оно је тридесет година касније Пупину донело славу и богатство.

#### Од Панчева до Прага

Због очигледног успеха у школи, његова мајка је сматрала да би Михајло требало да настави школовање, па га је 1869. године отац уписао у гимназију у Панчеву. Овде је млади Пупин имао добре наставнике, нарочито из природних наука. Сазнао је да је електрицитет природна појава и чуо за Франклинове експерименте са провођењем струје из облака у земљу преко змаја. Тако је одгонетнуо своју рану дилему о пореклу муње, али и заволео физику. Међутим, његови гимназијски дани нису текли без потреса и његово школовање било је угрожено због политичких прилика које су у то време владале у Банату. Банат је дуго припадао Војној граници хабсбуршког царства, територији која је била под директном управом аустријског цара и на којој су живели Срби, слободни сељаци са низом привилегија, али обавезани да због њих ратују за цара. Када је, 1869. године, цар укинуо дотадашње привилегије Србима, стављајући их под мађарску управу, развило се нездовољство међу српским становништвом. Пупинов отац избацио је из куће слику аустријског цара и

научио сина да не поштује владара који је погазио своју реч. Тако, сходно овом науку, Михајло је често учествовао у демонстрацијама српских ћака против монархије. Једном, за време бакљаде српске омладине у Панчеву, која је приређена у част Светозара Милетића, Пупина је полиција ухватила како гази аустријску заставу. Претило му је искључење из школе, али га је од тешке казне спасло залагање његових професора. Још годину дана могао је да остане у панчевачкој гимназији, а следеће године, родитељи су га послали у Праг.

#### **ОД УСЕЉЕНИКА ДО ИЗУМИТЕЉА**

Михајло Пупин је био талентован и као писац. Свој узбудљиви живот описао је у аутобиографској књизи "Од усељеника до изумитеља" коју је објавио 1923. године. Име Михајла Пупина, као запаженог научника, било је у то време добро познато у Америци, па је постојало велико интересовање за његову аутобиографију. Међутим, Пупинова књига - истинита прича о личној борби једног човека и његовом путу ка успеху - доживела је много већи успех него што се очекивало од аутобиографског дела једног физичара. Врло брзо је продато неколико издања ове књиге, а следеће 1924. године, Михајло Пупин је за њу добио Пулицерову награду, најпрестижнију књижевну награду у Америци. Касније је књига "Од усељеника до изумитеља" постала школска лектира у америчким школама, што је признање каквим се не могу похвалити ни многи професионални писци. Пупин није преостао да пише и објавио је још две књиге које су се тицале развоја друштва под утицајем напретка технике: "Нова реформација" (1927) и "Романса машина" (1930). Поред њих, Пупин је приредио и један наслов о јужним Словенима, који су тада формирали заједничку државу. Најпознатије Пупиново дело "Од усељеника до изумитеља" написано је на енглеском, а код нас се може наћи у два превода, новији из 1979. године и стари превод из 1929. године, који је објављен под насловом "Од пашњака до научњака".

#### **Одлазак у Америку**

Михајло Пупин је 1872. године стигао у Праг са намером да ту настави школовање. Међутим, остао је у Прагу само годину дана. Угрожавао га је непријатељски однос Немаца према Словенима и Пупин је опет био у разним недаћама. Када му је из Идвора стигла вест о изненадној смрти оца, Михајло се затекао у безизлазној ситуацији. У потпуној оскудици, одлучио се да отптује у Америку. Пут паробродом од Хамбурга до Америке коштао је 28 форинти, што у то време није био велики новац, али га је Михајло једва сакупио и то тако што је прошао неке делове одеће. Укрцао се на брод "Вестфалија" 12. марта 1874. године и једва преживео тежак пут бродом у трећој класи. Стицајем срећних околности добио је усељеничку дозволу за улазак у САД и наставио се у Њујорку. У Америци је радио најразноврсније послове како би преживео, а у међувремену, похађао је вечерње курсеве енглеског, грчког и латинског језика у једној добротворној установи, упоран у намери да једног дана настави школовање. Пет година касније уписао је Универзитет Колумбија који је са великим успехом и завршио. Постдипломске студије слушао је у Лондону и Берлину, да би се поново вратио у Њујорк на Универзитет Колумбија, где је 1901. године именован за редовног професора. Његова каријера научника коначно је почела. Успех, открића и резултати до којих је током ње дошао, запањујући су у односу на његов почетак у малом банатском селу и живот препун искушења. Данас је Михајло Пупин једно од имена пресудних за развој телефоније, телеграфије и радиотехнике.

# Мали је свет али је физика велика (а неки физичари су дебели)

Пише: др Александар Богојевић

Лабораторија за примену рачунара у науци  
Институт за физику

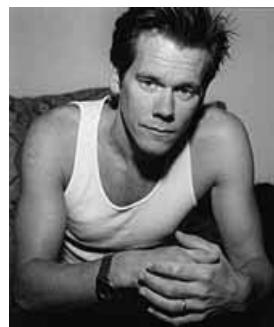
<http://scl.phy.bg.ac.yu/>

Као најфундаменталнија од наука, физика заиста покрива широк опсег феномена. То и не треба да чуди - само име области долази од грчке речи која значи природа. Из "физикоцентричног" ража курса - природне науке и физика то је једно те исто. Наравно, када су скале на којима раде фундаментални закони у једној области јако далеко од наших свакодневних скала, физика рађа ефективне законе и нове дисциплине. Тешко да ћете, полазећи од фундаменталних закона којима се повинују елементарне честице, нешто моћи да кажете о води која кључа у чајнику - радије ћете створити нову дисциплину примерену тој скали - чајникологију (термодинамику). Слично се из физике изводи хемија (занемарују се објекти који су битно мањи од једног атома), биологију (изостављају се објекти који немају способност самореплиирања), итд.

Но данас се физика по први пут почиње озбиљно простирати и ван опсега природних наука. Испоставља се да морате бити физичар (или, ако не можете, онда бар математичар) да би разумели модерне финансије, да би разумели како изгледа интернет, да би правилно предвидели како се шире полне болести, да би разумели како изгледају мреже пријатељства и друге социјалне мреже, итд. Управо нам мрежа свих глумаца може дати леп увод у новонастали део физике - науку о мрежама.

Погледајте сајт <http://oracleofbacon.org/> на Универзитету у Вирџинији и упознаћете се са светом глумаца на начин на који то раније нисте могли. Мрежа глумаца је конструисана по изузетно једноставним правилима - два глумаца су повезана ако су некада глумили у истом филму. Унесите име и презиме било ког глумаца и програм ће измерити колико је његово минимално "удаљење" од Кевина Бејкона. Ево неколико примера:

1. Кевин Бејкон је удаљен 0 корака (од самог себе);
2. Том Хенкс је удаљен 1 корак (глумио у "Аполо 13" са Бејконом);



Кевин Бејкон

3. Елвис Присли је удаљен 2 корака (глумио је заједно са Џон И. Вилером у филму "Live a Little, Love a Little", док је Вилер играо у "Аполо 13" са Бејконом);
4. Сергей Трифуновић је такође удаљен 2 корака (са Хосе Рамон Розариом је играо у "Someone else's America", а овај је са Бејконом играо у филму "Mystic River"

Као што видите, није лако наћи глумца који је много даље од Бејкона. Пробајмо са глумцима са почетка ере филма. Рудолф Валентино је удаљен 3 корака, исто толико је и Чарли Чаплин. Толико су удаљена и Сека Сабљић и Миодраг Петровић Чкаља. Ако не верујете програм вам избацује одговарајућу минималну трајекторију у простору свих глумаца: Чкаља је глумио у филму "Лепа Парада" са Љубом Тадићем, који је са Харви Кајтелом глумио у "Vleimma tou Odyssea" (сигурно сте гледали овај филм), док је Кајтел играо са Бејконом у "Imagine New York".

Можете ли наћи неке "удаљеније" глумце? Лола Новаковић је 4 корака удаљена од Кевина Бејкона. Ево и једне петице - нико други него Алберт Ајнштајн! Нећу да вам исписујем трајекторију - отидите на сајт и видите. Сада ствар постаје занимљивија - можете ли наћи неког ко је 7 или више корака од Бејкона? Ако успете пошаљите email на горњи сајт. Веровали или не, неко је чак нашао и једног глумца удаљеног 9 корака!

Наравно, ако вас више интересују компјутери него филмови онда сте вероватно спремни да варате. Стојте - неко је то већ урадио пре вас. Програм орацлеофбаон

користи базу података свих глумаца која се налази на сајту <http://www.imdb.com/>. Знајући ово неко је просто направио програмчић (у жаргону "робот") и пустио га да претражи целокупну базу и нађе глумца који је најудаљенији од Бејкона (чак 11 корака).

Ако сте физичар, или бар ако размишљате на тај начин, сада сте вероватно помало збуњени. Ова мала шетња кроз простор свих глумаца вам шаље наизглед противречне сигнале. Са једне стране видите да је реч о стварно великој бази података (јер у њој можете наћи и прилично опскурне глумце). Са друге стране, видите да су сви ти глумци на врло малом одстојању од нашег координатног почетка (Бејкона). Како је то могуће?

У овом тренутку база има око  $N = 800000$  глумаца и 375000 филмова. Покушајмо да стекнемо неку интуицију о томе како изгледа ова мрежа. Претпоставимо да су глумци распоређени у чворовима правилне  $d$  димензионалне решетке (тј. хипер коцке). Веza између броја чворова  $N$ , димензије  $d$  и карактеристичне дужине решетке  $L$  је  $N = L^d$ , док је број најближих суседа (тј. глумаца који играју у једном филму)  $q = 2d$ . Одавде добијамо да би карактеристично удаљење глумаца требало да буде 15 (у случају да у једном филму игра 10 глумаца). Као што смо видели, међутим, карактеристична уда-

<sup>1</sup>Детаљним пролазом кроз базу се може одредити да је просечно удаљење од Кевина Бејкона 2.939. Ума Турман би била једнако добар координатни почетак. Просечно удаљење до ње је 2.931. Сергей Трифуновић, са просечним удаљењем од 3.03 је тек мало лошији избор за центар света глумаца. Алберт Ајнштајн би био стварно дош избор за центар, пошто је просечно удаљење од њега 6.142. У свету глумаца постоји и најгори избор за центар. Просечно удаљење од овог центра је чак 9.200.

љења у горњој бази су негде између 2 и 3 (морамо прилично да се потрудимо да нађемо глумце који су 4 или више корака удаљени)<sup>1</sup>. Дакле, нешто шкрипи у нашим претпоставкама.

Сасвим је јасно да мрежу глумаца није могуће моделирати правилном мрежом. Ово је и разлог зашто нас је горњи проблем мало збунио - као физичари ми свакодневно имамо послса огромним мрежама, но у већини случајева те мреже су изразито правилне, односно показују велику симетрију (као атоми, односно јони у кристалној решеци). Позната је изрека: "Када је једини алат са којима располажете чекић, онда вам временом сви проблеми почињу личити на ексере." Тако и нама све прво личи на правилну мрежу. Но немојте мислiti да физичарска интуиција располаже само једним алатом. Од како је рачунара, поред потпуно уређених мрежа, на списку алата су нам се нашле и потпуно неуређене, односно случајно генерисане мреже.

Проблем је у томе што је свет глумаца са којим смо се управо упознали једнако слабо описан случајним мрежама као и потпуно уређеним мрежама. Пре неколико година Алберт Ласло Барабаши и сарадници су нашли средњи пут између ова два екстрема и дали нам у руке трећи алат за рад са једном великим класом комплексних мрежа (scale-free networks, односно мреже без карактеристичне дужине). Мрежа нема скалу ако је вероватноћа да из једног чвора извире  $k$  веза пропорционална са  $k^{-\gamma}$  (дакле ако је дата степеном зависношћу), где је  $\gamma$  задати експонент. Ове мреже се по својој

топологији (тј. по томе како су повезани чворови) веома разликују како од потпуно уређених мрежа (код којих из свих чворова извире исти број веза), тако и од случајних мрежа (код којих вероватноћа да чвор има  $k$  веза експоненцијално опада са  $k$ ). Кратко речено, нове мреже поседују незанемарљив број чворова са великом бројем веза (тзв. хабова).

Мрежа свих глумаца је управо пример једне овакве мреже - хабови су у овом случају филмске звезде. Да би се филмови продавали они морају да имају бар по једну звезду, макар у епизодној улози. На тај начин звезде играју у огромном броју филмова, односно глуме са огромним бројем глумаца. Постојање хабова је разлог зашто је свет глумаца толико мали (карактеристично удаљење је око 3) мада је број глумаца прилично велики (око 800000).

Пођимо сада од супротног краја популарности, не од звезда већ од глумаца који управо започиње каријеру у свом првом филму. Са ким ће он играти? Велика је вероватноћа да ће управо играти са неком звездом. Вероватноћа да ће се везати за некога ће управо бити пропорционална популарности онога за кога се везује. Сад смо уједно угрубо скицирали и алгоритам како се у рачунарима могу симулирати овакве мреже. У сваком случају ове мреже се не задају већ се "гаје" - додају се нови чворови који се преферењцијално везују за оне чворове који већ имају пуно веза које из њих извиру. У финансијама је овакво везивање одавно познато и исказано је синтагмом "богати постају још богатији", или "пара се на пару лепи."

На сличан начин дебели људи више једу, чиме постају још дебљи, а ово је управо све што је потребно да би се створила још једна интересантна комплексна мрежа. Тема овог броја је физика у кухињи, а ја сам требао да напишем нешто везано за кухињу и модерне трендове у физици. Па шта радимо у кухињи него што једемо? Зато сам оригинално и одлучио да пишем о оваквим мрежама гојазности као о лепој илустрацији мрежа без скале које су постале тако врућа тема у модерној физици. Идеја је била лепа, но предамном су се одмах испречила два проблема. Прво, да би се укључио кључни ефекат "дебели постају још дебљи" храна не сме бити ограничена, што ће рећи на овај начин не можемо моделирати гојазност у сиромашним друштвима. Други проблем је битнији - поред наведеног ефекта који доводи до степене дистрибуције, не смо занемарити и други који уноси скалу (и тиме усложњава проблем). Ако сте јако дебели онда краће живите те вас због тога све мање има у дистрибуцији. И ово се прилично лако може симулирати, но и без тога нам интуиција каже како би крајња дистрибуција требала да изгледа - леви део (мање тежине) ће изгледати степено, док ће десни део (веће тежине) бити глатко одсечен. Праве дистрибуције гојазности овако и изгледају. Приметимо, међутим, да је скала која се уноси у ову динамику зависна од развоја медицине. Што је медицина развијенија у некој земљи то је она разноразним лековима више у стању да компензује негативне ефекте прекомерне тежине. Ево дакле предикције - поређајмо дистрибуције гојаз-

ности у различним земљама по степену развоја и опште приступачности њиховог здравства. Треба очекивати да ће са развојем здравства дистрибуције гојазних све више наликовати степеној дистрибуцији. Такође, доћи ће до пораста максималне тежине у популацији. Ето прилике за једно мало истраживање.

Е па добро, дотакао сам тему "кухиња", што се од мене и тражило. Ајде сада да се вратимо правим мрежама без скале, оне су ипак нешто једноставније од наше мреже дебелих. Могао бих да наставим да вам причам о мрежама глумаца, но можемо, разноликости ради, да пређемо и на неку другу такву мрежу - све су оне описане готово идентичним математичким формализмом, чак им се и експоненти γ не разликују много (најчешће се крећу између 2 и 3). Заправо најинтересантније је то колики је број разноликих система који су добро описани оваквим мрежама. Број је толико велики да мреже без скале постају нова парадигма у физици, а физика шире пипке тамо где јој пре није било место<sup>2</sup>.

Где се све крију мреже без скала? Мреже рутера на интернету се овако понашају, као и мреже линкова на веб страницама. И веб (буквално) има своје хабове. Топологијом веба доминирају Google и слични који су по-

<sup>2</sup>Ово само показује шта се све добија када проширите скуп алата. До недавно су социјални или финансијски системи, на пример, имали "другачији мирис" од физике. Веровало се да уобичајени математички опис ових феномена није баш користан. Ако данас погледате колико лекари, економисти, и разни друштвењи почињу да цитирају физичарске часописе видете да се нешто сасвим узбудљиво и ново десило. Физика је проширила скуп својих алата, а тиме и скуп области за које је она релевантна.

везани са огромним бројем докумената дуж целе мреже. Као и мрежа глумаца и веб простор је пример малог света - просечно удаљење између било која два документа на вебу је тренутно 13 (такозани пречник веба) и расте изузетно споро са порастом мреже (логаритамски). Поред рачунарских мрежа постоји још пуно примера мрежа без скала: ланци исхране у екосистемима имају овакву топологију, исто важи за високонапонске мреже, за мреже пријатељства, исто понашање је карактеристично и за процес стварања планетарних система<sup>3</sup>.

Постоји још пуно система који се могу описати овим мрежама, а њихов број расте из дана у дан. Тако је ове године и секс (како хетеросексуални, тако и хомосексуални) постао део физике. Група лекара је након анализирања мреже сексуалних партнера у Британији и Зимбабвеу дошла до закључка да секс нема карактеристичну дужинску скалу. Прецизније речено: вероватноћа да у фиксном временском периоду имате одређени број различитих сексуалних партнера је степена функција од тог броја. Разни сегменти популације су описани различитим експонентом  $\gamma$ , за жене (како хомо- тако и хетеросексуалне) су добили експонент око

<sup>3</sup>Иначе, наша група у Лабораторији за примену рачунара у науци на Институту за физику се, између остalog, бави и испитивањем процеса стварања планетарних система кроз процес гравитационе акреције. Ово је у суштини веома сличан процес ономе који смо малопре разматрали а који се тиче дистрибуције гојазности. И у процесу стварања планета важи да "дебели постају још дебљи" - што је већа маса једне протопланете то она успешније отима расположиви околни материјал од других протопланета, чиме постаје још масивнија. Сличност са гојазношћу код људи је очигледна. Разлика је у томе што су, за разлику од људи, планете практично вечне. Јупитер не плаћа никакве здравствене пенале зато што је дебео. Зато су планете ипак једноставније од људи.

3, за хетеросексуалне мушкице је експонент око 2.5, док хомосексуални мушкици имају експонент 1.6, што ће рећи имају далеко највећи промискуитет.

Различите вредности за експонент  $\gamma$  воде до великих разлика у изгледу ових мрежа и њиховим особинама. Код гравитационе кондензације протопланетарног материјала овај експонент контролише шта ће на крају остати да кружи око звезде - да ли ће то бити нешто налик великом прстену астероида или ће се оформити прави планетарни систем сличан нашем, или у том систему неће бити ничег сем гасних џинова или ће се целокупни расположиви протопланетарни материјал кондензовати у једно једино тело (двојна звезда). Једнако важне последице имају и разлике у експоненту везаном за сексуални промискуитет, бар кад се посматрају болести које се преносе сексуалним путем као што је AIDS. Испоставља се да у овом контексту експонент чија је вредност у интервалу између 2 и 3 спречава да се болест неконтролисано прошири баш на читаву мрежу. Случај  $\gamma < 2$ , међутим, нема ту особину.

На примеру мреже глумаца смо открили важну особину свих мрежа без скале - да описују тзв. мале светове, тј. да је код њих увек мали број скокова од једног до другог чвора мреже. Замислите на шта се то своди када посматрате мреже промискуитета. Кад се следећи пут прошетате улицом можда ћете успутне пролазнике гледати на сасвим другачији начин - знајући да једни са другима делите много више него што сте мислили.

# Квадратна брзина

Пише: Бранислав Цветковић

## Пример 1

Да би полетео авион Боинг 737 мора да развије брзину 360 m/s. Авион се налази на почетку писте дужине 2 km. Колико мора да буде минимално убрзање авиона да би он безбедно полетео? Претпоставити да се авион креће равномерно убрзано.

Минимално убрзање које обезбеђује безбедно полетање одређује се из услова да авион до полетања прелази пут једнак дужини писте. Да бисмо решили овај задатак одредимо најпре средњу брзину авиона током његовог кретања на писти. Средња брзина авiona је  $v_s = v/2$ . Време кретања авиона по писти је

$$t = \frac{s}{v_s} = \frac{2l}{v}.$$

Тражено минимално убрзање авиона је

$$a = \frac{v}{t} = \frac{v^2}{2l} = 2,5 \frac{m}{s^2}.$$

Поступак искоришћен за решавање претходног примера се може уопштити. Дакле, задатак је да се нађе формула која повезује почетну и крајњу брзину, убрзање и пређени пут за равномерно убрзано кретање. Време трајања кретања одређујемо из формуле за средњу брзину:  $t = s/v_s$ . Како је средња брзина за равномерно убрзано кретање једнака полузвију почетне и крајње брзине, то је:

$$v_s = \frac{v_0 + v}{2}.$$

Дакле време кретања је

$$t = \frac{2s}{v + v_0}.$$

Ако сада добијени израз заменимо у формулу која повезује почетну и крајњу брзину ( $v = v_0 + at$ ) добија се:

$$v = v_0 + \frac{2as}{v + v_0}.$$

Сређивањем претходног израза добија се жељена формула

$$v^2 = v_0^2 + 2as.$$

Она се често назива и формула за квадратну брзину. У случају равномерно убрзаног кретања без почетне брзине добија се:  $v^2 = 2as$ . За равномерно успорено кретање је:

$$v^2 = v_0^2 - 2as.$$

Овај израз се може извести на сличан начин као и случају равномерно убрзаног кретања, или се до овог резултата може доћи директно ако се има у виду да се равномерно успорено кретање може посматрати као равномерно убрзано са убрзањем које има негативну вредност. Коришћење ових формула знатно поједностављује решавање задатака што се може видети и на следећем примеру.

## Пример 2

Након уочавања полицијског аутомобила возач је смањио брзину са  $v_0 = 108 \text{ km/h}$  на  $v = 72 \text{ km/h}$ . Током кочења аутомобил је прешао пут од  $s = 100 \text{ m}$ . Ако претпоставимо да се аутомобил кретао равномерно успорено одредите успорење аутомобила.

$$(Pemehje: a = 2,5 \text{ m/s}^2)$$

# k-рачун, увод у специјалну теорију релативности

Пише: Душко Латас

**A**јнштајнова специјална теорија релативности (СТР) појавила се пре готово сто година. Њене идеје су пресудано утицале на наше разумевање простора и времена. Некада се сматрало да те идеје крше принципе "здравог разума", али данас је јасно да "здрав разум" с почетка двадесетог века није био у праву. У међувремену, СТР је постала призната научна теорија потврђена многобројним експериментима. Данас постоји неколико алтернативних објашњења (модела) који на "здраворазумски" начин објашњавају идеје СТР-а. Можда је у томе најелегантнији и најуспешнији *k*-рачун.

Пре него што се упознамо са *k*-рачуном, подсетићемо се постулата СТР. Као што је познато, СТР се базира на два постулата.

Први је Принцип специјалне теорије релативности:

*Сви инерцијални посматрачи су равноправни.*

То значи да ако један инерцијални посматрач врши одређене експерименте он долази до одређеног физичког закона. Сваки други инерцијални посматрач који врши иста посматрања у свом систему мора доћи до истих физичких законова.

Други постулат је константност брзине светlosti.

*Брзина светlosti је истиа у свим инерцијалним системима.*

Овај постулат је последица експерименталних чињеница. У многобројним експериментима мерена је брзина светlosti у инерцијалним системима и увек је добијен исти резултат (у оквиру грешке)  $c = 299\,792\,458.0$  m/s. Врло често се уместо тачне вредности за брзину светlosti користи приближна вредност  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.

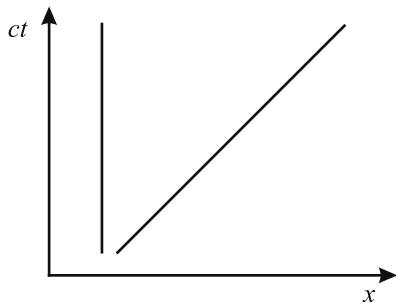
Постојање ове константе сугерише на могућност мерења дужине помоћу часовника. Замислимо да имамо посматрача који жели да измери растојање до неког објекта. Он може да мери то растојање користећи лењир, али исто тако он може растојање да измери користећи ласер и часовник. Наиме, мерећи време потребно светлосном зраку да оде до објекта и да се врати, посматрач може да закључи колико је растојање до објекта, јер зна брзину простирања светлосног сигнала  $c$ . Ми ћемо претпоставити да наш посматрач има ласер и часовник.

Мерећи просторне и временске координате тела, посматрач мери догађаје. Интуитивно, догађај је нешто што се деси у ограниченој делу простора у кратком временском трајању. Математичка идеализација овог концепта је да догађаје представљамо тачкама у координатном систему чије су координате осе просторне и временске координате. Јасно је да је скуп догађаја којима описујемо тело непрекидна линија на просторно-временском дијаграму. Та линија назива се светска линија.

Због једноставности, радићемо у две димензије, једној временској и једној просторној. Уопштавање на више димензија је праволинијско, али онемогућује цртање на листу папира. Договорићемо се да просторну координату, коју ћемо звати  $x$ , стављамо на хоризонталну осу координатног система. На вертикалну осу ћемо стављати временске координате, али да би координатни систем био димензионо усаглашен, временску координату можемо помножити са брзином светlostи, тако да ће вертикална оса бити  $ct$ .

Овај координатни систем ћемо звати просторно-временски дијаграм.

Сада ћемо конструисати први просторно-временски дијаграм (слика 1). Да видимо како изгледају светске линије посматрача који мирује и светлосног сигнала. У првом случају светска линија је вертикална јер како време пролази, посматрач не мења просторну координату, а у другом случају то је права која заклапа угао  $45^0$  са координатним осама. Пошто тело не може да се креће брже од светlostи, светске линије материјалних тела су криве чије тангенте увек заклапају са вертикалном осом угаљ мањи



Слика 1.

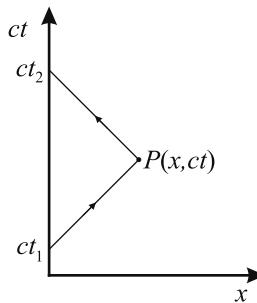
од  $45^0$ .

Узмимо сад инерцијалног посматрача А и размотримо како он одређује координате неког догађаја  $P(x,ct)$ . Он шаље светлосни сигнал у тренутку  $t_1$ , а прима повратну информацију у тренутку  $t_2$ . На основу слике 2 јасно је да су координате догађаја

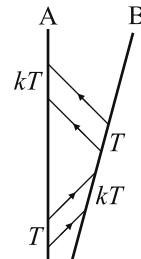
$$(x, ct) = \left( \frac{1}{2}c(t_2 - t_1), \frac{1}{2}c(t_2 + t_1) \right). \quad (1)$$

Претпоставимо сад да имамо два инерцијална посматрача: А који мирује и В који се креће брзином  $v$  у односу на А (слика 3). Светска линија посматрача А је равна линија. Нека А шаље два светлосна сигнала ка В, при чему је интервал између слања ова два сигнала  $T$  (мерено А часовником). В прима та два сигнала, али пошто се креће од А време између пријема сигнала мерено В часовником није више  $T$ , већ је сразмерно са  $T$ , и износи рецимо  $kT$ .

Шта види посматрач В? Он види да се А удаљава константом брзином  $v$ . На основу принципа релативности, уколико он пошаље два светлосна сигнала међу којима је интервал  $T$  (мерено В часовником), на А они ће бити раздвојени временом  $kT$  (наравно, мерено А часовником).



Слика 2.



Слика 3.

Фактор  $k$  којег смо увели назива се  $k$ -фактор и представља основ модела. По њему се модел назива  $k$ -рачун. Јасно је да ће  $k$ -фактор зависити само од карактеристика релативног кретања система В у односу на А. А пошто је В инерцијалан, онда постоји само једна карактеристика тог кретања, а то је релативна брзина  $v$  два система. Дакле,  $k$ -фактор може да зависи само од брзине и не мења се у времену, јер је и релативна брзина константна.

Размотримо ситуацију са слике 4: Посматрач А мирује, а В се креће константном брзином  $v$ . У тачки О ова два посматрача се сусрећу. Тад синхронизују часовнике тако што их ресетују на нулу. Када на часовнику А прође време  $T$ , он пошаље светлосни сигнал ка В. В прима светлосни сигнал и очитава време примања сигнала. На основу дефиниције  $k$ -фактора његов сат показује време  $kT$ . Чим прими сигнал, он пошаље повратни сигнал ка А, који долази до А у тренутку  $k(kT)=k^2T$  (мерено А часовником). Користећи (1) са  $t_1=T$  и  $t_2=k^2T$  добијамо да су координате дугађаја  $P$  (мерено у систему А)

$$(x, ct) = \left( \frac{1}{2}c(k^2 - 1)T, \frac{1}{2}c(k^2 + 1)T \right). \quad (2)$$

Дугађај  $P$  није ништа друго до један просторно-временски положај посматрача В, на основу чега се добија да је релативна брзина посматрача В у односу на А

$$v = \frac{x}{t} = \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1}c.$$

Решавањем последње једнакости по  $k$  добија се

$$k = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}. \quad (3)$$

Како што смо очекивали,  $k$  зависи само од  $v$ ! Сад смо се снабдели формализмом којег можемо да примењујемо на различите ситуације.

### Закон сабирања брзина

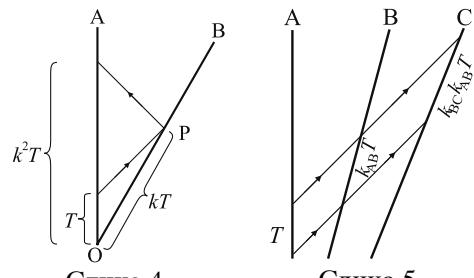
Размотримо ситуацију са слике 5. Овде имамо три посматрача А, В и С. Нека је  $v_{AB}$  релативна брзина посматрача В у односу на А, а  $k_{AB}$  је одговарајући  $k$ -фактор ( $v_{BC}$  и  $v_{AC}$ , тј.  $k_{BC}$  и  $k_{AC}$  су дефинисани на истоветан начин). Опет претпостављамо да је  $T$  време између слања два сигнала мерено А часовником. На В ти сигнали долазе раздвојени временом  $k_{AB}T$  (мерено на В). Овог пута, сигнали настављају свој пут и долазе до С. Колико ће бити временско раздвајање између два сигнала? Са једне стране то је  $k_{BC}(k_{AB}T)$  а са друге стране (ако посматрамо само А и С)  $k_{AC}T$ , из чега следи

$$k_{AC} = k_{AB}k_{BC}.$$

Користећи (3), из последњег израза следи

$$v_{AC} = \frac{v_{AB} + v_{BC}}{1 + \frac{v_{AB}v_{BC}}{c^2}},$$

а ово је позната формула за слагање брзина. Ето, на интересантан начин смо добили познат резултат. Елегантно, зар не?

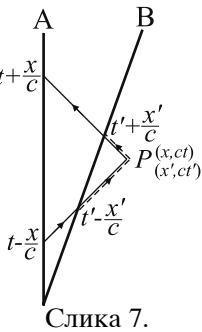
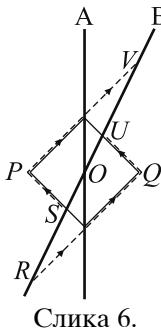


Слика 4.

Слика 5.

## Релативност истовремености

Размотримо два догађаја  $P$  и  $Q$  (слика 6). Са становишта посматрача  $A$ , они су истовремени, јер се дешавају у истом тренутку, на једнаком растојању од  $A$  али са супротних страна. Посматрач  $A$  ће то установи тако што ће у произвољном тренутку послати два светлосна сигнала на супротне стране (један према  $P$ , други ка  $Q$ ). Повратни сигнали ће до посматрача  $A$  стићи у истом тренутку, што је и разлог његовог тврђења да се оба догађаја дешавају истовремено. Уведимо сад посматрача  $B$ . То је инерцијални посматрач који се у тренутку када се десе  $P$  и  $Q$  (са становишта  $A$ ) сусреће са  $A$ . Шта он каже о времену појављивања  $P$  и  $Q$ ? Да би регистровао догађај  $Q$  он у  $R$  шаље светлосни сигнал ка  $Q$ . Повратни сигнал од  $Q$  до њега долази у  $U$ . Догађај  $P$  посматрач  $B$  региструје тако што у  $S$  пошаље сигнал ка  $P$  а повратни сигнал региструје у  $V$ . На основу реченог (погледајте слику)  $B$  тврди да се  $Q$  дешава пре  $P$  јер је ка  $Q$  пре послата и пре добијена информација. (За вежбу, нађите време дешавања  $P$  и  $Q$  са становишта посматрача  $B$ ). Интересантно, зар не?



Слика 7.

## Лоренцове трансформације

До сада смо видели како се долази до важних резултата СТР-а. Сви ти резултати су последица релативистичких веза између просторних и временских координата различитих инерцијалних посматрача. Те везе се зову Лоренцове трансформације (ЛТ). Сад ћемо добити ЛТ помоћу  $k$ -рачуна?

Опет имамо посматрача  $A$  који мирује и  $B$  који се у односу на њега креће константном брзином  $v$  (слика 7). У почетном тренутку  $A$  и  $B$  се налазе у истој тачки  $O$  и њихови часовници тада показују нулу (према томе, они су синхронизовани). Размотримо произвољан догађај  $P$  чије су просторно-временске координате  $(x, ct)$  са становишта посматрача  $A$ , односно  $(x', ct')$  са становишта посматрача  $B$ . Да би измерио просторно-временске координате  $(x, ct)$  догађаја  $P$ , посматрач  $A$  је морао да пошаље светлосни сигнал ка  $P$  у тренутку  $t_1=t-x/c$  а рефлексовани зрак прима у  $t_2=t+x/c$  (проверите на основу (2)). Пошто је  $B$  такође инерцијални посматрач за њега важе исти закључци: он шање сигнал ка  $P$  у тренутку  $t'_1=t'-x'/c$  а рефлексовани зрак прима у  $t'_2=t'+x'/c$ . Пошто су часовници  $A$  и  $B$  синхронизовани, онда је

$$t' - \frac{x'}{c} = k(t - \frac{x}{c}), \quad t + \frac{x}{c} = k(t' + \frac{x'}{c}).$$

Односно, кад се дати изрази реше по  $t'$  и  $x'$  користећи (3) добијамо добро познате ЛТ када се координатни систем креће у правцу  $x$ -осе брзином  $v$

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, \quad x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

Надам се да сте сад задивљени. И надам се да сте научили нешто интересантно.

# Суперхероји

Пише: Иван Јевић

**A**ко волите филмове са суперхеројима сигурно сте приметили да се за порекло њихових моћи често користе научна објашњења. Суперхероји су настали крајем 60-их и почетком 70-их година XX века када је интерес за науку и научне проналаске био веома велики. Оно што је магија некада представљала за старе јунаке то је наука за суперхероје. Њих има неколико врста. У прву групу спадају они који су рођени са натприродним моћима као што су Супермен, који је на Земљу дошао са планете Криптон или Блејд који је полу-вампир јер је његову мајку вампир напао док је Блејд био у stomaku. Другу групу чине обични људи, често научници, који су током неуспешног експеримента мутирали и тако добили своје моћи. Такви су, рецимо, Спајдермен и Хулк. Трећу групу чине они који немају никакве супермоћи, који су најобичнији људи али који у борби против зликоваца користе разна супер-помагала која су сами измислили. Најбитнији лик из ове групе је Бетмен. Сада ћемо да видимо научну подлогу за различите супермоћи. Почећемо од најпознатијег - Супермена.

Схвативши да његова родна планета Криптон треба сваког часа да експлодира Суперменов отац је лансирао свог сина у свемир у свемирском броду. После краћег лутања Супермен, је слетео на Земљу. Криптон је био планета величине планете Јупитер из нашег сунчевог система. Ова



Суперхероји  
пред полазак  
у акцију

планета је имала уранијумско језgro које се после експлозије претворило у радиоактивни (и срећом измишљени) елемент криптонит. У контакту са криптонитом Супермен ослаби и изгуби своје моћи. С обзиром да је сличан Јупитеру на Криптону је много јача сила гравитације него на Земљи. Због тога је Супермен могао да подигне камион још као беба. Његови мишићи су били прилагођени на много јачу гравитацију. Исто као што астронаути на месецу могу да скачу у великим скоковима од по десетак метара јер је тамо гравитација шест пута мања него на Земљи. У стрипу је објашњено да део својих моћи Супермен добија и од Сунца. Описи Криптона нам говоре да је то била планета са доста прашине у атмосфери која је спречавала њихово сунце да допре до тла. Дошаоши на Земљу, Супермен је почeo да користи сунчеву енергију као што то биљке раде у процесу фотосинтезе да би сакупио огромну снагу која му је потребна у борби против зликоваца. Једино није јасно зашто носи црвене гаће преко панталона?!? (више о Супермену прочитајте у МФ#92)

Спајдермен је постао човек-паук када је на часу у средњој школи присуствовао демонстрацији радиолошке технологије. Тада га је ујео паук који је предходно био изложен радијацији. Од тада се његове руке и ноге лепе за зидове што му омогућава да се пење уз њих као паук. Али како то пауци чине? Они као и Спајдермен имају на својим удовима милионе микроскопских длачица којима испуњавају сваку пукотину на зиду. А што се тиче мреже у стрипу, Питер Пракер, како је Спајдерменово име, је сам изумео мале кутијице које му стоје на зглобу и из којих искаче мрежа док је у филму ту способност развио спонтано. Паукова мрежа, иако изгледа крхко, заправо је сразмерно јача и од челика. Наиме, може да издржи 280 милиона килограма по квадратном метру а да се не покида. Научници покушавају да је примене као медицински материјал, свемирску опрему или за прављење непробојних панцира. Међутим, проблем је што се паукова мрежа не може планско узгајати јер паукови показују тенденцију да поједу један другог.

Нуклеарни физичар Брус Бенер је радио за америчку војску на пројектовању нове 'гама' бомбе када је, због излагања зрачењу, постао Хулк - велико зелено чудовиште. Један од твораца Хулка је добио идеју за стрип након што је видео жену која је подигла аутомобил да би спасила своје дете које је било испод кола. У тренутцима стре-са човек може да уради ствари за које нормално не би имао снаге. Ово је узроковано лучењем хормона као што су адреналин и тестостерон. То може повећати снагу мишића док један други хормон који се зове

ендорфин може ублажити бол од оваквог напрезања што све заједно може учинити да тело делује ван својих природних ограничења.

Магнето из филма X-Мен је суперхерој који може да контролише електромагнетна поља што значи да може да помера предмете од метала и производи електрицитет. Слична техника се користи код 'Маглев' возова који левитирају изнад шина. Такви возови се могу покренути са мање енергије јер нема губитака од трења које имају обични возови.

Дердевил је херој који је остао слеп када му је радиоактивни отпад упао у очи. Међутим не само да су његова остала чула постала много развијенија већ је развио и неку врсту радарске способности која му замењује чуло вида. Дердевил може уз помоћ слуха да процени на којој су раздаљини предмети од њега. Та способност позната је у природи код неких животиња као што су делфини и слепи мишеви и зове се 'еколокација'. Од одјека једног звука од неког предмета може се установити колико је удаљен тај предмет као и од ког је материјала или да ли се креће и којом брзином. Радар функционише на овом принципу само што користи радио таласе уместо звучних.

Стрипови и филмови о суперхеројима имају много више везе са науком него што се чини на први поглед. Ако ништа друго бар изазивају знатижељу. Зар се никада нисте питали како Супермен лети или како се Спајдермен пентра по зградама? Можда ћете бавећи се физиком закључити да све то и није могуће. Али ако и не постанете много паметнији бар вам неће бити досадно.

# Јужна Кореја, земља јутарње тишине

## Олимпијска прича

Пише: Огњен Илић

...Стара кинеска њословница каже "И јуј од хиљаду миља њочиње једним кораком". Пуј њашег тима, на 35. Међународну олимпијаду из физике, одвео нас је безмало 5000 миља од куће, на далеки исйтак све до ћрадића Поханга, на иситочној обали Јужне Кореје. Да ли је тај први корак био 13. јула у 12 сајми када смо се укриали на авион Аерофлота за Москву и започели њуштовање, или да је свако од нас појединачно начинио још много ћре, можда на свом првом тајмичењу из физике, оситаје да се види. Једино што је сигурно јесте да смо сви у током јутру искрено уживали...

Одмах по слетању на нови сеулски аеродром Инчеон, који је свечано отворен за светско првенство у фудбалу 2002. године, осетили смо атмосферу Јужне Кореје. Сам аеродром, веома модеран, прометан, али опет некако миран и потпуно уклопљен у амбијент, је права слика земље и града у коме се налази. За Кореју се каже да је јединствени спој традиције и модерног начина живота. Иако дом компанија

јама попут Самсунг, LG, Даеву, Киа... Кореја је и земља са бурном историјом, богатом културом и обичајима.

Једна од основних одлика становника Кореје, јесте њихова љубазност која се среће на сваком кораку почев од таксиста, продајца, ситних трговаца па све до обичних пролазника на улици. Такође у Кореји ћете тешко најти на нерадника. Људи су изузетно дисциплиновани, а радна недеља је међу најдужим у свету!

Наш први сусрет са Корејанцима се дододио кад смо ушли у такси. Возио нас је симпатични, омалени Корејанац који је био импресиониран нашом висином и наочитошћу. Непрестано је узвикувао: "You are very handsome boys, handsome boys..." То нам је било врло симпатично, па смо тај сусрет овековечили. Наш случајни пријатељ - так-

Као и сваке године, екипа наше земље за олимпијаду је састављена на основу резултата савезног такмичења које је ове године одржано крајем маја у ОШ "Милош Црњански" у Београду. И по први пут се дододило да су изабрани ученици из исте школе - Математичке гимназије из Београда и то: Огњен Илић, ученик трећег разреда, Милан Жежељ, матурант, Дејан Розгић, ученик трећег разреда, Лука Трифуновић, такође ученик трећег разреда и Златко Емеђи, матурант. Ако се томе дода да је и у екипи Босне и Херцеговине био један ученик Математичке гимназије - Жарко Витомир, онда је успех гимназије још већи. Професори пратиоци били су Мићо Митровић и Андријана Жекић са Физичког факултета у Београду, као и Наташа Каделбург и Весна Рапаић, професори физике у Математичкој гимназији.

иста нам је на свом енглеском (уз помоћ прстију) рекао да Сеул има 7 хиљада становника, а да је просечна плата 17 милиона долара, наравно, мешајући хиљаде и милионе. Нама је то било јако симпатично, па смо прихватили игру одговоривши му да Србија има "8 хиљада" становника, али да је просечна плата "20 милиона". Не знајући о којој валути се ради, он је почeo да хвали нашу привреду. Његовом одушевљењу није било краја. Пустили смо га да живи у заблуди.

На олимпијадама из физике Јужна Кореја учествује од 1992. године и од тада су у самом светском врху. По правилу њихови ученици долазе изузетно добро припремљени и мотивисани, а разлог томе је одличан систем образовања коме се поклања пуно пажње и средстава. Након освојеног другог места на прошлогодишњој олимпијади на Тајвану, Кореја је са посебним амбицијама исчекивала и припремала се за почетак ове олимпијаде.

Само место на којем је одржана олимпијада био је POSTECH универзитет (Pohang



University of Science and Technology) који се налази недалеко од самог Поханга. О реномеу ове институције најбоље говори подatak да је универзитет неколико пута биран за најбољи научно-технолошки универзитет у читавој Азији.

Одмах по доласку у Поханг упознали смо нашу водичицу - деветнаестогодишњу Јо Хјун Канг, студенткињу медицине у Лондону. Њен примарни и најважнији задатак, као и осталим водичима, је био да нам у сваком тренутку буде на располагању и да преко ње комуницирамо са Корејанцима чији енглески није био тако добар као њен и да се побрине да будемо на одговарајућем месту у одговарајуће време.

Иако нам се испрва чинила мало хладна, до краја такмичења Јо је постала "шести" члан екипе. Била је ту са нама и када смо се радовали и када смо били нерасположени. Толико смо постали везани за тих пар дана да нас је на одласку испратила сузама док смо улазили у авион.

Првог дана олимпијаде пристижу екипе



земаља учесница. На овој олимпијади је било 337 такмичара из 73 земље, по први пут са свих континената. Ту је било још око 200 вођа екипа и посматрача, као и пар стотина људи задужених за организацију. Судећи по броју учесника, ово је била највећа олимпијада из физике. Управо због тога пред организаторима је био тежак посао да учине да све протекне у најбољем реду. На обострано задовољство, и њихово а и самих учесника, тај циљ је у потпуности испуњен. Говори на церемонији затварања садржали су само речи хвале за све који су на било који начин допринели да 35. Олимпијада из физике буде догађај о коме ће се причати.

Као и свака олимпијада и ова је је била веома захтевна за такмичаре. Сваки дан је био прецизно испланиран, тачно се знало када се и где иде, што је такмичарима оставило врло мало слободног времена.

Другог дана на програму је била свечана церемонија отварања такмичења. Церемонија је одржана у свечаној сали Дома културе и уметности града Поханга. Поред



Светски, а наши!

учесника, отварању су присуствовали представници Владе Републике Кореје, познати научници и истакнути истраживачи из читавог света. Након културно-уметничког програма и уводних говора чланова организационог комитета, уследило је представљање сваке од земаља учесница. У кратком дефилеу на бини, свака екипа је имала прилику да на свој начин поздрави присутне.

О значају једне такве манифестације као што је Олимпијада из физике довољно говори чињеница да већ неколико година уназад и сами председници земаља домаћина присуствују отварању такмичења. Тако се на отварању ове године појавио и Мо-Хјун Ро, председник Републике Кореје. У свом говору он је поздравио све такмичаре и истакао је важност и неопходност сарадње младих људи у науци на глобалном нивоу.

Сутрашњи дан, 17. јул, је био предвиђен за теоријске задатаке. По устаљеном правилу три задатка су се решавала укупно пет сати. Први задатак се односио на осциловање металног диска у кондензатору, други на понашање еластичног балона у земљиној атмосфери, док су се у трећем задатку испитивале особине нано-микроскопа. Задаци су били занимљиви али и веома захтевни. Било је заиста много делова и подзадатака и урадити све то за само пет сати захтевало је изузетну концентрацију. Након исцрпујућег теоријског дела, на свима се дало приметити олакшање на лицу јер је ипак први део такмичења био завршен.

Поподне је била организована посета POSCO-у, великој челичани и једном од главних спонзора олимпијаде. Са својих 20 хиљада запослених и годишњом производ-

њом од 28 милиона тона челика, POSCO је трећа челичана у свету. Упознали смо се са процесом производње челика, а вероватно најзанимљији је искрето била је посета POSCO-вом музеју. Веома модерно опремљен музеј, са видео и звучним ефектима од којих нам је застao дах, сведочи о мукотрпном развоју Јужне Кореје, која се уздигла од потпуно разрушене земље до светског лидера у многим областима. Могло би се рећи да је производња гвожђа и челика упоредо са муњевитим развојем електронике главни разлог наглог успона Кореје од шездесетих година 20. века па све до данас.

Са завршеним теоријским делом претходног дана, а експериментом заказаним за сутрадан, уследио је дан паузе, резервисан за обиласке. Најпре смо били на облизијој плажи. Касније су за нас мајстори теквондоа, древне борилачке вештине пореклом из Кореје, извели своје тачке. Чак су и сами учесници имали прилику да науче основне покrete у теквондоу.

Сутрадан, 19. јула, радили смо експериментални задатак. Наша екипа је била у по-подневној групи, тако да смо преподне обилазили POSTECH универзитет. Свакако цен-

трални део обиласка је био POSTECH-ов акцелератор честица и центар за био-техничка истраживања.

Не може се рећи да нисмо били импресионирани оним што смо видели, али наше мисли су ипак биле фокусиране на експеримент који нас је чекао у другом делу дана.

Експериментални задатак се састојао у одређивању непознатих карактеристика механичке "црне кутије". Сама "кутија" је у ствари била непрозирна, затворена метална цев, у чијој унутрашњости се налазила куглица повезана двема опругама за крајеве цеви. Задатак је био да се, наравно без отварања цеви, одреди маса куглице и коefицијенти еластичности опруга. Иако теоријски одлично замишљен експеримент, практично се није тако показао. Неки од нас су имали проблема са апаратуром тако да је наш општи утисак после експеримента био негативан и очекивали смо релативно мали број поена. Наша страховања су се касније и обистинила; нико од нас није имао више од 11 поена од могућих 20 колико носи експеримент.

У сваком случају било је разлога за радоње. Такмичарски део олимпијаде је био





завршен и сви смо сада у потпуности могли да уживамо у предстојећим данима.

До краја олимпијаде имало је још шта да се види и уради. Посетили смо Гјонгџу, древни град и ризницу културе Кореје. Основан још пре нове ере, Гјонгџу је био главни град Шила династије, а уједно и центар будистичке културе Кореје. Једно вече смо били гости у корејској породици. Пробали смо храну припремљену на традиционални начин и мало боље се упознали са обичајима наших домаћина. Присуствовали смо и предавању професора Роберта Б. Лафлина, добитника Нобелове награде за физику 1998. и једног од професора на POSTECH-у. Тема предавања је била "Самоорганизација материје", а професор Лафлин је на неформалан и духовит начин покушао да нам приближи предмет свог истраживања.

У међувремену организована је једна веома интересантна манифестација, *POSCO Creativity Festival*. То је било такмичење у

прављењу летилица где је задатак био да се уз помоћ добијеног материјала за сат времена направи летилица што веће масе која ће што дуже да пада са висине од 15 метара. Број поена се рачунао по следећој формулам:

$$(1 - e^{-m/350g}) \cdot (1 - e^{-t/5s}),$$

где је  $m$  маса летелице, а  $t$  време њеног падања са 15 метара. Понуђени материјал се састојао од парчета картона и стиропора, неколико балона различитих облика, сламки, маказа, лепљиве траке, жице, пумпе за балоне, завртња. Имали смо потпуну слободу у креирању летелице. Трудили смо се да наша летелица има што већу површину, да би отпор ваздуха био што је могуће већи. И успели смо, пре свега захваљујући тимском раду. У помоћ су нам притецли и земљаци из БиХ, који су нам поклонили један њихов балон, јер је наш, несрћним случајем пукao. У конкуренцији 65 земаља и још 19 корејских тимова, освојили смо друго место, одмах иза екипе Русије. Награде су нас пријатно изненадиле - сви смо добили по дигитални фотоапарат!



## Резултат наше екипе

Што се успеха наше екипе тиче, освојене су три медаље и две похвале:

Огњен Илић - сребрна медаља  
 Милан Жежељ - бронзана медаља  
 Лука Трифуновић - бронзана медаља  
 Златко Емеђи - похвала  
 Дејан Розгић - похвала

Опште је мишљење да се овогодишњи резултат може сматрати добрым пошто је то други по успеху резултат од када наша земља учествује на овом такмичењу.

За овакав добар резултат првенствено су заслужни сами ученици, али треба поменути и професоре физике у Математичкој гимназији који већ годинама предају и са пуно ентузијазма раде са талентованим ћацима. Пре свега велике заслуге припадају професорки Наташи Чалуковић, која има чак три своја ученика у овој петочланој екипи, а затим наравно и

Наташи Каделбург и Весни Рапаић, професоркама осталој двојици ученика.

Такође никако не треба изоставити Ненада Вукмировића, бившег ученика математичке гимназије и бившег "златног" олимпијца, који је током школске године држао веома квалитетне припреме из физике у Математичкој гимназији, а потом нас, заједно са Браниславом Цветковићем, припремао на Физичком факултету у Београду.

Велику захвалност дuguјемо и вођама екипе, Мићи Митровићу и Андријани Жекић, који су успешно борили наше интересе пред међународном комисијом.

Оно што је вероватно занимљиво јесте упоредити наше резултате са резултатима земаља из региона. Убедљиво смо испред свих земаља бивше Југославије, осталих земаља Балкана (осим Румуније и Мађарске) али и од многих земаља западне Европе (Италије, Француске, Енглеске, Шпаније, Швајцарске...).

Више о резултатима може се видети на:  
[www.ipho2004.or.kr](http://www.ipho2004.or.kr)

екрану пратили смо видео исечке о свему што се догађало претходних дана. Поново смо, на емотиван начин, проживели тих десетак дана који ће се памтити читав живот. Кулминација вечери био је велики ватромет који је попут звезда обасјао небо изнад града.

Сутрадан је био полазак. Нас је очекивао напоран лет, поново преко Москве, довољно дугачак за сређивање утисака. На аеродрому смо се опростили од свих пријатеља које смо упознали уз наду да ће нам се путеви поново укрстити.

Домаћин следеће олимпијаде је Саламанка (Шпанија).

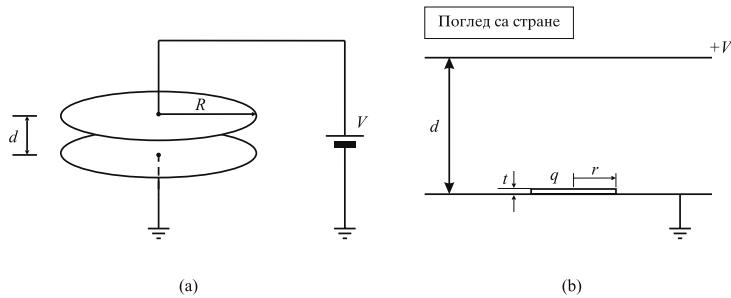
### Задаци са 35. Међународне олимпијаде из физике – Поханг, Кореја

Доносимо вам теоријске задатке са овогодишње олимпијаде из физике. Задатке је припремио и превео члан олимпијске екипе Милан Жежель. Решења ових задатака, као и експериментални задаци са решењима биће објављени у наредним бројевима. Уколико сте нестрпљиви, задатке можете пронаћи и на сајту олимпијаде <http://www.ipho2004.or.kr>



#### Теоријски задатак 1: "Пинг - понг" отпорник

Кондензатор се састоји од две кружне паралелне плоче истих полупречника  $R$  које се налазе на међусобном растојању  $d$ , при чему је  $d \ll R$ , као што је приказано на слици 1(a). Горња плоча је повезана са извором константног напона и налази се на потенцијалу  $V$ , док је доња плоча уземљена. Затим је танак мали диск масе  $m$ , полупречника  $r (\ll R, d)$  и дебљине  $t (\ll r)$  постављен на средину доње плоче, као што је приказано на слици 1(b). Претпоставимо да је између плоча вакуум диелектричне константе  $\epsilon_0$ ; да су плоче и диск направљени од савршених проводника; и да се сви електростатички ефекти крајева могу занемарити. Индуктивитет цelog кола и релативистички ефекти могу бити занемарени. Такође занемарити индуковање наелектрисања у проводнику, услед приближавања наелектрисаног диска (метод ликова).



Слика 1: Шема (а) плочастог кондензатора везаног за извор константног напона и (б) поглед са стране на паралелне плоче кондензатора са малим диском убаченим у кондензатор (детаљи су дати у тексту).

- [1.2 поена] Израчунајте електростатичку силу  $F_p$  између плоча које се налазе на растојању  $d$ , пре уношења диска између њих, као што је приказано на сл. 1(a).
- [0.8 поена] Када је диск постављен на доњу плочу, наелектрисање  $q$  на диску са сл. 1(b) повезано је са напоном  $V$  као  $q = \chi V$ . Изразити  $\chi$  преко  $r$ ,  $d$  и  $\epsilon_0$ .
- [0.5 поена] Паралелне плоче леже нормално на униформно гравитационо поље  $g$ . За подизање диска, који је на почетку мириоа, треба повећати примењени напон изнад граничног напона  $V_{th}$ . Наћи  $V_{th}$  у зависности од  $m$ ,  $g$ ,  $d$  и  $\chi$ .

- г) [2.3 поена] Када је  $V > V_{\text{th}}$ , диск се креће горе-доле између плоча. (Претпоставите да се креће само у вертикалном правцу, остављујући све време хоризонталан). Судари диска и плоча су нееластичин са реституционим кофицијентом  $\eta = v_{\text{after}}/v_{\text{before}}$ , где су  $v_{\text{before}}$  и  $v_{\text{after}}$  редом брзине диска непосредно пре и непосредно после судара. Плоче су све време непокретне. Брзина диска непосредно после судара са доњом плочом са временом се приближава стабилној вредности  $v_s$ , која зависи од  $V$  на следећи начин:

$$v_s = \sqrt{\alpha V^2 + \beta}.$$

Одредите кофицијенте  $\alpha$  и  $\beta$  и изразите их у функцији од  $m$ ,  $g$ ,  $\chi$ ,  $d$  и  $\eta$ . Претпоставите да диск равномерно и истовремено целом својом површином додирује плочу, тако да се комплетна размена наелектрисања одиграва тренутно при сваком судару.

- д) [2.2 поена] Након достизања стабилне вредности  $v_s$ , временски усредњена вредност струје  $I$  кроз кондензатор може да се апроксимира са  $I = \gamma V^2$  ако је  $qV \gg mgd$ . Изразите кофицијент  $\gamma$  преко величина  $m$ ,  $\chi$ ,  $d$  и  $\eta$ .
- ђ) [3 поена] Када се примењени напон  $V$  смањује (јако споро), постоји критични напон  $V_c$  испод кога наелектрисање престаје да протиче. Одредите  $V_c$  и одговарајућу струју  $I_c$  и изразите их у функцији од  $m$ ,  $g$ ,  $\chi$ ,  $d$  и  $\eta$ . Поредећи  $V_c$  са граничним напоном  $V_{\text{th}}$  разматраним под (в), напратајте грубо  $I(V)$  зависност када  $V$  расте и када опада у опсегу од  $V = 0$  до  $3V_{\text{th}}$ .

### Теоријски задатак 2: Подизање балона

Гумени балон напуњен хелијумом подиже се високо према небу, при чему притисак и температура опадају са висином. У задатку који следи, претпоставите да облик балона остаје сферан без обзира на терет који носи и занемарите запремину терета обешеног о балон. Претпоставите да је температура хелијума у балону увек једнака температуре околног ваздуха. Све гасове сматрајте идејним. Универзална гасна константа је  $R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ , моларне масе хелијума и ваздуха износе редом  $M_{He} = 4.00 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$  и  $M_A = 28.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ . Гравитационо убрзање износи  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .

#### [Део А]

- а) [1.5 поена] Нека је притисак ваздуха око балона  $P$ , а температура  $T$ . Притисак у балону је већи од притиска у околном ваздуху због површинског напона балона. Балон садржи  $n$  молова гаса хелијума и притисак унутрашњости је  $P + \Delta P$ . Одредите силу потиска  $F_B$  која делује на балон као функцију  $P$  и  $\Delta P$ .
- б) [2 поена] Једног сунчаног дана у Кореји, температура ваздуха  $T$  на висини  $z$  у односу на ниво мора била је дата са  $T(z) = T_0(1 - z/z_0)$  за опсег  $0 < z < 15 \text{ km}$ , при чему је  $z_0 = 49 \text{ km}$  и  $T_0 = 303 \text{ K}$ . Притисак и густина ваздуха на нивоу мора износили су редом  $P_0 = 1 \text{ atm} = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  и  $\rho_0 = 1.16 \text{ kg/m}^3$ . За овај опсег висина, притисак зависи од висине по формулама

$$P(z) = P_0(1 - z/z_0)^{\eta}.$$

Изразите  $\eta$  у функцији од  $z_0$ ,  $\rho_0$ ,  $P_0$  и  $g$  и израчунајте његову бројну вредност са две значајне цифре. Гравитационо убрзање сматрајте константним, независним од висине.

#### [Део Б]

Када се гумени балон сферног облика, полупречника  $r_0$  у недеформисаном стању, надува до сфере полупречника  $r (\geq r_0)$ , површина балона има додатну еластичну енергију као последицу деформације. Према поједностављеној теорији, енергија еластичне деформације на константној температури  $T$  износи

$$U = 4\pi r_0^2 \kappa RT \left( 2\lambda^2 + \frac{1}{\lambda^3} - 3 \right),$$

## ■■■ОЛИМПИЈСКИ ЗАДАЦИ

где  $\lambda \equiv r/r_0 (\geq 1)$  представља однос полупречника балона, а  $\kappa$  је константа дата у јединицама  $\text{mol}/\text{m}^2$ .

- в) [2 поена] Изразите  $\Delta P$  у функцији параметара датих у једначини за еластичну енергију  $U$  и скицирајте  $\Delta P$  у функцији од  $\lambda \equiv r/r_0$ .
- г) [1.5 поена] Константа  $\kappa$  се може одредити из количине гаса потребног за надувавање балона. На  $T_0 = 303 \text{ K}$  и  $P_0 = 1.0 \text{ atm}$ , недеформисани балон садржи  $n_0 = 12.5 \text{ mol}$  хелијума. Потребно му је укупно  $n = 3.6n_0 = 45 \text{ mol}$  за надувавање балона до  $\lambda = 1.5$  при истим  $T_0$  и  $P_0$ . Одредите параметар балона  $a$ , дефинисан као  $a = \kappa/\kappa_0$ , и изразите га у функцији  $n$ ,  $n_0$  и  $\lambda$  где је  $\kappa_0 \equiv \frac{r_0 P_0}{4RT_0}$ . Израчунајте вредност  $a$  на две значајне цифре.

### [Део В]

Балон је припремљен као под (г) на нивоу мора (надуван до  $\lambda = 1.5$  са  $n = 3.6n_0 = 45 \text{ mol}$  гаса хелијума на  $T_0 = 303 \text{ K}$  и  $P_0 = 1.0 \text{ atm} = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ). Укупна маса балона, гаса и терета окаченог о балон износи  $M_T = 1.12 \text{ kg}$ . Сада ћемо разматрати подизање балона од нивоа мора.

- д) [3 поена] Претпоставимо да се балон зауставио на висини  $z_f$  где је сила потиска изједначена са укупном тежином. Одредите  $z_f$  и однос полупречника  $\lambda_f$  на тој висини. Изразите резултат са две значајне цифре. Претпоставите да нема заношења балона, као ни истицања гаса у току подизања.

### Теоријски задатак 3: Атомска микроскопија

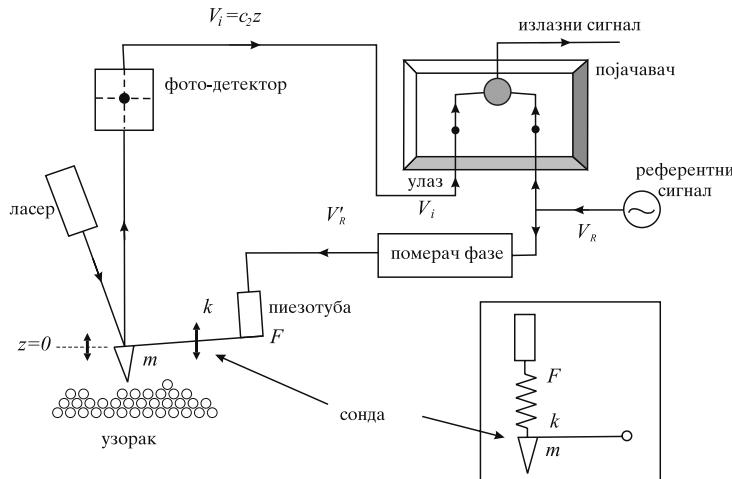
"Atomic Probe" микроскопи (APM) представљају веома значајне уређаје за истраживања у области нано-физике. Кретање сонде у APM-у прати се фотодетектором који детектује рефлектовани лазерски зрак, као што је приказано на слици 2. Сонда се може кретати само у вертикалном правцу и њено померање  $z$  у функцији времена  $t$  може се описати једначином

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + b \frac{dz}{dt} + kz = F,$$

где је  $m$  маса сонде,  $k = m\omega_0^2$  је константа еластичности сонде,  $b$  је мали коефицијент пригушења који задовољава услов  $\omega_0 \gg b/m > 0$ , а  $F$  је спољашња сила која потиче од пизоелектричне тубе (пизотубе).

### [Део А]

- а) [1.5 поена] Када је  $F = F_0 \sin \omega t$ ,  $z(t)$  које задовољава горњу диференцијалну једначину може да се напише у облику  $z(t) = A \sin(\omega t - \phi)$ , где је  $A > 0$  и  $0 \leq \phi \leq \pi$ . Изразите амплитуду  $A$  и  $\operatorname{tg} \phi$  у функцији  $F_0$ ,  $m$ ,  $\omega$ ,  $\omega_0$  и  $b$ . Израчунајте  $A$  и  $\phi$  на фреквенцији резонансије  $\omega = \omega_0$ .
- б) [1 поен] Појачавач приказан на сл. 2 множи улазни сигнал са референтним сигналом  $V_R = V_{R0} \sin \omega t$ , дајући на излазу сигнал који је производ ова два сигнала (сигнал производ). Из појачавача излази само једносмерна компонента сигнала производа (dc компонента, од direct current). Претпоставите да је улазни сигнал дат у облику  $V_i = V_{i0} \sin(\omega_i t - \phi_i)$ . Овде су  $V_{R0}$ ,  $V_{i0}$ ,  $\omega_i$  и  $\phi_i$  дате позитивне константе. Одредите услов који треба да задовољава  $\omega (> 0)$  при коме излазни сигнал није једнак нули. Напишите израз за амплитуду ненултог dc излазног сигнала производа на овој фреквенцији.
- в) [1.5 поена] Извор референтног сигнала шаље напон на појачавач и на померач фазе. Пролазећи кроз уређај за померање фазе, референтни напон  $V_R = V_{R0} \sin \omega t$  се мења у  $V'_R = V_{R0} \sin(\omega t + \pi/2)$ . Када се  $V'_R$  доведе на пизоелектричну тубу, на сонду делује сила  $F = c_1 V'_R$ . Фото-детектор претвара померање сонде  $z$  у напон  $V_i = c_2 z$ . Овде су  $c_1$  и  $c_2$  константе. Одредите амплитуду излазног dc сигнала када је  $\omega = \omega_0$ .



Слика 2: Шематски приказ АРМ-а. Додатак у доњем десном делу слике представља поједностављени механички модел који описује везу пиеzотубе и сонде.

- г) [2 поена] Мала промена  $\Delta m$  масе сонде мења резонантну фреквенцију за  $\Delta\omega_0$ . Као резултат, фаза  $\phi$  на почетној резонантној фреквенцији  $\omega_0$  се помера за  $\Delta\phi$ . Нађите промену масе  $\Delta m$  која одговара померанju фазе за  $\Delta\phi = \pi/1800$  (типична резолуција у фазним мерењима). Физички параметри сонде су  $m = 1.0 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$ ,  $k = 1.0 \text{ N/m}$  и  $b/m = 1.0 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$ . Користите апроксимацију  $(1+x)^a \approx 1 + ax$  и  $\operatorname{tg}(\pi/2 + x) \approx -1/x$ , када је  $|x| \ll 1$ .

### [Део Б]

Размотримо сада ситуацију у којој, осим сile која потиче од пиеzотубе разматране у Делу А, на сонду делују додатне сile због присуства узорка, као што је приказано на сл. 2.

- х) [1.5 поена] Претпостављајући да додатна сила  $f(h)$  зависи само од растојања  $h$  између сонде и површине узорка, може се наћи нов равнотежни положај сонде  $h_0$ . У близини тачке  $h = h_0$  можемо да напишемо  $f(h) \approx f(h_0) + c_3(h - h_0)$ , где је  $c_3$  константа независна од  $h$ . Одредите нову резонантну фреквенцију  $\omega'_0$  као функцију од  $\omega_0$ ,  $m$  и  $c_3$ .
- и) [2.5 поена] У току снимања површине хоризонталним померањем узорка, врх сонде је наелектрисан са  $Q = 6e$  и налази изнад електрона наелектрисања  $q = e$  заробљеног (локализованог у простору) на неком растојању испод површине узорка. У току померања врха сонде у близини електрона (скенирања око електрона), максимално померање резонантне фреквенције  $\Delta\omega_0 = \omega'_0 - \omega_0$  је много мање од  $\omega_0$ . Изразите растојање  $d_0$  од сонде до заробљеног електрона при максималном померању резонантне фреквенције, у функцији величине  $m$ ,  $q$ ,  $Q$ ,  $\omega_0$  и Кулонове константе  $k_e$ . Израчунавјте  $d_0$  у nm (1 nm =  $10^{-9} \text{ m}$ ) за  $\Delta\omega_0 = 20 \text{ s}^{-1}$ . Физички параметри сонде су  $m = 1.0 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$  и  $k = 1.0 \text{ N/m}$ . Занемарите било какав поларизациони ефекат на врху сонде и на површини узорка. Дате су константе  $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$  и  $e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

## **Писмени задаци**

Ако вам се задаци са Олимпијаде чине тешки, не очајавајте. Имамо ми задатке и за вас. Покушајте да урадите задатке са писмених вежби. Задатке за основну школу смо добили захваљујући љубазности Славише Станковића, професора физике у ОШ „Милош Црњански“ у Београду, а тестове за средњу школу су нам доставиле Наташа Чалуковић и Наташа Каделбург из Математичке гимназије 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. Експеримент или оглед је проучавање појава:

- a) у време њиховог трајања у природи.
- б) у посебно припремљеним условима.
- в) које се дешавају на Сунцу.
- г) настајање муње и грома.
- н) не знам

2. Механичко кретање је промена:

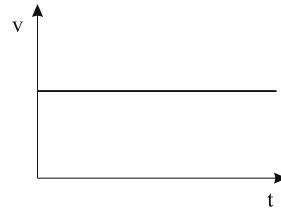
- а) облика тела у односу на друга тела.
- б) особина тела у односу на друга тела.
- в) положаја тела у односу на друга тела.
- г) величине тела у односу на друга тела.
- н) не знам

3. Пређени пут равномерно праволинијског кретања израчунава се по обрасцу:

a)  $s = \frac{v}{t}$     б)  $s = \frac{t}{v}$     в)  $s = v \cdot t$     г)  $s = v + t$     н) не знам

4. Слика приказује график:

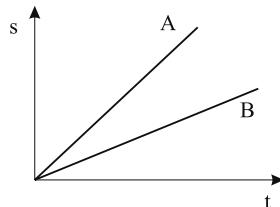
- а) брзине равномерно праволинијског кретања тела.
- б) пута равномерно праволинијског кретања тела.
- в) брзине неравномерно праволинијског кретања тела.
- г) пута неравномерно праволинијског кретања тела.
- н) не знам



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 слици су приказани графици пређених путева равномерно праволинијског кретања тела А и В.

- а) Већу брзину има тело А.
- б) Већу брзину има тело В.
- в) Брзине не могу се поуздано одредити.
- г) Брзине су једнаке.



6. Брзине два тела су  $1 \text{ m/s}$  и  $1 \text{ km/h}$ . Упоредите их!

- а)  $1 \text{ m/s} = 1 \text{ km/h}$
- б)  $1 \text{ m/s} < 1 \text{ km/h}$
- в)  $1 \text{ m/s} > 1 \text{ km/h}$
- г) брзине се не могу упоредити.

7. На слици су дати положаји камиона у једнаким временским интервалима. Кретање камиона је:

- а) равномерно праволинијско
- б) равномерно криволинијско
- в) неравномерно праволинијско
- г) неравномерно криволинијско



8. Кап воде је:

- а) супстанца
- б) физичко тело
- в) експеримент
- г) физичко поље

#### Рачунски задаци

9. Колико је времена потребно телу да пут од  $800 \text{ m}$  пређе брзином  $72 \text{ km/h}$ ? Време изразити у секундама. (10 поена)
10. Дечак за  $2 \text{ min}$  направи  $40$  корака. Колики пут ће прећи за  $10 \text{ min}$ , ако је просечна дужина корака  $50 \text{ cm}$ . (17 поена)
11. Растојање између два града износи  $60 \text{ km}$ . Истовремено пођу два аутомобила један другом у супротном правцу, брзинама  $20 \text{ m/s}$  и  $25 \text{ m/s}$ . После колико времена су се срели. (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. Убрзање је промена:

- а) времена у јединици брзине.
- б) пређеног пута у јединици времена.
- в) брзине у јединици времена.
- г) брзине у јединици пређеног пута.
- н) не знам

2. Други Њутнов закон гласи:

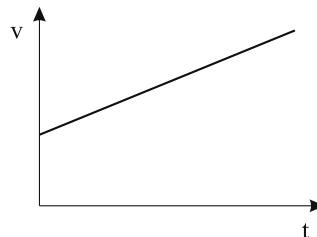
- а) Интензитет сile која делује на тело једнак је количнику масе тела и убрзања које добија деловањем сile.
- б) Интензитет сile која делује на тело једнак је збиру масе тела и убрзања које добија деловањем сile.
- в) Интензитет сile акције једнак је интензитету сile реакције, истог правца а супротног смера.
- г) Интензитет сile која делује на тело једнак је производу масе тела и убрзања које добија деловањем сile.
- н) не знам

3. Пређени пут равномерно успореног кретања израчунава се по обрасцу:

- а)  $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$
- б)  $s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$
- в)  $s = -\frac{1}{2} at^2$
- г)  $s = v_0 t - at^2$
- н) не знам

4. Слика приказује график:

- а) брзине равномерно убрзаног кретања тела без почетне брзине.
- б) брзине равномерно успореног кретања тела.
- в) брзине равномерно убрзаног кретања тела са почетном брзином.
- г) пута равномерно убрзаног кретања тела са почетном брзином.
- н) не знам



ЗАОКРУЖИТЕ ТАЧАН ОДГОВОР И ОВЛАСНИТЕ 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 чињеница поменутих при објашњењу.)

5. Камион цистерна са течномашћу на слици креће се:

- а) равнотечно успореним кретањем.
- б) равномерним кретањем.
- в) не може се поуздано одредити.
- г) равномерно убрзаним кретањем.



6. Кугле А и В имају једнаке полупречнике, а направљене су од различитих супстанци. Кугла А је направљена од гвожђа ( $\rho_{Fe} = 7800 \text{ kg/m}^3$ ), а кугла В је сачињена од алуминијума ( $\rho_{Al} = 2700 \text{ kg/m}^3$ ). Ако се обе кугле налазе у стању мirovanja, а онда на њих истовремено делује иста сила, у једнаким временским интервалима

- а) већи пут ће прећи кугла А      б) већи пут ће прећи кугла В
- в) пређени путеви су једнаки      г) пређени путеви се не могу упоредити

7. На слици су дати положаји камиона у једнаким временским интервалима. Кретање камиона је:

- а) равномерно праволинијско                  б) равномерно убрзано криволинијско
- в) равномерно убрзано праволинијско      г) равномерно успорено праволинијско



8. Кретање је равномерно-праволинијско ако је:

- а)  $v = \text{const}$  и  $a \neq \text{const}$
- б)  $v = \text{const}$  и  $a = 0$
- в)  $v \neq \text{const}$  и  $a = \text{const} \neq 0$
- г)  $v \neq \text{const}$  и  $a = 0$

#### РАЧУНСКИ ЗАДАЦИ

9. Тело се креће равномерно успореним кретањем са почетном брзином  $v_0 = 20 \text{ m/s}$  и успорењем  $a = 0,5 \text{ m/s}^2$ . После колико времена ће се тело зауставити? (10 поена)
10. Тело масе  $200 \text{ g}$  креће из стања мirovanja и за  $10 \text{ s}$  пређе пут  $125 \text{ m}$ . Колика је стална сила деловала на тело. Трење занемарити. (15 поена)
11. Тело креће из стања мirovanja и за  $5 \text{ s}$  пређе пут  $20 \text{ m}$ . Колики пут пређе наредних  $5 \text{ s}$ ? Колики је пут прешло у трећој секунди? (19 поена)

## ■■■Писмени задаци

### 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 знате не добијате поене али их и не губите.)

1. Негативно наелектрисано тело има већи број:

- a) протона од електрона.
- б) електрона од неутрона.
- в) протона од неутрона.
- г) електрона од протона.
- н) не знам

2. Јачина електричног поља једнака је:

- а) производу електричне сile која у датој тачки делује на неко тачкасто наелектрисање и количине тог наелектрисања.
- б) количнику количине наелектрисања у датој тачки и електричне сile која делује на неко тачкасто наелектрисање.
- в) количнику електричне сile која у датој тачки делује на неко тачкасто наелектрисање и количине тог наелектрисања.
- г) збиру електричне сile која у датој тачки делује на неко тачкасто наелектрисање и количине тог наелектрисања.
- н) не знам

3. Електрична сила по Кулоновом закону израчунава се по формулама:

а)  $F = \pm k \frac{q_1 q_2}{r^2}$     б)  $F = \pm \frac{q_1 q_2}{r^2}$     в)  $F = \pm k \frac{q_1 + q_2}{r^2}$     г)  $F = \pm k \frac{q_1 q_2}{r}$     н) не знам

4. Капацитет проводника бројно је једнак:

- а) производу количине наелектрисања проводника и његовог потенцијала.
- б) односу количине наелектрисања проводника и његовог потенцијала.
- в) односу потенцијала проводника и његове количине наелектрисања.
- г) разлици потенцијала проводника.
- 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. Наелектрисано тело масе  $m$  налази се између наелектрисаних плоча. Да би се успоставила равнотежа, тј. да би тело мировало између плоча, горња плоча треба да буде обавезно наелектрисана:

- a) позитивном врстом наелектрисања.
- б) негативном врстом наелектрисања.
- в) супротном врстом наелектрисања од наелектрисања тела.
- г) обавезно истом врстом наелектрисања као што је наелектрисање тела.

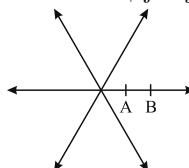
---



---

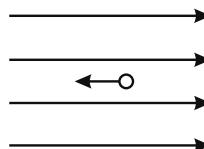
6. На слици је приказано електрично поље тачкастог наелектрисања. Тачка А налази се на растојању  $r$  а тачка В на растојању  $2r$  од наелектрисања. Потенцијал у тачки А је

- а) мањи два пута од потенцијала у тачки В.
- б) већи два пута од потенцијала у тачки В.
- в) исти као у тачки В.
- г) потенцијали се не могу упоредити.



7. Електрон улеће у електрично поље као што је приказано на слици. Кретање електрона је:

- а) равномерно праволинијско.
- б) равномерно убрзано криволинијско.
- в) равномерно убрзано праволинијско.
- г) равномерно успорено праволинијско.



8. Од тела наелектрисања  $+5e$  одвоји се део наелектрисања  $-2e$ . Колико је наелектрисање остатка тела:

- а)  $-7e$
- б)  $+3e$
- в)  $+7e$
- г)  $-3e$

#### РАЧУНСКИ ЗАДАЦИ

9. У двема тачкама електричног поља потенцијали износе  $20\text{ V}$  и  $-20\text{ V}$ . Колики је напон између тих тачака? (10 поена)
10. Колико се пута промени електрична сила ако се количине наелектрисања повећају по 2 пута а растојање између њих самњи 2 пута. (16 поена)
11. Између две наелектрисане хоризонталне плоче удаљене  $10\text{ cm}$  једна од друге лебди наелектрисана честица масе  $2 \cdot 10^{-8}\text{ g}$ . Количина наелектрисања честице износи  $5 \cdot 10^{-15}\text{ C}$ . Колики је напон између плоча? (18 поена)

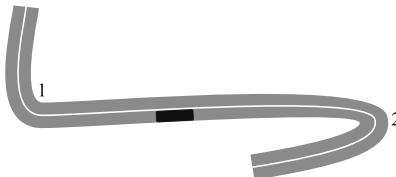
## ■■■Писмени задаци

### Тест за 1. разред

1. У којој од следећих комбинација су све три величине векторске:
- а) брзина, пут, померај
  - б) брзина, пут, убрзање
  - в) брзина, померај, убрзање
  - г) у свим датим комбинацијама
  - д) ни у једној од датих комбинација
2. Да ли је кретање тела обавезно праволинијско ако је: 1)  $\vec{v} = \text{const}$ ; 2)  $\vec{a} = \text{const}$ ?
- а) 1-да, 2-да
  - б) 1-да, 2-не
  - в) 1-не, 2-да
  - г) 1-не, 2-не
3. Које од следећих карактеристика кретања зависе од избора референтног система:
- 1) брзина;
  - 2) пређени пут;
  - 3) облик путање;
  - 4) смер кретања?
- а) само 1 и 2,
  - б) само 1, 2 и 3,
  - в) само 1, 3 и 4,
  - г) све
  - д) ниједна
4. Први чамац се креће по језеру од места А ка месту В и назад. Други чамас креће се по реци у правцу речног тока, од места С до места D и назад. Растојање између места А и В једнако је растојању између места С и D. Оба чамца имају исту брзину у односу на воду. Који чамац утроши више времена од одласка до повратка у своју базу?
- а) први,
  - б) други,
  - в) оба утроше исто време.
5. Који од датих графика одговарају кретању код којег је средња брзина за временски интервал  $t$  једнака тренутној брзини у тренутку  $t$ ?
- 
- (1)
- (2)
- (3)
- а) само 1
  - б) само 2
  - в) само 3
  - г) само 1 и 3
  - д) сва три
6. Тело почиње да се креће праволинијски из тачке А брзином  $4 \text{ m/s}$ . Убрзање тела има интензитет  $2 \text{ m/s}^2$  и смер супротан од смера почетне брзине. Како се креће тело у тренутку  $t = 3 \text{ s}$ ?
- а) од тачке А, успорено
  - б) ка тачки А, успорено
  - в) од тачке А, убрзано
  - г) ка тачки А, убрзано
7. Којом формулом је одређен пређени пут при равномерно-убрзаном праволинијском кретању:
- а)  $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$
  - б)  $s = v_0 t + \frac{a^2 t}{2}$
  - в)  $s = v_0 + \frac{at}{2}$
  - г)  $s = \frac{v^2 - v_0^2}{s}$
  - д)  $s = \frac{v^2 + v_0^2}{2a}$

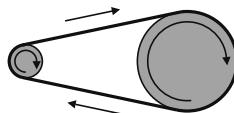
8. Аутомобил се креће сталном брзином по путу приказаном на слици. У којој кривини (1 или 2) је веће убрзање аутомобила?

- a) 1    б) 2
- в) у обе кривине је исто
- г) аутомобил нема убрзање  
јер му се брзина не мења



9. Трансмисија неке машине покреће се помоћу кајишника пребаченог преко два точка полуупречника 15 cm и 45 cm. Какав је однос фреквенција обртања тих точкова?

- а)  $f_1 = 3f_2$     б)  $f_2 = 3f_1$
- в)  $f_2 = 9f_1$     г)  $f_1 = 9f_2$
- д)  $f_1 = f_2$



10. Трамвај полази из станице са убрзањем  $0,2 \text{ m/s}^2$ . Када достигне брзину  $36 \text{ km/h}$  креће се  $2 \text{ min}$  равномерно, а затим равномерно успоравајући, пређе још  $100 \text{ m}$  до заустављања. Колика је средња брзина трамваја на том путу?

- а)  $18 \text{ km/h}$     б)  $12 \text{ km/h}$     в)  $36 \text{ km/h}$     г)  $21,5 \text{ km/h}$     д)  $29,4 \text{ km/h}$

### Тест за 2. разред

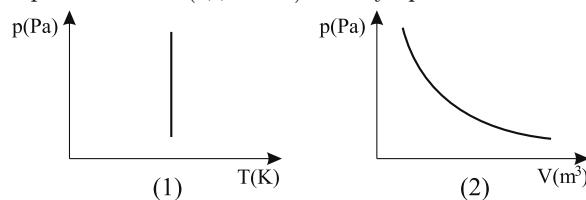
1. У суду са вентилом налази се идеалан гас који се одржава на сталној температури. Ако се испусти извесна количина гаса, средња кинетичка енергија молекула гаса ће:

- а) да се смањи;    б) остати иста;    в) да се повећа.

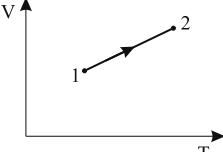
2. Ако се температура идеалног гаса повећа са  $20^\circ\text{C}$  на  $56^\circ\text{C}$ , средња квадратна брзина  $v_{kv(56)}$  ће бити

- а)  $6v_{kv(20)}$ ;    б)  $\frac{1}{6}v_{kv(20)}$ ;    в)  $1,123v_{kv(20)}$ ;    г)  $0,89v_{kv(20)}$ .

3. Која два процеса промене стања (идеалног) гаса су приказана на слици?



## ■■■Писмени задаци

- a) (1) – изотермни, (2) – изобарски    б) (1) – изохорски, (2) – изобарски  
в) (1) – изохорски, (2) – изотермни    г) (1) – изохорски, (2) – изотермни.
4. На графику је приказана промена стања идеалног гаса. При преласку из стања 1 у стање 2 притисак се:
- а) повећава;  
б) не мења;  
в) смањује.
- 
5. У једном балону је 1 kg водоника, а у другом 1 kg азота. Запремине балона су једнаке, као и њихове температуре. Ако је притисак азота  $1 \cdot 10^5$  Pa, онда је притисак водоника:
- а)  $1 \cdot 10^5$  Pa;    б)  $14 \cdot 10^5$  Pa;    в)  $28 \cdot 10^5$  Pa;    г)  $7 \cdot 10^5$  Pa.
6. По којој од наведених формула може да се израчуна притисак гаса ( $n$  – концентрација,  $m_0$  – маса молекула): (1)  $\frac{1}{2}nm_0v_n^2$ ; (2)  $\frac{2}{3}n\overline{E_k}$ ; (3)  $nkT$ ; (4)  $\frac{3}{2}kT$  ?
- а) 4;    б) 1, 3 и 4;    в) 1, 2 и 4;    г) 1, 2 и 3.

## РАЧУНСКИ ЗАДАЦИ

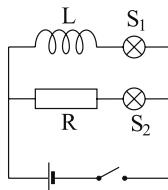
7. У затвореном суду запремине 201 налази се 6 g водоника и 12 g хелијума. Одреди притисак и моларну масу смеше ако је температура смеше 300 K.
8. У суду запремине  $0,3 l$  при температури 290 K налази се неки гас. За колико ће се смањити притисак гаса ако при испуштању гаса изађе  $10^{19}$  молекула? Температура гаса се при томе није променила.

## Тест за 3. разред

1. Јединица физичке величине, дефинисане преко силе којом међусобно делују два паралелна проводника дужине 1 m на међусобном растојању од 1 m зове се:
- а) тесла;    б) вебер;    в) ампер;    г) волт.
2. Интензитет силе којом магнетно поље делује на наелектрисану честицу која се у њему креће, рачуна се по формулама:
- а)  $\vec{F} = q\vec{E}$ ;    (б)  $F = BI\Delta l \sin \alpha$ ;    (б)  $F = vqB \sin \alpha$ ;    (г)  $\vec{F} = m\vec{a}$ .

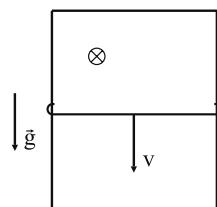
3. Нормално на линије магнетног поља у поље улећу једнаким брзинама протон и језгро атома хелијума и крећу се у њему. Ако је полу пречник путање протона  $R$ , а његов период кретања  $T$ , полу пречник и период језгра хелијума су:
- $2R, 2T$
  - $\frac{1}{2}R, \frac{1}{2}T$
  - $4R, 8T$
  - $\frac{1}{4}R, \frac{1}{8}T$
4. Ако кроз контуру индуктивности  $L$  протиче струја јачине  $I$ , магнетни флукс кроз контуру је:
- $\frac{1}{2}LI^2$
  - $LI^2$
  - $L\frac{I}{t}$
  - $LI$
5. Жичани квадрат се налази у хомогеном магнетном пољу чије су линије нормалне на квадрат. Ако се квадрат деформише у прстен, флукс магнетног поља кроз контуру се:
- смањује;
  - не мења;
  - повећава.
6. Две једнаке сијалице укључене су у коло једносмерне струје (слика). Када се затвори прекидач, максималну осветљеност прво ће постићи:

- сијалица  $S_2$ ;
- сијалица  $S_1$ ;
- обе истовремено;
- сијалица  $S_1$  ако је отпор калема мањи од  $R$ .



## РАЧУНСКИ ЗАДАЦИ

7. Кроз дугачак прав хоризонтални проводник протиче струја јачине 10 А. Испод проводника на растојању 1,5 см паралелно је постављен алуминијумски проводник кроз који протиче струја јачине 1,5 А. Колика треба да буде површина алуминијумског проводника да би стајао на истом растојању без држача? Густина алуминијума је  $2,7 \text{ g/cm}^3$ .
8. Две глатке металне шине на међусобном растојању 30 см, спојене на једном крају, постављене су у вертикалној равни (слика). Низ шине без трења може да клизи прав проводник. Систем се налази у хомогеном магнетном пољу индукције 0,1 Т. Линије поља нормалне су на раван контуре. Маса проводника је 5 g. Одреди отпор проводника ако се он креће сталном брзином 0,5 m/s. Занемарити све отпоре осталог дела контуре.



### Тест за 4. разред

1. Ко је поставио општу теорију релативности, а ко општу?
  - а) специјалну – Мајклсон и Морли, општу – Ајнштајн
  - б) специјалну – Лоренц, општу – Ајнштајн
  - в) специјалну – Ајнштајн, општу – Лоренц
  - г) обе – Лоренц, д) обе – Ајнштајн
2. Специјална теорија релативности важи за:
  - а) све референтне системе
  - б) све референтне системе који се крећу праволинијски
  - в) све референтне системе који се крећу константном брзином у односу на Земљу
  - г) инерцијалне референтне системе
  - д) неинерцијалне референтне системе
3. Референтни систем  $S'$  креће се брзином  $u$  у негативном смеру  $x$ -осе референтног система  $S$ . Трансформација  $x$ -координате неког догађаја је:
 
$$a) x = \frac{x' - ut}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad b) x = \frac{x' - ut'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad v) x = \frac{x' - ut'}{\sqrt{1 + \frac{u^2}{c^2}}} \quad g) x = \frac{x' + ut'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad d) x = \frac{x' + ut'}{\sqrt{1 + \frac{u^2}{c^2}}}$$
4. Светлосни зрак се простире дуж  $x$ -осе референтног система  $S'$ . У ком правцу и коликом брзином се простире тај зрак у референтном систему  $S$ ? (Референтни систем  $S$  креће се равномерно дуж  $x$ -осе референтног система  $S$ )
  - а) у  $xy$ -равни под оштрим углом у односу на  $y$ -осу, брзином  $c$
  - б) у правцу  $y$ -осе, брзином  $c$
  - в) у правцу  $y$ -осе, брзином  $\sqrt{c^2 - u^2}$
  - г) у  $xy$ -равни под оштрим углом у односу на  $y$ -осу, брзином  $\sqrt{c^2 + u^2}$
  - д) у правцу  $y$ -осе, брзином  $\sqrt{c^2 + u^2}$
5. Замислимо: ако би путник у возу који се креће брзином близком брзини светlosti при проласку поред станице ускладио свој сат са станичним, шта би констатовао када буде пролазио поред неке наредне станице? (Наравно, претпоставимо да су и путников и станични сат тачни.)
  - а) станични сат касни у односу на путников сат
  - б) станични сат жури у односу на путников сат
  - в) станични сат показује исто време као путников сат
6. Две честице се крећу дуж паралелних праваца, у супротним смеровима, брзинама  $c/2$  и  $c/3$ . Колика је брзина једне честице у односу на другу

a)  $\frac{5}{7}c$     б)  $\frac{1}{7}c$     в)  $\frac{1}{5}c$     г)  $\frac{5}{6}c$     д)  $\frac{5}{12}c$

7. Какав је однос запремина једног тела када се оно креће великом брзином и када мирује?

- а) запремина је у оба случаја иста
- б) запремина је већа када тело мирује
- в) запремина је већа када се тело креће

8. Укупна енергија  $E$ , енергија мировања  $E_0$  и импулс  $p$  релативистичке честице повезани су формулом

а)  $p = \frac{1}{c}\sqrt{E_0(E + 2E_0)}$     б)  $p = \frac{1}{c}\sqrt{E(E_0 + 2E)}$     в)  $E_0 = \sqrt{E^2 + p^2c^2}$   
г)  $E_0 = \sqrt{E^2 - p^2c^2}$     в)  $E = E_0 + pc$

9. Импулс честице је  $E_0/c$ . Колика је брзина честице? ( $E_0$  је енергија мировања)

а)  $\frac{c}{\sqrt{3}}$     б)  $\frac{c}{2}$     в)  $c$     г)  $\frac{\sqrt{3}}{2}c$     д)  $\frac{c}{\sqrt{2}}$

10. Сопствено време живота честице је  $2\mu s$ . Колико временена живи таква честица у референтном систему у којем је њена кинетичка енергија дупло већа од енергије мировања?

а)  $4\mu s$     б)  $1\mu s$     в)  $6\mu s$     г)  $0,67\mu s$     д)  $18\mu s$

### Решења тестова

6. разред: 1-б, 2-в, 3-в, 4-а, 5-а, 6-в, 7-а, 8-а, 9:  $s = 40 \text{ m}$ , 10:  $s = 100 \text{ m}$  11:  $t = \frac{4000}{3} \text{ s}$

7. разред: 1-в, 2-г, 3-б, 4-в, 5-г, 6-б, 7-в, 8-б, 9:  $t = 40 \text{ s}$ , 10:  $a = 0,5 \text{ N}$  11:  $s_{5-10} = 60 \text{ m}$  и  $s_{2-3} = 4 \text{ m}$

8. разред: 1-г, 2-в, 3-а, 4-в, 5-в, 6-б, 7-б, 8-в, 9:  $\varphi = 40 \text{ V}$ , 10: 16 пута 11:  $U = 4 \cdot 10^6 \text{ V}$

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

2. разред: 1-б, 2-в, 3-г, 4-а, 5-б, 6-г, 7:  $p = 75 \text{ kPa}$  и  $M = 3 \text{ g/mol}$ , 8:  $\Delta p = 133,7 \text{ Pa}$

3. разред: 1-в, 2-в, 3-а, 4-г, 5-в, 6-а, 7:  $S = 7,55 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$ , 8:  $R = 9,2 \text{ m}\Omega$

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

## Задаци са такмичења

Ако сте успешно решили тестове са писмених ви сте потенцијални такмичар. Потребно је још само мало напора да бисте осетили страст побеђивања на такмичењима из физике. Да бисте се што

дe током читаве године.

### Општинско такмичење 2003/04.

#### Задаци за VI разред

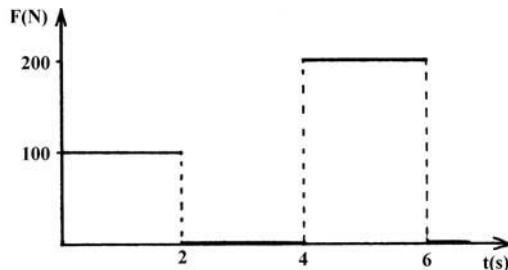
1. Никола је добио мрежицу за лов на лептире и решио да је одмах испроба. Угледао је лептира удаљеног  $50\text{ m}$  од себе и кренуо ка њему најпре полако, брзином од  $1\text{ m/s}$ . Након  $30\text{ s}$  лептир је приметио опасност и полетео брзином од  $18\text{ km/h}$  у истом правцу и смеру. Коликом брзином Никола треба да потчи да би лептира стигао за  $20$  секунди? Колика је средња брзина којом се Никола кретао у току лова на лептира?
2. Поред реке су постављени стубови телеграфске линије на једнаким међусобним растојањима. Крећући се брзином од  $6\text{ km/h}$  у односу на воду, чамац иде прво низводно, а након тога узводно, прелазећи исто растојање. У једном смеру чамац пролази поред  $11$  стубова. Колико је растојање између стубова ако се чамац низ реку креће  $1$  минут, а уз реку  $2$  минута? Колика је брзина реке?
3. Воз пређе преко моста дужине  $500\text{ m}$  за  $60$  секунди, а поред скретничара за  $10$  секунди. Израчунајте дужину воза и његову брзину (у километрима на час).
4. Мотоциклиста је  $10\text{ km}$  пута прешао за  $15$  минута, затим је брзином од  $10\text{ m/s}$  прешао  $6\text{ km}$ , а онда се пола сата кретао брзином од  $72\text{ km/h}$ . Колика је средња брзина мотоциклисте на целом путу, а колика током друге две етапе кретања (у  $\text{km/h}$ )?
5. Возило хитне помоћи и аутомобил, крећући се у истом смеру, пролазе истовремено кроз раскрсницу, при чему је брзина возила хитне помоћи  $80\text{ km/h}$ , а аутомобила  $40\text{ km/h}$ . До семафора, удаљеног  $1\text{ km}$ , возило хитне помоћи стиже у тренутку када се пали црвено светло, које траје пола минута. Да ли ће аутомобил затећи возило хитне помоћи на раскрсници?

(Млади физичар **56**)

Аутор задатака: Јубиша Нешин

## Задаци за VII разред

- Покажите да је при равномерном убрзаном кретању без почетне брзине однос путева пређених у узастопним једнаким временским интервалима  $s_1 : s_2 : s_3 \dots = 1 : 3 : 5 \dots$ , а да је однос брзина на kraју tих интервала  $v_1 : v_2 : v_3 \dots = 1 : 2 : 3 \dots$
- Тело слободно пада са висине  $h$ . Ако је познато да у току претпоследње секунде кретања тело пређе три пута веће растојање него до тада, нађите висину  $h$ .
- Дечак баци камен у празан бунар брzinom од  $2 \text{ m/s}$  (хитац наниже) и он падне на дно за  $3$  секунде. Ако је брзина звука  $10.5$  пута већа од брзине којом је камен ударио у дно бунара, нађите време кретања звука до дечака. (Млади физичар 80)
- Аутомобил масе  $m = 500 \text{ kg}$  креће се брзином  $v = 72 \text{ km/h}$ . Колики мора да буде интензитет константне силе кочења да би се аутомобил зауставио на путу од  $s = 20 \text{ m}$ ?
- Тело масе  $m = 10 \text{ kg}$  креће се под дејством силе чији је график дејства дат на слици 1. Тело је пре почетка дејства силе било у стању мirovanja. Нађите брзину тела на kraju шесте секунде кретања, као и средњу брзину тела у току првих пет секунди кретања.



У решавању задатака користите вредност убрзања Земљине теже  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,

Аутор задатака: Иван Манчев

## Задаци за VIII разред

- Наелектрисања  $q_A = 4 \text{ nC}$ ,  $q_B = -5 \text{ nC}$  и  $q_C = 9 \text{ nC}$  се налазе у теменима једнакос-траничног троугла  $ABC$ , за који је полупречник описаног круга  $2\sqrt{3} \text{ cm}$ . Колика је јачина електричног поља на средини странице  $AB$ ? ( $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ).

2. У шеми на слици 2 разлика потенцијала између тачака  $A$  и  $B$  је  $U = 6 \text{ V}$ , а капацитети кондензатора су  $C_1 = 2 \mu\text{C}$  и  $C_2 = 6 \mu\text{C}$ . Колика су наелектрисања на плочама  $q_1$  и  $q_2$  и разлике потенцијала  $U_1$  и  $U_2$  између плоча сваког кондензатора?



3. Коликом просечном брзином се крећу електрони кроз бакарну жицу пречника  $1 \text{ mm}$  када кроз њу протиче стална струја  $I = 2 \text{ A}$ ? У једном кубном центиметру бакра налази се  $n = 8.5 \cdot 10^{22}$  слободних електрона. (Млади физичар **33**)
4. Извор електромоторне силе је прикључен на отпорник отпорности  $R_1 = 3 \Omega$  и при томе се на отпорнику развија снага  $P_1 = 4 \text{ W}$ , а ако се прикључи отпорник отпорности  $R_2 = 5 \Omega$ , развијена снага износи  $P_2 = 5 \text{ W}$ . Нађите електромоторну силу извора и њену унутрашњу отпорност.
5. При редном везивању два проводника у мрежу, јачина струје је 4 пута мања него при њиховом паралелном везивању. Колики је однос отпорности та два проводника?

Аутори задатака: Срђан Ракић и Мaja Гарић

## Решења задатака за VI разред

1. Крећући се брзином  $v_1 = 1 \text{ m/s}$ , Никола је за време  $t_1 = 30 \text{ s}$  прешао пут  $s_1 = 30 \text{ m}$  и дошао на удаљеност  $d = 50 \text{ m} - 30 \text{ m} = 20 \text{ m}$  од лептира. Након времена  $t_2 = 20 \text{ s}$  Никола је сустигао лептира. За то време лептир је, крећући се брзином  $v_2 = 5 \text{ m/s}$  прешао пут  $s_2 = v_2 t_2 = 100 \text{ m}$ , а Никола брзином  $v_3$  пут  $d + s_2 = 120 \text{ m} = v_3 t_2$ . Брзина којом је морао да се креће је, дакле, једнака  $v_3 = (d + s_2) / t_2 = 6 \text{ m/s}$ . Средња брзина којом се Никола кретао у току лова на лептира је  $v_{sr} = (s_1 + d + s_2) / (t_1 + t_2) = 3 \text{ m/s}$ .
2. Крећући се у једном смеру чамац пролази поред 11 стубова, што значи да прелази пут  $s = 10l$ , где је  $l$  растојање између два стуба. Ако са  $v_1 = 6 \text{ km/h}$  означимо брзину чамца у односу на реку, а са  $v_2$  брзину реке у односу на обалу, када се чамац креће

низводно важи  $(v_1 + v_2) = 10l/t_1$ , где је  $t_1 = 60\text{ s}$ . Када се чамац креће узводно, важи  $v_1 - v_2 = 10l/t_2$ , где је  $t_2 = 120\text{ s}$ . Сабирањем добијамо  $2v_1 = 10l(1/t_1 + 1/t_2)$ , односно  $l = \frac{v_1}{5} \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = 13.33\text{ m}$ . Брзина реке се добија одузимањем горњих једначина,  $2v_2 = 10l/(1/t_1 - 1/t_2)$ , односно  $v_2 = 5l \frac{t_2 - t_1}{t_1 t_2} = v_1 \frac{t_2 - t_1}{t_1 + t_2} = 0.55\text{ m/s}$ .

3. Ако дужину воза означимо са  $l_V$ , а дужину моста са  $l_M$ , брзина кретања воза једнака је  $v = (l_V + l_M)/t_1$ , где је  $t_1 = 60\text{ s}$  време кретања воза преко моста, тј. време током кога се бар неки део воза налази на мосту. Са друге стране, брзина воза може да се изрази и као  $v = l_V/t_2$ , где је  $t_2 = 10\text{ s}$  време за које воз прође поред скретничара. Изједначавањем ова два израза и решавањем добијамо  $l_V = l_M t_2 / (t_1 - t_2) = 100\text{ m}$ . Брзина воза је  $v = l_V/t_2 = 10\text{ m/s} = 36\text{ km/h}$ .
4. Кретање има три етапе. За прву етапу познати су време  $t_1 = 15\text{ min}$  и пређени пут  $s_1 = 10\text{ km}$ , одакле је брзина  $v_1 = s_1/t_1 = 40\text{ km/h}$ . За другу етапу пређени пут је  $s_2 = 6\text{ km}$ , а брзина  $v_2 = 10\text{ m/s}$ , па је време кретања  $t_2 = s_2/v_2 = 10\text{ min}$ . За трећу етапу је време кретања  $t_3 = 30\text{ min}$ , а брзина је  $v_3 = 72\text{ km/h}$ , одакле је пређени пут  $s_3 = v_3 t_3 = 36\text{ km}$ . Средња брзина је сада  $v_{sr} = (s_1 + s_2 + s_3) / (t_1 + t_2 + t_3) = 57\text{ km/h}$ . Средња брзина током друге две етапе кретања је  $(s_2 + s_3) / (t_2 + t_3) = 63\text{ km/h}$ .
5. Возило хитне помоћи стоји на следећој раскрсници  $t_1 = 30\text{ s}$ , а време које му је било потребно да стигне до ње је  $t_2 = s/v_1 = 45\text{ s}$ , па је укупно време  $t = 75\text{ s}$ . Аутомобилу је потребно  $s/v_2 = 90\text{ s}$  да стигне до раскрснице, па неће затећи возило хитне помоћи.

## Решења задатака за VII разред

1. Пређени пут за први интервал времена  $\Delta t$  је  $s_1 = a \Delta t^2/2$ , док су за други, трећи и четврти интервал пређени путеви дати са  $s_2 = a(2\Delta t)^2/2 - a \Delta t^2/2 = 3a \Delta t^2/2$ ,  $s_3 = a(3\Delta t)^2/2 - a(2\Delta t)^2/2 = 5a \Delta t^2/2$ ,  $s_4 = a(4\Delta t)^2/2 - a(3\Delta t)^2/2 = 7a \Delta t^2/2$ . Одатле се добија да је однос пређених путева  $s_1 : s_2 : s_3 : s_4 : \dots = 1 : 3 : 5 : 7 : \dots$ . Брзине на kraју првог, другог, трећег и четвртог интервала су  $v_1 = a \cdot \Delta t$ ,  $v_2 = a \cdot 2\Delta t$ ,  $v_3 = a \cdot 3\Delta t$ ,  $v_4 = a \cdot 4\Delta t$ , па је њихов однос  $v_1 : v_2 : v_3 : v_4 : \dots = 1 : 2 : 3 : 4 : \dots$
2. Ако укупно време кретања тела означимо са  $T$ , онда је  $g(T-1\text{ s})^2/2 - g(T-2\text{ s})^2/2 = 3 \cdot g(T-2\text{ s})^2/2$ . На основу тога је  $g(T-1\text{ s})^2/2 = 2 \cdot g(T-2\text{ s})^2$ , а одатле добијамо  $(T-1\text{ s})^2 / (T-2\text{ s})^2 = 4$ , односно  $T = 3\text{ s}$ . Тражена висина је  $h = gT^2/2 = 45\text{ m}$ .
3. Висина (дубина) бунара износи  $h = v_0 t + g t^2/2 = 51\text{ m}$ . Брзина камена при удару је  $v = v_0 + g t = 32\text{ m/s}$ . То значи да је брзина звука  $u = 10.5\text{ v} = 336\text{ m/s}$ . Време кретања звука налазимо из релације  $t_1 = h/u = 0.15\text{ s}$ .

4. Како се аутомобил зауставио након пређеног пута  $s$ , важи релација  $0 = v^2 - 2as$ , одакле је  $a = v^2/2s$ , док је интензитет кочионе силе дат са  $F = mv^2/2s = 5\text{ kN}$ .
5. Убрзање тела у току прве две секунде је  $a_1 = F_1/m = 10\text{ m/s}^2$ , а брзина на крају друге секунде  $v_1 = a_1 t_1 = 20\text{ m/s}$ . Од друге до четврте секунде кретање је равномерно ( $a_2 = 0$ ) брзином  $v_1$ . Убрзање од четврте до шесте секунде је  $a_3 = F_3/m = 20\text{ m/s}^2$ , тако да је тражена брзина на крају шесте секунде  $v_3 = v_1 + a_3 t_3 = 60\text{ m/s}$ . Средњу брзину налазимо као однос укупног пређеног пута и времена за које је тај пут пређен,  $v_{sr} = (s_1 + s_2 + s_3) / (t_1 + t_2 + t_3) = (a_1 t_1^2/2 + v_1 t_2 + v_1 t_3 + a_3 t_3^2/2) / (t_1 + t_2 + t_3) = 18\text{ m/s}$ , при чему је  $t_1 = t_2 = 2\text{ s}$ , а  $t_3 = 1\text{ s}$ .

## Решења задатака за VIII разред

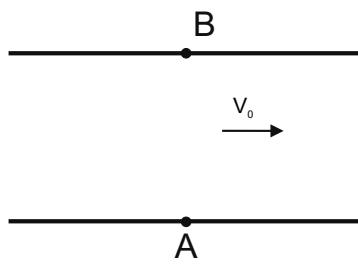
1. Јачина електричног поља тачкастог наелектрисања на растојању  $r$  је дата формулом  $E = kq/r^2$ . Страницу троугла  $a$  добијамо из формуле за полуупречник описаног круга  $R = 2h/3 = a\sqrt{3}/3$ , одакле је  $a = 3R/\sqrt{3} = 6\text{ cm}$ . Јачине поља која потичу од наелектрисања у теменима троугла су  $E_A = kq_A/(a/2)^2 = 4 \cdot 10^4\text{ V/m}$ ,  $E_B = kq_B/(a/2)^2 = -5 \cdot 10^4\text{ V/m}$ , и  $E_C = kq_C/(a\sqrt{3}/2)^2 = 3 \cdot 10^4\text{ V/m}$ . Поље које потиче од позитивног наелектрисања  $q_A$  у тачки на средини странице  $AB$  има исти смер као поље од негативног наелектрисања  $q_B$ , па је резултујуће поље јачине  $E_{AB} = E_A + |E_B| = 9 \cdot 10^4\text{ V/m}$ . Поље које потиче од наелектрисања  $q_C$  је нормално на поље  $E_{AB}$ , па је јачина поља на средини странице  $AB$   $E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_C^2} = 9.5 \cdot 10^4\text{ V/m}$ .
2. Код редног везивања кондензатора наелектрисања на плочама су једнака по апсолутној вредности,  $q_1 = q_2$ , при чему је  $q_1 = C_1 U_1$  и  $q_2 = C_2 U_2$ . Одавде је  $C_1 U_1 = C_2 U_2$ . Напон између тачака  $A$  и  $B$  је  $U = U_1 + U_2$ , одакле је  $U_1 = U - U_2$ , па је  $C_1(U - U_2) = C_2 U_2$ , односно  $U_2 = C_1 U / (C_1 + C_2) = 1.5\text{ V}$  и  $U_1 = U - U_2 = 4.5\text{ V}$ . Наелектрисања су  $q_1 = q_2 = C_1 U_1 = 9\mu\text{C}$ .
3. Пут који пређе електрон за време  $t$  крећући се просечном брзином  $v$  је  $l = vt$ . У заменини  $Sl$ , где је  $S = d^2\pi/4$  попречни пресек жице, налази се укупно  $nSl$  електрона, који заједно имају наелектрисање  $q = nSle$ . Како је јачина струје дефинисана као количина електричног тока која у јединици времена прође кроз попречни пресек проводника, и како ће кроз изабрани попречни пресек проћи сви електрони који се од њега налазе на удаљености мањој или једнакој од  $l$ , следи да је  $I = q/t = nSle/t = nSve$ . Одавде је  $v = I/nSe = 1.87 \cdot 10^{-4}\text{ m/s}$ .
4. У првом случају је  $P_1 = \mathcal{E}^2 R_1 / (r + R_1)^2$ , а у другом  $P_2 = \mathcal{E}^2 R_2 / (r + R_2)^2$ . Ако изразимо  $\mathcal{E}$  из обе једначине, следи  $(r + R_1)\sqrt{P_1/R_1} = (r + R_2)\sqrt{P_2/R_2}$ . Одавде

је унутрашњи отпор извора  $r = (\sqrt{P_1 R_1} - \sqrt{P_2 R_2}) / (\sqrt{P_2 / R_2} - \sqrt{P_1 / R_1}) = 9.9 \Omega$ . Електромоторна сила је  $\mathcal{E} = (r + R_2) \sqrt{P_2 / R_2} = 14.9 \text{ V}$ .

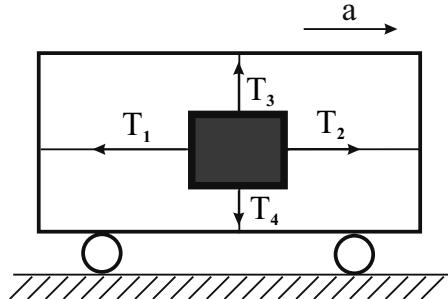
5. У редној вези јачина струје је  $I_r = U / (R_1 + R_2)$ , а у паралелној  $I_p = U(R_1 + R_2) / R_1 R_2$ . Однос ових струја је  $I_p / I_r = (R_1 + R_2)^2 / R_1 R_2 = 4$ . Ако однос отпора означимо са  $R_1 / R_2 = k$ , онда је  $(k + 1)^2 / k = 4$ . Одавде следи  $k = 1$ , односно  $R_1 = R_2$ .

### Задаци за I разред

- Два пливача треба из тачке  $A$ , на обали реке, да стигну у тачку  $B$  која се налази на супротној обали, на правој која пролази кроз тачку  $A$  и нормална је на обалу реке (слика 3). Један од њих је решио да преплива реку по правују  $AB$ , а други да све време плива нормално на ток воде, а затим да препешачи растојање за које га је вода занела у односу на тачку  $B$ . Оба пливача пливају константном брзином у односу на воду  $v = 2.5 \text{ km/h}$ . Брзина тока реке је константна и износи  $v_0 = 2 \text{ km/h}$ . При којој вредности брзине пешачења другог пливача ће обојица стићи истовремено у тачку  $B$ ?
- Тело је помоћу четири нити везано за колица (слика 4). Интензитети сила затезања нити су  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  и  $T_4$ . Колико је убрзање колица по подлози? (Млади физичар 57)



Слика 3



Слика 4

- Аутомобил се креће из Београда ка Нишу. Трећину пута прелази средњом брзином  $v_1 = 100 \text{ km/h}$ , шестину средњом брзином  $v_2 = 80 \text{ km/h}$ , а остатак средњом брзином  $v_3 = 120 \text{ km/h}$ . Одредите средњу брзину аутомобила на целом путу.
- Материјална тачка се креће по кругу полупречника  $R = 4 \text{ m}$  брзином која од времена зависи по формулама  $v(t) = A + Bt$ , где је  $A = 2 \text{ m/s}$  и  $B = 1 \text{ m/s}^2$ . Нађите тангенцијално, нормално и укупно убрзање тачке у тренутку када она пребрише угао  $\theta = \pi/4$ .

5. На тело масе  $m = 10 \text{ kg}$  које мирује на глаткој хоризонталној подлози почне да делује сила интензитета  $F = 5 \text{ N}$  чији је правац паралелан подлози. Одредите брзину тела после времена  $t = 10 \text{ s}$  од почетка кретања.

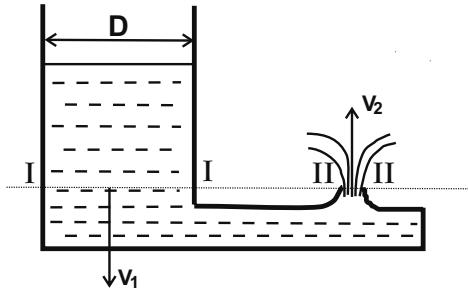
Аутор задатака: Зоран Ристивојевић

### Задаци за II разред

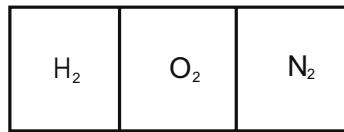
- У хоризонтално смештеној уској стакленој цеви, затвореној са једне стране, налази се стуб ваздуха који је затворен стубом живе дужине  $h = 21.6 \text{ cm}$ . Када се цев постави вертикално са отвором према горе, висина стуба ваздуха је  $h_1 = 23.8 \text{ cm}$ , а ако се постави под углом од  $30^{\circ}$  према хоризонталној равни са отвором окренутим на доле, дужина стуба ваздуха је  $h_2 = 35.9 \text{ cm}$ . Нађите атмосферски притисак и дужину стуба ваздуха у хоризонталном положају.
- Горња страна оловне коцке ивице  $a = 10 \text{ cm}$  прекривена је плутом пресека  $a^2$ .
  - Колика мора да буде висина  $h$  плуте да тело уроњено у воду лебди?
  - Колика мора да буде висина  $H$  плуте да половина запремине плуте буде изван воде?
  - Колика је густина непознате течности  $\rho$  ако тело из дела а) урања у течност половином своје укупне висине?
- Вода долази у цев фонтане из цилиндричног резервоара (слика 5) и излази кроз отвор  $II - II$  брзином  $v_2 = 12 \text{ m/s}$ . Пречник резервоара је  $D = 2 \text{ m}$ , а пречник излазног отвора фонтане је  $d = 2 \text{ cm}$ . Нађите:
  - брзину снижавања нивоа воде у резервоару  $v_1$ ;
  - притисак  $p_1$  под којим вода из резервоара улази у цев фонтане;
  - висину  $h_1$  нивоа воде у резервоару и висину  $h_2$  до које ће доспети вода по изласку из фонтане.
- При температури од  $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$  маса од  $m = 3 \text{ g}$  водоника налази се под притиском од  $p = 5.07 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Након ширења при сталном притиску, запремина гаса износи  $V_2 = 15 \text{ dm}^3$ .
  - Колики је рад извршио гас при ширењу?
  - Колика је промена унутрашње енергије гаса ако је он примио количину топлоте  $\Delta Q = 1.47 \cdot 10^4 \text{ J}$ ?

(Млади физичар 71)

5. Посуда запремине  $V = 30 \text{ dm}^3$  подељена је на три једнака дела непомичним полупропусним танким преградама (слика 6). У левом делу је  $m_1 = 30 \text{ g}$  водоника, у средњем  $m_2 = 160 \text{ g}$  кисеоника, а у десном  $m_3 = 70 \text{ g}$  азота. Кроз леву преграду може да дифунђује само водоник, а кроз десну и водоник и азот. Колики притисак ће бити у свакој од комора након успостављања равнотеже? Равнотежа се успоставља на температури  $T = 300 \text{ K}$ .



Слика 5



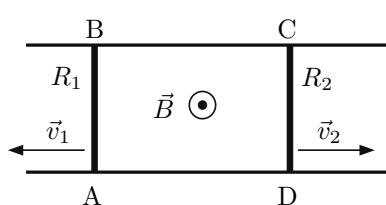
Слика 6

У решавању задатака можете користити убрзање Земљине теже  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ , универзалну гасну константу  $R = 8.314 \text{ J/mol K}$ , густину живе  $\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$ , воде  $\rho_0 = 1000 \text{ kg/m}^3$ , олова  $\rho_1 = 11400 \text{ kg/m}^3$ , и плуте  $\rho_2 = 250 \text{ kg/m}^3$ .

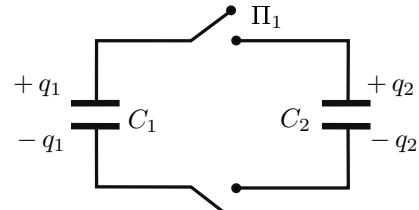
Аутор задатака: Зорица Пајовић

### Задаци за III разред

- Честица масе  $m$  и наелектрисања  $q$  налази се у тренутку  $t = 0$  у координатном почетку и има брзину интензитета  $v_0$  дуж  $x$ -осе. У области у којој се честица креће постоји константно и хомогено магнетно поље, дефинисано помоћу својих пројекција  $B_x$ ,  $B_y$  и  $B_z$  дуж координатних оса. У овој области постоји и хомогено електрично поље, при чему је позната само његова (константна) пројекција дуж  $x$ -осе,  $E_x$ . Нађите пројекције електричног поља  $E_y$  и  $E_z$  уколико је познато да се честица за  $t > 0$  креће дуж  $x$ -осе. Убрзање Земљине теже  $\vec{g}$  је паралелно са  $z$ -осом и има супротан смер.
- Две металне шипке отпора  $R_1$  и  $R_2$  клизе у супротним смеровима брzinama  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  по паралелним металним шинама занемарљивог отпора. Растојање између шина је  $d$ . Овај систем се налази у константном и хомогеном магнетном пољу  $\vec{B}$ , нормалном на раван у којој леже шине (слика 7). Одредите јачину и смер струје у колу ABCD. Израчунајте разлике потенцијала  $U_{AB}$  (између A и B) и  $U_{CD}$  (између C и D). Да ли важи  $U_{AB} = -U_{CD}$ ?



Слика 7



Слика 8

3. На плочама два равна плочасти кондензатора, капацитета  $C_1$  и  $C_2$ , налазе се наелектрисања  $q_1$  и  $q_2$  (слика 8). Покажите да ће се укупна електростатичка енергија система смањити ако паралелно спојимо кондензаторе истовременим затварањем прекидача  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Где се губи та енергија? Нађите услов при коме нема губитака енергије.
4. О еластичну опругу обешен је тас на коме се налази тег. Познато је да је период осциловања тог система  $T = 1.5$  s. Колики ће бити период осциловања  $T'$  када на тас додамо један тег, ако се при том равнотежни положај спусти за  $h = 10$  cm? За интензитет убрзања Земљине теже узети  $g = 9.81$  m/s<sup>2</sup>. (Млади физичар 80)
5. Грејна плоча решоа садржи три паралелно везана отпорника једнаких отпорности  $R = 120\Omega$ . Отпорници су помоћу жица укупног отпора  $r = 1.5\Omega$  повезани на извор наизменичне струје ефективног напона  $U = 220$  V. Нађите однос времена потребних за загревавање исте количине воде за исту температурну разлику у случају када раде сва три отпорника и у случају када је један од отпорника прегорео.

Аутор задатака: Игор Салом

### Задаци за IV разред

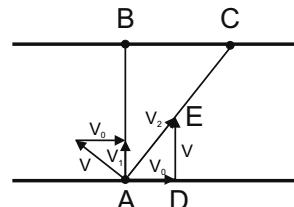
1. У бајци о релативистичким метлама, три вештице, K, L и M, испитују своје моћи телепатског одређивања пулса. Вештица K мирује, док се вештице L и M крећу на релативистичким метлама константним брzinама дуж истог правца. Вештица K каже да је њен пулс 75 откуцаја у минути, а да пулс вештице L износи 60 откуцаја у минути. Вештица L тврди обрнуто, тј. да је њен пулс 75 откуцаја у минути, а да пулс вештице K износи 60 откуцаја у минути. Вештица M каже да вештице K и L имају једнак пулс. Одредите брзине вештица L и M у односу на вештицу K ако је познато да се ни у бајкама вештице не крећу брже од светlostи.
2. Електрони убрзани напоном  $U = 1000$  V улећу у простор хомогеног магнетног поља јачине  $B = 0.01$  T. Магнетно поље је нормално на правац кретања електрона, тако да се електрони крећу по кружним путањама радијуса  $R = 1.0665$  cm. Израчунајте:

- a) однос  $e/m$  за електрон узимајући да су електрони нерелативистички;
- б) однос  $e/m$  електрона узимајући у обзир релативистичке формуле;
- в) релативну грешку при рачунању  $e/m$  помоћу нерелативистичке апроксимације.
3. Соларна константа (енергија Сунчевог зрачења која у јединици времена пада на јединицу површине Земље) износи  $S = 1.36 \text{ kW/m}^2$ . Претпостављајући да су Сунце и Земља апсолутно црна тела, израчунајте средњу температуру на површини Сунца и средњу температуру на површини Земље. Полупречник Сунца је  $R_S = 7 \cdot 10^8 \text{ m}$ , а растојање између Сунца и Земље једнако је  $R_{SZ} = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ .
4. Размотримо  $\gamma$ -квант који се комптоновски расејева уназад на мирујућем електрону. Ако је електрон после расејања ултрапрелативистички ( $E \approx p_e c$ ), докажите да енергија расејаног  $\gamma$ -кванта не зависи од енергије упадног  $\gamma$ -кванта. (Млади физичар 69)
5. Крајем XIX века Џ. Џ. Томсон је предложио модел атома популарно назван *шљиве у пудингу*. По овом моделу електрони се крећу унутар позитивно наелектрисаног језгра. Примењујући Боров услов квантовања, одредите полуупречнике стационарних орбита и брзине електрона на стационарним орбитама за модификовани Томсонов модел, по коме се електрони могу кретати по кружним путањама и унутар и изван језгра. Можете сматрати да је језгро равномерно наелектрисана лопта полуупречника  $R$ . Укупно наелектрисање језгра је  $Ze$ . За које вредности  $R$  се добијени резултати не разликују од резултата добијених у Боровом моделу?

Аутор задатака: Бранислав Цветковић

## Решења задатака за I разред

1. Пливач који плива по правцу  $AB$  у односу на обалу плива брzinom  $v_1 = \sqrt{v^2 - v_0^2}$  (слика 9), па је време за које он доплива на другу страну обале  $t_1 = \frac{AB}{v_1}$ . Други пливач, који се креће нормално у односу на ток реке, у односу на обалу плива брzinom  $v_2 = \sqrt{v^2 + v_0^2}$ . Растојање  $CB$  које он треба да препешачи добија се из сличности троуглова  $ABC$  и  $EDA$ ,  $CB = AB \frac{v_0}{v}$ . Време пливања другог пливача је  $t'_2 = \frac{AC}{v_2} = \frac{\sqrt{AB^2 + BC^2}}{v_2}$ , а време његовог пешачења износи  $t''_2 = \frac{CB}{u}$ , где је  $u$  брзина пешачења. Укупно време за које он стиже у тачку  $B$  је  $t_2 = t'_2 + t''_2 = \frac{\sqrt{AB^2 + CB^2}}{v_2} + \frac{CB}{u}$ . Ако изједначимо времена  $t_1 = t_2$ , решавањем добијамо брзину  $u = v_0 / (v / \sqrt{v^2 - v_0^2} - 1) = 3 \text{ km/h}$ .



Слика 9

2. На основу II Њутновог закона, за кретање по хоризонтали важи  $ma = T_2 - T_1$ , где је  $m$  маса тела, а  $a$  његово убрзање. У вертикалном правцу тело се не креће, па је  $T_3 = mg + T_4$ , односно  $mg = T_3 - T_4$ . Решавањем ових једначина добијамо убрзање  $a = g(T_2 - T_1)/(T_3 - T_4)$ . Тело је везано за колица, па се она крећу истим убрзањем.
3. Време које аутомобил проведе на трећини пута је  $t_1 = s / 3v_1$ , где је  $s$  укупна дужина пута. На шестини пута тело проведе време  $t_2 = s / 6v_2$ , а на преосталом делу пута  $t_3 = (s - s/3 - s/6) / v_3 = s / 2v_3$ . Средња брзина на целом путу је  $v = s / (t_1 + t_2 + t_3)$ , односно  $v = 1 / (1/3v_1 + 1/6v_2 + 1/2v_3)$ . Израчунавањем добијамо  $v = 104 \text{ km/h}$ .
4. Пошто брзина материјалне тачке зависи линеарно од времена, тангенцијално убрзање је константно и износи  $a_t = B$ . Веза између брзине и пређеног пута у случају константног убрзања је  $v^2 = v_0^2 + 2as$ . У нашем случају то значи да је  $v^2 = A^2 + 2a_ts$ . Када материјална тачка пребрише угао  $\theta$ , пређени пут је  $s = R\theta$ , а нормално убрзање је  $a_n = v^2/R = (A^2 + 2BR\theta)/R$ , па укупно убрзање тачке износи  $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{B^2 + (A^2 + 2BR\theta)^2 / R^2}$ . Одавде је  $a_t = 1 \text{ m/s}^2$ ,  $a_n = 2.57 \text{ m/s}^2$ , и  $a = 2.76 \text{ m/s}^2$ .
5. На основу II Њутновог закона, убрзање тела је константно и износи  $a = F/m$ . Пошто тело нема почетну брзину, његова брзина у тренутку  $t$  износи  $v = at = Ft/m = 5 \text{ m/s}$ .

### Решења задатака за II разред

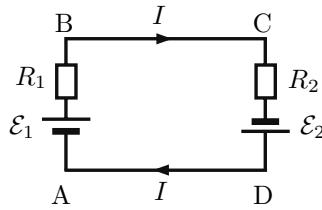
1. Када је цев постављена хоризонтално, на стуб ваздуха запремине  $V = SH$  делује само атмосферски притисак  $p = p_a$ . Када је цев постављена вертикално са отвором на горе, на стуб ваздуха запремине  $V_1 = Sh_1$  делује притисак  $p_1 = p + \rho gh$ . Пошто је температура константна, следи  $pV = p_1V_1$ , одакле је  $pSH = (p + \rho gh)Sh_1$ . Уколико је цев постављена под углом од  $30^\circ$  према хоризонталној равни са отвором на горе, на стуб ваздуха запремине  $V_2 = Sh_2$  делује притисак  $p_2 = p - \rho gh \sin 30^\circ$ . Из услова  $T = \text{const}$  следи  $pV = p_2V_2$ , односно  $pSH = (p - \rho gh \sin 30^\circ)Sh_2$ . Решавањем добијамо  $p = \rho gh(h_1 + h_2 \sin 30^\circ) / (h_2 - h_1) = 99.4 \text{ kPa}$  и  $H = (p + \rho gh)h_1 / p = 31 \text{ cm}$ .
2. Тело је у течности у равнотежи онда када је његова тежина једнака сили којом течност делује на то тело, која је једнака тежини течности коју тело истискује.
  - a) Тело састављено од олова (масе  $m_1$  и запремине  $V_1 = a^3$ ) и плуте (масе  $m_2$  и запремине  $V_2 = a^2h$ ) лебди у води ако је  $(\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2)g = (V_1 + V_2)\rho_0 g$ , одакле је  $h = a(\rho_0 - \rho_1) / (\rho_2 - \rho_0) = 1.39 \text{ m}$ .
  - b) Када пола запремине плуте вири из воде, тело је уравнотежено уколико важи  $(\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2)g = (V_1 + V_2/2)\rho_0 g$ , одакле је  $H = a(\rho_1 - \rho_0) / (\rho_0/2 - \rho_2) = 4.16 \text{ m}$ .

- в) Ако половина тела вири из течности, тада важи  $(\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2)g = \frac{1}{2}(V_1 + V_2)\rho g$ , одакле је  $\rho = 2(\rho_1 a + \rho_2 h) / (a + h) = 2000 \text{ kg/m}^3$ .
3. Поншто је  $S_1 \gg S_2$ , где је  $S_1$  пресек резервоара, а  $S_2$  пресек фонтане, ниво воде у резервоару  $h_1$  је приближно константан за кратко време, а струјање воде стационарно.
- Како је  $v_1 S_1 = v_2 S_2$ , следи  $v_1 = v_2 S_2 / S_1 = v_2 d^2 / D^2 = 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ .
  - Овде је  $p_1 + \rho_0 v_1^2 / 2 = p_2 + \rho_0 v_2^2 / 2$  и  $p_2 = 0$ , па је  $p_1 = \rho_0 (v_2^2 - v_1^2) / 2$ . Поншто је  $v_1 \ll v_2$ , следи  $p_1 = \rho_0 v_2^2 / 2 = 72 \text{ kPa}$ .
  - Како је  $p_1 = h_1 \rho g$ , следи  $h_1 = p_1 / \rho g = 7.34 \text{ m}$ , док је  $h_2 = v_2^2 / 2g = 7.34 \text{ m}$ .
4. Из једначине стања  $pV_1 = mRT_1/M_{H_2}$  за запремину гаса  $V_1$  на  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  добијамо  $V_1 = mRT_1/pM_{H_2} = 6.72 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ . Рад при ширењу је  $A = p(V_2 - V_1) = 4.2 \text{ kJ}$ , а промена унутрашње енергије је  $\Delta U = \Delta Q - A = 10.5 \text{ kJ}$ .
5. Водоник дифундује кроз обе преграде па је његов притисак исти у све три коморе,  $p_{H_2} = m_1 RT/VM_{H_2}$ . Азот дифундује само кроз десну преграду и налази се у запремини  $2V/3$ , па је његов притисак  $p_{N_2} = 3m_3 RT/2VM_{N_2}$ . Кисеоник не дифундује, па је његов притисак  $p_{O_2} = 3m_2 RT/VM_{O_2}$ . Притисци у коморама имају вредности  $p_1 = p_{H_2} = 1.25 \text{ MPa}$ ,  $p_2 = p_{H_2} + p_{O_2} + p_{N_2} = 2.81 \text{ MPa}$ , и  $p_3 = p_{H_2} + p_{N_2} = 1.56 \text{ MPa}$ .

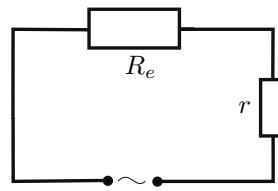
### Решења задатака за III разред

- Једначина кретања описане честице дата је са  $m\vec{a} = q\vec{v} \times \vec{B} + q\vec{E} + mg$ , где је  $\vec{a}$  убрзање честице, а  $\vec{v}$  њена брзина. Према условима задатка, оба ова вектора имају само  $x$ -компоненте. Пројекција једначине кретања на  $x$ -осу је  $ma_x = qE_x$ , одакле видимо да честица има константно убрзање дуж  $x$ -осе. Дакле, интензитет брзине честице је  $v = v_x = v_0 + a_x t = v_0 + qE_x t/m$ . Дуж  $y$ -осе имамо  $0 = -qv_x B_z + qE_y$ , па је  $E_y = v_x B_z = B_z (v_0 + qE_x t/m)$ . Пројекција једначине кретања дуж  $z$ -осе је  $0 = qv_x B_y + qE_z - mg$ , одакле следи  $E_z = mg/q - v_x B_y = mg/q - B_y (v_0 + qE_x t/m)$ .
- На слободне електроне у шипкама АВ и СД делује Лоренцова сила и помера их у правцу тачке А, односно у правцу тачке С. На крајевима шипки индукују се електромоторне силе  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$  које узрокују појаву електричне струје у посматраном колу, са смером ABCDA. Еквивалентна шема дата је на слици 10. Електромоторне силе су  $\mathcal{E}_1 = \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} = \frac{Bdv_1 \Delta t}{\Delta t} = Bdv_1$  и, слично,  $\mathcal{E}_2 = Bdv_2$ . Јачина струје у колу износи  $I = \frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2}{R_1 + R_2} = Bd \frac{v_1 + v_2}{R_1 + R_2}$ . Из Омовог закона за део струјног кола следи  $U_{AB} = IR_1 - \mathcal{E}_1$  и  $U_{CD} = IR_2 - \mathcal{E}_2$ , одакле је  $U_{AB} = Bd \frac{v_1 + v_2}{R_1 + R_2} R_1 - Bd v_1 = Bd \frac{v_2 R_1 - v_1 R_2}{R_1 + R_2}$ , као и  $U_{CD} = Bd \frac{v_1 + v_2}{R_1 + R_2} R_2 - Bd v_2 = Bd \frac{v_1 R_2 - v_2 R_1}{R_1 + R_2}$ . Сада је очигледно да важи  $U_{AB} = -U_{CD}$ .

3. Пре затварања прекидача укупна електростатичка енергија система је  $E_e = \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2}$ . Након затварања прекидача успоставља се ново равнотежно стање, са новим наелектрисањима  $q'_1$  и  $q'_2$  на кондензаторима. Пошто су напони на кондензаторима једнаки, важи  $q'_1/C_1 = q'_2/C_2$ , а закон одржавања наелектрисања даје  $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$ . Решавањем овог система једначина добијамо  $q'_1 = C_1 \frac{q_1+q_2}{C_1+C_2}$  и  $q'_2 = C_2 \frac{q_1+q_2}{C_1+C_2}$ . Електростатичка енергија система кондензатора је сада  $E'_e = \frac{q'_1^2}{2C_1} + \frac{q'_2^2}{2C_2} = \frac{(q_1+q_2)^2}{2(C_1+C_2)}$ . Ако израчунамо разлику енергија  $E_e - E'_e$ , добијамо  $E_e - E'_e = \frac{(q_1C_2 - q_2C_1)^2}{2C_1C_2(C_1+C_2)}$ . Одавде се види да заиста важи  $E_e \geq E'_e$ . Губици енергије потичу од рада уложеног на премештање наелектрисања са једног на други кондензатор приликом успостављања новог развотежног стања. Губитака нема уколико важи  $q_1C_2 = q_2C_1$ . Тада је  $q'_1 = q_1$  и  $q'_2 = q_2$ , па заправо нема премештања наелектрисања, а самим тим ни губитака енергије.
4. Пре додавања другог тега важи  $T = 2\pi\sqrt{M/k}$ , где је  $M$  маса првог тега и таса, а  $k$  коефицијент еластичности опруге. Када додамо други тег, имамо  $T' = 2\pi\sqrt{(M+m)/k}$ , где је  $m$  маса другог тега. Одавде је  $T'^2 = 4\pi^2(M+m)/k$ , а како је  $T^2 = 4\pi^2M/k$ , следи  $T'^2 = T^2 + 4\pi^2m/k$ . Спуштање равнотежног положаја за  $h$  изазвано је тежином другог тега,  $mg = kh$ , одакле је  $m/k = h/g$ . Коначно,  $T' = \sqrt{T^2 + 4\pi^2h/g} = 1.6$  s.
5. Еквивалентан отпор три паралелно везана отпорника отпорности  $R$  (слика 11) једнак је  $R_e = R/3$ . Ефективна јачина струје у колу је  $I = U/(R_e+r)$ , док је струја  $I'$  која тече кроз сваки од отпорника дата са  $I'R = IR_e$ , односно  $I' = I/3 = U/(R+3r)$ . Укупна снага која се ослобађа на сва три отпорника је  $P_3 = 3I'^2R = 3U^2R/(R+3r)^2$ . Слично, у случају када један отпорник прегори, добијамо ослобођену снагу  $P_2 = 2U^2R/(R+2r)^2$ . Како је веме потребно за загревање воде при истим условима обрнуто пропорционално снази грејача, тражени однос времена је  $P_2/P_3 = 2(R+3r)^2 / 3(R+2r)^2 = 0.68$ .



Слика 10



Слика 11

### Решења задатака за IV разред

- Обележимо сопствена времена између два откуцаја срца вештица K, L и M редом са  $\tau_{KK}$ ,  $\tau_{KL}$  и  $\tau_{LM}$ . Време између лва откупаја српа вештице L, које мери вештица

К је  $\tau_{LK} = \tau_{LL}/\sqrt{1 - v_L^2/c^2}$ . Брзина вештице L је  $v_L = c\sqrt{1 - \tau_{LL}^2/\tau_{LK}^2} = 3c/5$ . Из исказа вештице M следи  $\tau_{KM} = \tau_{LM}$ , па је  $\tau_{KK}^2/(1 - v_M^2/c^2) = \tau_{LL}^2/(1 - v_{ML}^2/c^2)$ , одакле је  $v_M = |v_{ML}| = \sqrt{|v_M - v_L|/(1 - v_M v_L/c^2)}$ . Решења су  $v_M = c$  (што нема физичког смисла) и  $v_M = \frac{c^2}{v_L^2}(1 - \sqrt{1 - v_L^2/c^2})$ . Пошто мора да важи  $v_M < c$ , решење са знаком ње одбацијемо, и добијамо коначно  $v_M = c/3$ .

2. a) Кинетичка енергија електрона након убрзавања је  $mv^2/2 = eU$ . За кретање електрона у хомогеном магнетном пољу важи  $mv^2/R = evB$ . Специфично наелектрисање електрона у нерелативистичком приступу износи  $(\frac{e}{m})_{ner} = 2U/R^2B^2$ . Заменом нумеричких вредности добија се  $(\frac{e}{m})_{ner} = 1.75836 \cdot 10^{-11} \text{ C/kg}$ .
  - б) Уколико су електрони релативистички, важи  $mc^2/\sqrt{1 - v^2/c^2} - mc^2 = eU$ . За кретање оваквих електрона у магнетном пољу важи  $evB = mv^2/R\sqrt{1 - v^2/c^2}$ . Специфично наелектрисање износи  $(\frac{e}{m})_{rel} = 2U/(B^2R^2 - U^2/c^2)$ . Заменом нумеричких вредности добија се  $(\frac{e}{m})_{rel} = 1.76008 \cdot 10^{-11} \text{ C/kg}$ .
  - в) Релативна грешка је  $\delta = |(\frac{e}{m})_{rel} - (\frac{e}{m})_{ner}| / (\frac{e}{m})_{rel} = U^2/c^2B^2R^2$ , тј.  $\delta = 0.1\%$ .
3. Енергија која се емитује у јединици времена са површине Сунца је  $W = 4\pi R_S^2 \sigma T^4$ . Како је расподела енергије сферно-симетрична, то је  $W = 4\pi R_{SZ}^2 S$ . Температура на површини Сунца је, дакле,  $T_S = \sqrt[4]{R_{SZ}^2 S / R_S^2 \sigma}$ . Заменом нумеричких вредности добија се  $T_S = 5800 \text{ K}$ . Ако Земљу посматрамо као апсолутно црно тело, укупна енергија коју Земља апсорбује од Сунца једнака је укупној енергији коју Земља емитује, односно  $4\pi R_Z^2 S = 4\pi R_Z^2 \sigma T_Z^4$ , одакле је  $T_Z = \sqrt[4]{S/\sigma} = 280 \text{ K}$ .
4. Из закона одржавања енергије и импулса,  $E_\gamma = E'_\gamma + T_e$  и  $p_\gamma = -p'_\gamma + p_e$ , и чињенице да је електрон после расејања ултрапрелативистички,  $T_e = E_e - m_e c^2 = p_e c - m_e c^2$ , као и из  $E_\gamma = p_\gamma c$  следи да је енергија расејаног  $\gamma$ -кванта  $E'_\gamma = m_e c^2/2$ , што не зависи од енергије упадног  $\gamma$ -кванта.
5. За  $R < r$  електрично поље језгра може се израчунати применом Гаусове теореме,  $4\pi r^2 E(r) = Zer^3/\epsilon_0 R^3$ , тј.  $E(r) = Zer/4\pi\epsilon_0 R^3$ . За  $R \geq r$  јачина електричног поља језгра је, такође на основу Гаусове теореме,  $E(r) = Ze/4\pi\epsilon_0 r^2$ . За кретање електрона унутар језгра важи  $mv^2/r = eE(r) = Ze^2r/4\pi\epsilon_0 R^3$ . Ако се искористи Боров услов квантовања  $L = n\hbar$ , добија се  $r_n = R\sqrt{n}\sqrt[4]{\epsilon_0 h^2/\pi m e^2 R Z}$  и  $v_n = \frac{\hbar}{mr}\sqrt{n}\sqrt[4]{\pi m e^2 R Z/\epsilon_0 h^2}$ . За кретање електрона изван језгра добијају се исти резултати као у Боровом моделу,  $r_n = n^2 \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2 Z}$  и  $v_n = \frac{1}{n} \frac{Ze^2}{2\epsilon_0 h}$ . Да би се електрон кретао унутар језгра мора да важи  $r_1 < R$ , тј.  $R > \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2 Z}$ . У противном, тј. за  $R \leq \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2 Z}$  добијени резултати се не разликују од резултата добијених у Боровом моделу.

## Тест-питања из физике

У овој рубрици доносимо вам тестове из физике. Покушајте да кроз интересантне примере препознавате физичке појаве из свакодневног живота. Тестове припрема Марко Војиновић.

1. Скок са балкона у базен ће болети мање него идентичан скок са балкона на бетон поред базена, јер ће промена импулса коју осетите при удару у воду бити:

- А иста као и при удару у бетон, али ће је изазвати слабија сила која делује дуже време;
- Б мања него при удару у бетон и изазваће је слабија сила која делује дуже време;
- В мања него при удару у бетон и изазваће је слабија сила која делује исто време;
- Г већа него при удару у бетон, али ће је изазвати слабија сила која делује краће време.

2. Стојите мирно у лифту, и ташна вам мирно виси у руци. Лифт се пење, а ви вршите:

- А нулти рад на ташни, а лифт врши нулти рад на вама;
- Б позитиван рад на ташни, а лифт врши нулти рад на вама;
- В нулти рад на ташни, а лифт врши позитиван рад на вама;
- Г позитиван рад на ташни, а лифт врши позитиван рад на вама.

3. Пред вама се налази тањир сферног облика. Узимате кликер и пуштате га са ивице тањира да се скотрља на дно а затим да настави да се пење до наспрамне ивице. У тренутку када кликер пролази кроз најнижу тачку (дно) његово убрзање је усмерено:

- А наниже;
- Б унапред;
- В навише;
- Г уназад.

4. Температура чаше ледене воде (мешавина леда и воде):

- А је пропорционална односу воде и леда;
- Б зависи од укупне запремине леда и воде у чаши;
- В је  $0^{\circ}\text{C}$ ;
- Г је пропорционална односу леда и воде.

5. Живите у стану у згради облика усправног цилиндра, на деветом спрату. Ваш стан има прозор који гледа на југ и приметили сте да ваздушни притисак са спољне стране прозора зависи од правца ветра који дува. Тада притисак утиче на проток ваздуха кроз прозор. Када ветар дува од запада према истоку, притисак ваздуха са спољашње стране прозора је:

- А изнад атмосферског притиска и ваздух излази из собе;
- Б изнад атмосферског притиска и ваздух улази у собу;
- В испод атмосферског притиска и ваздух излази из собе;
- Г испод атмосферског притиска и ваздух улази у собу.

6. Постоји веза између фреквенција модова осциловања на струни виолине. Ако је основна фреквенција струне 440 Hz, онда су фреквенције прва три следећа хармоника следеће:

- А 550 Hz, 660 Hz и 770 Hz;
- Б 880 Hz, 1320 Hz и 1760 Hz;
- В 660 Hz, 880 Hz и 1100 Hz;
- Г 880 Hz, 1760 Hz и 3520 Hz.

7. Која од следећих супстанци ће помоћи да се вода смрзне на нижој температури него обично:

- А со, шећер, али не песак;
- Б со, шећер, песак;
- В со, али не шећер и песак;
- Г со, песак, али не шећер.

8. Два турбо мотора обезбеђују исти потисак избацујем ваздуха уназад. Један мотор, турбоцет, избацује малу количину ваздуха уназад великом брзином. Други мотор, турбофон, избацује велику количину ваздуха малом брзином. Оба мотора саопштавају једнак укупан импулс ваздуху који избацују сваке секунде. Током тог процеса, енергија која се преноси са мотора на ваздух је:

- А већа код турбофена типа него код турбоцета типа;
- Б нула за оба типа мотора;
- В већа код турбоцета типа него код турбофена типа;
- Г једнака за оба типа мотора, и већа од нуле.

9. Претпоставимо да извадите батерије из обичне батеријске лампе, окренете их све наопако, и вратите у лампу. Кад је укључите:
- А лампа ће светлести дупло јаче него обично, али ће убрзо затим сијалица прегорети;
  - Б лампа неће радити;
  - В лампа ће радити нормално;
  - Г лампа ће светлести дупло слабије него обично.
10. Убаците шипку од сталног магнета у веомајако магнетно поље и пустите је да се сама оријентише у смеру поља. Затим је на силу окренете за  $180^\circ$ , тако да буде оријентисана како не треба. Ако затим поново ослободите шипку:
- А она ће се окренути за  $180^\circ$  јер се размагнетисала и више није намагнетисана;
  - Б она ће се окренути за  $180^\circ$  јер се стални магнети не могу размагнетисати;
  - В она ће остати да мирује јер је размагнетисана и намагнетисана на супротну страну;
  - Г она ће остати да мирује јер је размагнетисана и више намагнетисана.
11. Ако у левој руци држите мирно позитивно наелектрисање, а у десној северни магнетни пол, тада наелектрисање:
- А делује силом усмереном на лево на магнетни пол;
  - Б не делује никаквом силом на магнетни пол;
  - В делује силом усмереном на десно на магнетни пол;
  - Г делује силом усмереном на горе на магнетни пол.
12. Док изолатор не дозвољава никакво протицање електричне струје, полупроводник понекад дозвољава проток. Ова особина полупроводника зависи од температуре. Термална енергија делује на електроне тако да:
- А и валентна и проводна зона буду попуњене;
  - Б валентна зона буде попуњена, а проводна зона празна;
  - В проводна зона буде попуњена, а валентна зона празна;
  - Г валентна зона има пар празних нивоа, а проводна зона пар попуњених.

Решења:

1-А, 2-Г, 3-В, 4-В, 5-В, 6-Б, 7-А, 8-В, 9-В, 10-В, 11-Б, 12-Г

## Наградни задаци

У рубрици „Наградни задаци” у сваком броју ћемо објављивати по пет задатака за сваки разред. Најдамо се да ће вам ови задаци бити интересантни и да ћете их са задовољством решавати. Шаљите нам ваша решења поштом или мејлом. Имена свих ученика који успешно буду решавали задатке биће објављивана у наредним бројевима Младог физичара, а најуспешнији ученици се на крају циклуса могу надати вредним наградама. Рок за слање задатака из првог циклуса је 20. новембар 2004. године. Желимо вам пуно успеха.

У овом броју, задатке за основну школу је припремио Бранислав Цветковић, аутор задатака за први разред средње школе је Бојан Николић, за други разред задатке је саставила Зорица Пајовић, а задаци за трећи и четврти разред су дело Ненада Вукмировића.

### Задаци за 6. разред

- О6-1. Бетонски базенчић који се налази на дечијем игралишту има облик квадра. Унутрашње димензије базенчића су  $2\text{ m} \times 1\text{ m} \times 50\text{ cm}$ . Колико кубних метара песка може да стане у базенчићу? Колико зрна песка може да стане у базенчићу? Сматрати да зрно песка има облик конке странице  $0,05\text{ mm}$ .
- О6-2. Зец и корњача одлучили су да се тркају на  $128\text{ m}$ . Корњача је одлучила да штеди снагу и да се током читаве трке креће брзином  $10\text{ cm/s}$ . Да би учинио трку занимљивијом зец је решио да сваке секунде пређе по половину преосталог растојања до циља. Одредите положаје зeca и корњаче  $5\text{ s}$  након старта трке. Колико времена ће протећи до тренутка када зецу преостане  $1\text{ m}$  до циља? Ко ће победити у трци, зец или корњача? Образложите одговор.
- О6-3. Дужина покретних степеница у робној кући је  $45\text{ m}$ . Ако је стрпљивом купцу који мирује у односу на степенице потребно  $15\text{ s}$  да стигне на врх одредити брзину степеница. Коликом брзином у односу на степенице мора да се креће продавац, који касни на посао, да би стигао на врх за  $5\text{ s}$ ?
- О6-4. Теретни воз који превози угаљ састоји се од дизел локомотиве и  $13$  једнаких вагона дужине  $10\text{ m}$ . Воз прође кроз тунел дужине  $1658\text{ m}$  за  $2\text{ min}$ . Ако је брзина воза стална и износи  $36\text{ km/h}$  одредити дужину дизел локомотиве.
- О6-5. Младожења је кренуо колима према цркви. Он је израчунао да неће закаснити на венчање ни у случају да средња брзина његовог аутомобила током кретања од куће до цркве буде само  $20\text{ km/h}$ . Због радова код хале Београдска арена на првој трећини

## ■■■наградни задачи

пута средња брзина аутомобила којим се креће младожења је била само  $10 \text{ km/h}$ . На другој трећини пута због застоја насталог због проласка стране делегације средња брзина његовог аутомобила је била свега  $5 \text{ km/h}$ . Колика мора да буде минимална средња брзина младожења на преосталом делу пута да он не би закаснио на сопствено венчање?

### Задаци за 7. разред

- O7-1. Теретни вагон ширине  $2,4 \text{ m}$  креће се равномерно, брзином  $15 \text{ m/s}$ . Неопрезни ловац је промашао фазана и погодио вагон. Правац кретања метка био је нормалан на правац кретања вагона. Отвори на зидовима вагона померени су за  $12 \text{ cm}$  један у односу на други. Одредити средњу брзину метка током кретања између зидова вагона.
- O7-2. Дечак трчи по парку сталном брзином  $4,5 \text{ m/s}$ . У једном тренутку дечак је случајно нагазио на шапу пса који мирно спава на травњаку. Пас се одмах пробудио и потрао за дечаком. Ако се пас креће равномерно убрзано убрзањем  $1,5 \text{ m/s}^2$ , након колико времена ће пас стићи цогера? Колики пут ће пас прећи до тог тренутка?
- O7-3. Отправник возова стоји на перону железничке станице наспрам предњег краја првог вагона воза. Дужина сваког вагона је  $12 \text{ m}$ . Ако воз полази из стања мировања одредити време за које ће поред отправника проћи други вагон. Воз се креће равномерно убрзано убрзањем  $1 \text{ m/s}^2$ .
- O7-4. Ловочувар који жури да на телевизији гледа утакмицу лиге шампиона вози ладу ниву шумским путем. Цип креће из стања мировања и током осме и девете секунде равномерно убрзаног кретања прелази  $16 \text{ m}$ .  $12 \text{ s}$  од почетка кретања ловочувар је на путу уочио јелена и почeo да кочи. Током кочења лада нива је прешла  $18 \text{ m}$ . На крају кочења брзина ципа је дупло мања него на почетку кочења и неопрезни јelen је успео да се склони. Одредити убрзање и успорење ладе ниве.
- O7-5. Девојчица масе  $40 \text{ kg}$  стоји на залеђеној површини Савског језера. Санке масе  $8,4 \text{ kg}$  су  $15 \text{ m}$  удаљене од девојчице. Девојчица почиње да привлачи санке делујући на њих силом интензитета  $5,2 \text{ N}$ . Колико времена ће протећи до тренутка сусрета девојчице и санки?

### Задаци за 8. разред

- O8-1. Полупречник Земље одредио је и III веку пре нове ере Александријски научник Ератостен. Он је био управник чувене Александријске библиотеке где је једног дана у некој папирусној књизи прочитао да у египатској варовни Сијени, у подне 21. јуна штапови

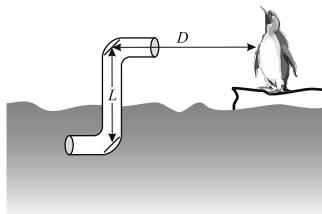
окомито побијени у земљу не бацају никакву сенку. Такође се истог дана лик Сунца може видети у води дубоког бунара. Ератостен је уочио да се исте појаве не догађају у Александрији, већ окомито побијени штапови имају сенку 21. јуна у подне. Како се, на основу ове чињенице, може закључити да Земља није равна плоча како су то пртали египатски картографи? Ако 21. јуна у подне Сунчеви зраци у Александрији граде угао  $7,2^0$  са осом вертикалног обелиска, колики је полупречник Земље? Растојање између Александрије и Сијене, према Ератостеновој процени, износи 5000 стадија (стадиј приближно износи 157,5 m).

- O8-2. Једно од првих забележених физичких мерења извео је Клаудије Птоломеј око 150. године нове ере. Он је посматрао преламање светлости на граници воде и ваздуха. У табели су дати Птоломејеви резултати за упадни угао  $\alpha$  и преломни угао  $\beta$ .

$\alpha$	$10^0$	$20^0$	$30^0$	$40^0$	$50^0$	$60^0$	$70^0$	$80^0$
$\beta$	$8^0$	$15^030'$	$22^030'$	$29^0$	$35^0$	$40^030'$	$45^030'$	$50^0$

На основу ових резултата Птоломеј је извео закон преламања светлости који гласи  $\beta = k \cdot \alpha$ , где је  $k$  коефицијент пропорционалности који зависи од особина средине на чијој граници се светлост прелама. Да ли је Птоломеј био у праву?

- O8-3. На слици је приказан поједностављен перископ подморнице. Перископ се састоји од два паралелна равна огледала која са осом перископа заклапају угао од  $45^0$ . Пингвин се налази на растојању  $D = 100\text{ m}$  од перископа као што је приказано на слици. Нађите положај лика пингвина ако је  $L = 1,5\text{ m}$ .



- O8-4. Украс за јелку је облика сфере и има полупречник  $100\text{ mm}$ . Одредите положај лица детета које се налази на растојању  $2\text{ m}$  од украса. Ако је дете високо  $120\text{ cm}$  колика је висина дететовог лица?

- O8-5. Професионални фотограф је снимио слику дужине  $2\text{ m}$  и ширине  $2\text{ m}$  са растојања  $4,5\text{ m}$ . На филму је добијен снимак (лик) размере  $5 \times 5\text{ cm}$ . Колика је оптичка јачина објектива фотоапарата?

## Задаци за 1. разред

C1-1. Између Ужица и Вишеграда грађена је пруга уског колосека од 1921. до 1925. године позната под називом „шарганска осмица”. Пругом је саобраћао воз, из милоште назван „Тира”. Међутим, дошла су нова времена и пруге уског колосека су укинуте, а самим тим је и Тира отишао са своје редовне линије у музеј.

Деведесетих година људима је прорадила носталгија за старим временима и Тиром. Обновили су пругу и решили да то искористе у туристичке сврхе. Стари вагони су обновљени, а уместо Тире искоришћена је мала „дизелка”, која је, наравно, бржа од Тире. Ипак, драж није изгубљена овом иновацијом.

Туристички воз полази са станице Мокра Гора и иде пругом практично до границе са БиХ (за сада, а у плану је продужење линије до Вишеграда). На путу дугом 13,5 km има неколико мостова и дводесетак тунела.

Воз полази са станице и први тунел, дужине 240 m, је на удаљености 2,5 km. Кретање воза на том, почетном делу пруге је (приближно) равномерно убрзано и када дизелка стигне до тунела њена брзина је 72 km/h. Укупна маса композиције је 800 t, а њена дужина је 60 m. Израчунати:

- убрзаше композиције
- време да модерни Тира стигне до тунела
- време за које се било који део воза налази у тунелу

C1-2. Један од многих и веома квалитетних производа ТРАЈАЛ Корпорације из Крушевца је противградна ракета. Иначе, ТРАЈАЛ Корпорација је почела са производњом сличних типова производа још 1889. године и има доволно искуства (тада као барутана „Обилићево”). Свака производна серија се узоркује, наравно уз одговарајуће сертификате Института безбедности. ТРАЈАЛ Корпорација је произвођач који тестирање врши на сваких 100 ракета, а отказ при употреби је само 0,5 %, што је више него добро.

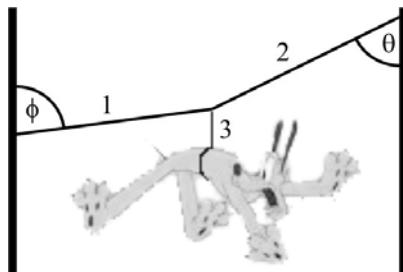
Један од чланова Редакције Младог физичара је присуствовао тестирању ракете у Крушевцу. Тест ракета се испаљује вертикално увис почетном брзином  $v_0$ . На максималној висини (отпор ваздуха се занемарује, а маса ракете је практично константна) ракета се раздваја на два једнака дела. Први, погонски део, падне на земљу код места испаљивања брзином  $2v_0$ . Које је време потребно да други део (који иначе носи материјал за спречавање града) падне на земљу и колика му је брзина непосредно пре пада на земљу?

Помоћ: Једначина типа  $ax^2 + bx + c = 0$  има решења  $x_{1/2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ .

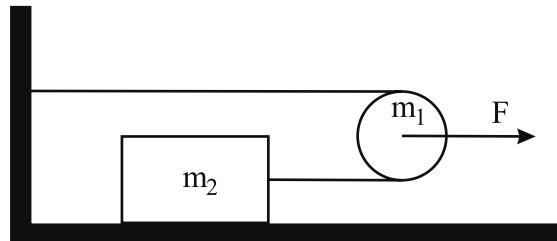
C1-3. Један од највећих и најуспешнијих атлета двадесетог века, који је у својој каријери освојио више од 20 златних медаља, крије се иза надимка Карл, док је његово право име Фредерик Карлтон Луис (Frederick Carlton Lewis). Рођен је 1.јула 1961.године у Бирмингему, држава Алабама, САД, у истом округу одакле је и Џеси Овенс (Jesse Owens), освајач четири златне медаље на Олимпијским играма у Берлину 1936.године. Његов отац је тренирао атлетику на универзитету, а његова мајка је освојила шесто место у трици на 80 m са препонама на Панамеричким играма 1951.године. Наш народ каже да ивер не пада далеко од клада, што се у овом случају испоставило као потпуно тачно. Али, постоји још један интересантан детаљ. Отац Карла Луиса је био добар пријатељ Џеси Овенса. Карл је почeo да тренира скок у даљ од своје десете године под надзором великог Џесија. Врло брзо је напредовао и већ са осамнаест година ушао у национални амерички тим (Панамеричке игре у Порторику, 1979. године). Тада је почeo да тренира и трчање на 100 m, као и штафету 4 × 100 m. Осамдесетих година је буквално „експлодирао“. Тада је почeo да ниже медаље на свим великим такмичењима и није се зауставио, као што ћете видети у задатку, ни до краја своје каријере.

На Олимпијским играма 1996. године у Атланти, Карл Луис (Carl Lewis) је освојио златну медаљу у скоку у даљ скоком од 8,50 m. Ако је угао при одскоку  $30^0$ , и предпостављајући да се његово кретање може поистоветити са косим хицем, колики је био интензитет брзине при одскоку?

C1-4. Јунак Дизнијевих цртаних филмова Мики Маус је једном приликом свог верног пса Плутона, масе 30 kg, да би га казнио, везао уз помоћ три конопца (погледајте слику 1). Колике су силе затезања у конопцима, ако је  $\theta = 45^0$ ,  $\phi = 60^0$ . Занемарити масу конопца.



Слика 1 - уз задатак 4



Слика 2 - уз задатак 5

## ■■■наградни задачи

C1-5. Хоризонтална сила  $F = 150 \text{ N}$  делује на котур масе  $5 \text{ kg}$  преко кога је пребачен конопац занемарљиве масе чији је један крај фиксиран за зид, а други крај повезан за тело масе  $10 \text{ kg}$ . Кофицијент трења између тела и подлоге је  $0,4$ . Претпоставити да постоји вертикална сила која делује на котур и поништава утицај гравитације.

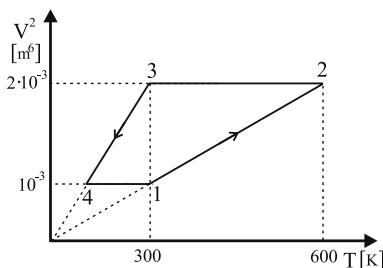
- Колико је убрзање блока, а колико котура?
- Колика је сила затезања конопца?

У овом задатку није потребно водити рачуна о моменту инерције, зато што је сума момената сила једнака нули.

## Задаци за 2. разред

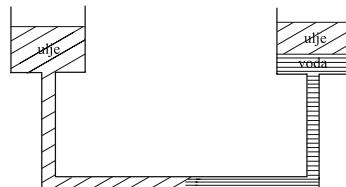
C2-1. У SCUBA (Self Contained Underwater Breathing Apparatus) ронилачким боцама ваздух мора бити под притиском да би се обезбедио кисеоник за дисање под водом. Један ограничавајући фактор је издржљивост материјала боце на висок притисак, а други је рад који се утроши на компримовање ваздуха. Претпостављајући да се ваздух понаша као идеални гас и да се процес компримовања одвија при константној температури, израчунати однос рада утрошеног за компримовање ваздуха на десетину почетне запремине и рада утрошеног на компримовање ваздуха на половину почетне запремине?

C2-2. Један мол идеалног двоатомског гаса трансформише се циклично у реверзibilном  $T - V^2$  циклусу у смеру приказаном на слици почев од тачке 1. Нацртати  $p - V$  дијаграм циклуса, а затим наћи рад извршен у датом циклусу.

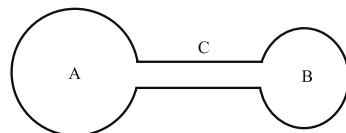


C2-3. Професор физике ученицима другог разреда гимназије демонстрира експеримент са спојеним судовима у оквиру тематске целине о флуидима. У једну посуду (види слику) се улије вода густине  $\rho_0 = 1000 \text{ kg/m}^3$ , а у другу уље густине  $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ . За коју

ће се дужину помакнути граница између воде и уља у хоризонталној цеви, ако се на воду долије уље дебљине слоја  $0,5\text{ cm}$ ? Придружите се и ви ученицима овог одељења-повуците ручицу и заиграјте... Упс! Ово није шоу Ирфана Менсуре на Пинк телевизији. Ми нисмо сурови као поменути господин. Покушајте да решите проблем, а ако не успете... не брините, нећете изгубити тло под ногама! Узети да је однос пресека посуде и цеви 10.



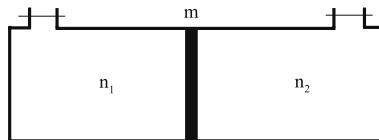
- C2-4. Две затворене посуде  $A$  и  $B$  запремина  $V_A = 61$  и  $V_B = 41$  међусобно су спојене цевчицом  $C$ . У посудама се налази идеални гас. Температура гаса на почетку износи  $300\text{ K}$ , а притисак  $101,3\text{ kPa}$ . Посуду  $B$  (а тиме и гас у њој) загревамо на  $600\text{ K}$  и одржавамо на тој температури, док посуда  $A$  и даље остаје на  $300\text{ K}$ . Колики је коначни притисак гаса у посудама? Термичко растезање посуда и запремину цевчице занемарити.



- C2-5. Цилиндар попречног пресека  $S = 100\text{ cm}^2$  постављен је хоризонтално. Његови зидови су термички изоловани. У његовој унутрашњости (као на слици) налази се клип масе  $m = 0,13\text{ kg}$  занемарљиве дебљине. Специфична топлота материјала од кога је направљен клип је  $c = 390\text{ J/kgK}$ . На левој страни цилиндра се налази  $n_1 = 2,3\text{ mol}$  идеалног једноатомског гаса на температури  $t_1 = -90^\circ\text{C}$ , док се на десној страни налази  $n_2\text{ mol}$  идеалног једноатомског гаса на температури  $t_2 = 46^\circ\text{C}$ . У равнотежи клип се налази на  $53\text{ cm}$  од левог зида цилиндра.

- Израчунати број молова гаса који је убачен у десни део цилиндра. На почетку се клип налази на температури  $t_0 = 100^\circ\text{C}$ . После тога доспева у стање термодинамичке равнотеже.
- Одрдити температуру равнотеже система.

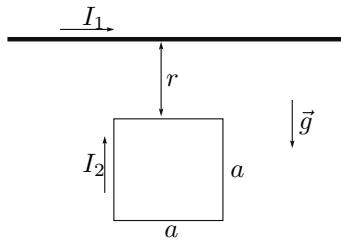
■■■наградни задачи



в) Одредити за колико се померио клип.

### Задаци за 3. разред

- C3-1. Кроз цев кружног попречног пресека пречника  $d$  тече проводна течност. Оса цеви се поклапа са  $z$ -осом, а материјал од кога је направљена цев је изолатор. Да би се измерио запремински проток течности у цеви, цео систем је постављен у хомогено магнетно поље индукције  $B$  усмерено дуж  $x$ -осе, а у дијаметрално супротним тачкама једног попречног пресека цеви које се налазе на  $y$ -оси благо су уроњене две металне електроде. Напон између електрода је притом  $u_i$ . Одредити запремински проток течности.
- C3-2. Квадратна контура странице  $a$  и густине по јединици дужине  $\rho_L = 2 \frac{g}{m}$  кроз коју тече струја  $I_2 = 100$  А налази се у вертикалној равни у пољу силе Земљине теже (слика 1). На растојању  $r = 2$  см од контуре је бесконачни праволинијски проводник кроз који тече струја  $I_1 = 100$  А. При којој вредности  $a$  ће контура бити у равнотежи?

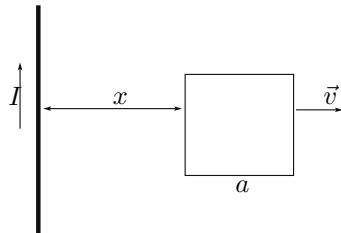


Слика 1: уз задатак C3-2.

- C3-3. Египатски физичари воле да врше експерименте са телима облика пирамиде. У једном таквом експерименту кроз прстен полупречника  $R$  тече струја јачине  $I$ . Четворострана правилна пирамида висине  $h$ , чија је основа квадрат странице  $a$  ( $a \ll R$ ) који лежи у равни прстена, постављена је тако да се центар прстена поклапа са центром

њене основе. Одредити укупан флукс вектора магнетне индукције кроз бочне стране пирамиде.

- C3-4. На слици 2 је приказан праволинијски проводник кроз који протиче стална електрична струја  $I = 50 \text{ A}$ . На растојању  $x = 0.2 \text{ m}$  од проводника налази се проводни квадратни рам странице  $a = 0.1 \text{ m}$  који се креће брзином  $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  у назначеном правцу и смеру. Одредити електромоторну силу која се индукује у раму у том тренутку.



Слика 2: уз задатак C3-4.

- C3-5. Мање познати српски мађионичар Чеда Чудини изводи трик у коме без додира успева да заротира прстен који је пре тога мировао. Маса прстена је  $m$ , прстен је непроводан и носи наелектрисање  $q$  и може слободно да ротира око своје осе. Тајна трика је у томе да се у једном тренутку извођења укључи хомогено магнетно поље (што публика наравно не види), које је нормално на раван прстена и расте у времену по закону  $B(t)$ . Наћи зависност угаоне брзине прстена од времена.

#### Задаци за 4. разред

- C4-1. Екипа младих физичара Србије и Црне горе која је учествовала на Олимпијади у Јужној Кореји 2004. године је између остalog посетила акцелератор при Универзитету за науку и технологију у Похангу. Један од неупућених водича је тврдио како се и без присуства спољашњег поља могу одвијати следећи процеси:

- а)  $e^- \rightarrow e^- + h\nu$  (електрон емитује фотон)
- б)  $e^+ \rightarrow e^+ + h\nu$  (позитрон емитује фотон)
- в)  $e^- + h\nu \rightarrow e^-$  (електрон апсорбује фотон)
- г)  $e^+ + h\nu \rightarrow e^+$  (позитрон апсорбује фотон)
- д)  $e^+ + e^- \rightarrow h\nu$  (анихилација паре)

## ■■■наградни задаци

ђ)  $h\nu \rightarrow e^+ + e^-$  (креација паре)

(Позитрон има исту масу као електрон, а супротно наелектрисање.) Напиши млади физичари су након мало размишљања закључили да водич није у праву. Како су дошли до тог закључка?

- C4-2. У референтном систему  $S$  се догађај 1 десио у тачки са  $x$ -координатом  $x_1$ , а догађај 2 касније, после времена  $\Delta t = 1\text{ s}$ , у тачки са  $x$ -координатом  $x_2$ , при чему је  $x_2 - x_1 = 4.5 \cdot 10^8\text{ m}$ . У систему  $S'$  који се креће брзином  $V$  усмереном дуж  $x$ -осе у односу на систем  $S$ , догађај 2 се десио  $\Delta t' = 1\text{ s}$  пре догађаја 1. Напиши брзину  $V$ .
- C4-3. За време једне од брдских етапа бициклистичке „Трке око Француске 2004”, Ленс Армстронг, шестоструки победник ове трке, се креће брзином  $v$  по стрмој равни нагибног угла  $\alpha$ , из подножја до врха чије је растојање  $L$  у систему у коме стрма раван мирује. Зли ванземаљци који желе да отму Армстронга да би над њим вршили медицинска истраживања се спуштају вертикално наниже свемирским бродом константном релативистичком брзином  $V$ . Колико времена ће требати Армстронгу да се попише на врх брда у систему везаном за свемирски брод?
- C4-4. Након неуспешног покушаја отмице Ленса Армстронга, ванземаљци из задатка C4-3. су решили да отму Николу Жигића за време утакмице квалификација за Лигу шампиона у фудбалу Јанг бојс - Црвена Звезда (одржане 28. јула 2004). Приликом првог гола који је постигао, Никола Жигић је шутнуо лопту (нерелативистичком) брзином  $v$ , под углом  $\alpha$  у односу на хоризонталну подлогу ( $x$ -оса) из тачке  $x = y = 0$  у тренутку  $t = 0$ . Свемирски брод са ванземаљцима се креће константном релативистичком брзином  $V$  дуж  $x$ -осе. Напиши једначину трајекторије лопте у систему везаном за свемирски брод ако су се у почетном тренутку координатни почети два система поклапали. Колика је средња брзина лопте у систему везаном за свемирски брод од тренутка шута до тренутка пада на хоризонталну подлогу?
- C4-5. Након неуспешног покушаја отмице Николе Жигића, зли ванzemaljaci из задатка C4-3. су решили да претворе Земљу у црну рупу. Небеско тело је црна рупа ако фотони емитовани са површине тела не могу да напусте његово гравитационо поље. У овом задатку сматрати да је потенцијална енергија фотона у гравитационом пољу иста као и потенцијална енергија класичне честице масе  $m = \frac{h\nu}{c^2}$ , где је  $\nu$  фреквенција фотона. Одредити до ког полупречника треба сабити Земљу да постане црна рупа. Резултат који ћете добити је дупло мањи од резултата који предвиђа егзактан рачун опште теорије релативности.

**Најсигурнији и најјефтинији  
начин да дођете до  
свог примерка**

**претплата!**

Претплата се врши на жиро рачун  
Друштва физичара Србије  
205-25694-24  
Копију уплатнице са потпуном адресом  
обавезно послати поштом или факсом  
на адресу

Редакција часописа **младифизичар**  
Прегревица 118  
11080 Београд-Земун  
Факс: (011)31-62-190

Телефон за претплату  
(011)3160-260 лок. 166

## Ви питајте ми одговарамо

Одговара: Антун Балаж

*Да ли сите уморни од великој броја задатака? Ево прилике да се мало ојусавите. А ево и шансе да нам посавише шиштање на које ћемо вам ми одговарати. Посавише шиштање јутем maila или писмом и (ако будемо знали) ми ћемо вам одговорити на српаницама Младог физичара. У овом, првом броју са овом рубриком, шиштања су постављали чланови редакције, који су као што видите били инспирисани кухињом. Ви можете бити инспирисани било којом појавом. Пишите нам. Рубрику уређује и на шиштања одговара Антун Балаж.*

### Одакле звуци при загревању воде?

Када кувате кафу, звук воде вас опомиње да почине кључање. Прво се све јаче чује шиштање које затим ишчезава и замењује га оштрији звук. У тренутку када вода заиста почне да кључа, звук постаје мекши. У почетку, док се дно суда загрева, у течности се уз пуцетање формирају мехурићи, што ствара општи утисак шиштања. Даљим загревањем мехурићи се одвајају од дна, дижу се у хладније слојеве воде где прскају производећи јачи звук. Шум се чује све док се вода довољно не загреје тако да

мехурићи могу да дођу до површине и тек тада се распрсну. Онда вода почине да кључа, а мехурићи стижу на површину воде уз благо шуштање.

### Како да утврдимо да ли је кувано јаје тврдо или ровито?

Ако сте у недоумици да ли је јаје тврдо кувано или ровито, можете то проверити тако што ћете га завртети, зауставити и брзо пустити. Тврдо кувано јаје ће остати непокретно, а ровито ће поново почети да се окреће. Разлог је у томе што маса флуида у унутрашњости ровитог јајета наставља да се по инерцији окреће, пошто смо при заустављању јајета заправо зауставили само љуску и слој непосредно уз њу. Ротација унутрашњег дела јајета, због вискозности (трења између слојева) флуида, изазива након тога поновну ротацију јајета.

### Зашто се кукурузне пахуљице преливени млеком привлаче?

Ако се две свеже кукурузне пахуљице нађу близу када их преливате млеком, оне ће се брзо привући и приљубити једна уз другу. Које су силе узрок овог привлачења? Да ли је могуће да дође до одбијања пахуљица ако подесно изаберемо течност којом их преливамо? Дејством капиларних сила слој млека се увлачи у простор између две пахуљице. Сила површинског напона млека има хоризонталну компоненту која затим привлачи пахуљице једну уз другу. Јасно је да избором друге течности, која има другачије особине површинског напона од млека (која не кваси зидове суда), можемо постићи и одбијање пахуљица, али је велико питање да ли

би припремљени оброк био укусан. Зато вам не препоручујемо да изводите такве огледе.

### **Како заштитити поврће у подруму од мраза?**

Да би поврће заштитили од мраза, искусни људи стављају зими у подрум велики суд са водом. Слично, да би спречили замрзавање воде у хладњаку аутомобила преко зиме, физичарски образовани људи често остављају у гаражи велики суд са водом. Како се просторија хлади и температура спушта близу тачке мржњења, вода у суду делује као топлотни резервоар. Када вода почне да се мрзне, она ослобађа релативно велику количину топлоте (латентну топлоту испаравања), чиме се спречава даље хлађење просторије.

### **Како брже припремити пећење?**

Стандардни трик је да у месо забодете метални штапић, слично као при припреми ражњића. С обзиром да тада топлота брже продире у унутрашњост меса него иначе (пошто је топлотна проводљивост метала знатно већа од топлотне проводљивости меса), оно ће се испећи много брже. Постоје, међутим, штапићи посебно направљени за ову сврху, који се сужавају према врху и шупљи су, са мало воде у својој унутрашњости. Произвођачи тврде да је у овом случају топлотна проводљивост хиљаду пута већа него у случају пуног штапића. И заиста, време пећења меса је два пута краће. Зашто? Доњи, шири крај апсорбује топлоту из рерне и загрева воду у доњем делу шупљине, која најзад прелази у пару.

Овај фазни прелаз из течног у гасовито стање захтева утрошак велике количине топлоте (латентна топлота испаравања), коју обезбеђује грејач рерне. Топла пара се затим диге кроз цевицу и стиже у горњи крај шупљине, који се налази у средишњем делу меса, који је на нижој температури. Ту се пара кондензује, ослобађајући топлоту коју је раније, при промени агрегатног стања, апсорбовала (сада је то латентна топлота кондензовања). Ову топлоту апсорбује месо, а вода се враћа назад у доњи крај шупљине и цео процес се понавља.

### **Зашто се парадајз-чорба чудно понаша када је промешамо?**

Док кувате парадајз-чорбу, морате неколико пута добро да је промешате. Ако одмах након мешања извадите кашику, течност ће се окретати у виду вртлога и лагано успоравати, али у току последњих неколико секунди, пре него што се сасвим умири, чорба ће почети да се окреће у супротном смеру. Зашто? Промена смера обртања чорбе је пример еластичног "опоравка" (поновног успостављања еластичних особина) вискозоеластичних флуида. Чорба коју смо промешали се окреће све док је трење о ивице шерпе скоро не заустави. Тада, иако се главна маса чорбе већ умирила, површински слој се и даље полако окреће. Између тог слоја и главне масе јавља се еластична сила, која повлачи површински слој уназад и вртлог мења смер окретања. Ове промене смера окретања на једну и другу страну би се сигурно наставиле да чорба није довољно вискозна да их веома брзо пригуши.

## Најстарији дневник на Балкану најавио ново рухо Младог физичара

У суботу 2. октобра 2004. године у "Политици" је изашао чланак о Младом физичару у коме су најављени нови бројеви нашег часописа.



## Ајнштајн, момци и девојке

У време кад су постојале одвојене школе за дечаке и девојчице Ајнштајн је једном рекао да би било веома тешко предавати у школи у којој су момци и девојке заједно јер би момци гледали само девојке и не би слушали наставника.

На то су Ајнштајну рекли да он као наставник не би имао тих проблема јер би момци његова бриљантна предавања сигурно слушали веома пажљиво и да би притом заборавили на девојке.

Ајнштајн је одговорио да таквим момцима који би заборавили на девојке ни не вреди предавати.

## Поенкаре и пекар

Поенкаре је једног дана купио хлеб код свог пекара. Хлеб је требало да буде тежак 1 килограм, али Поенкаре га је измерио и видео да је лакши од тога. Тако је одлучио да у наредних годину дана води статистику о тежини хлеба и након годину дана је добио нормалну расподелу са средњом вредношћу од 950 грама. Позвао је полицију која је упозорила пекара да престане са преваром. Поенкаре је и након тога наставио да води статистику и годину дана касније је обавестио полицију да пекар није испоштовао њихово упозорење, а да је њему увек давао највећу векну да не би посумњао. Полиција је позвала пекара и пекар је зачуђено рекао: "Како је Поенкаре могао да зна да смо му увек давали највећу векну?" Одговор препуштамо вама.

## Дирак и пажљив студент

Током предавања Дирак је направио грешку у једначини коју је написао на табли. Студент је подигао руку и стидљиво рекао: -Професоре, ја не разумем једначину број 2. Дирак је наставио да пише и није реаговао. Студент је претпоставио да га Дирак није чуо и овог пута је гласније рекао:

-Професоре, ја не разумем једначину број 2. Није било реакције. Дирак је наставио извођење. Коначно је други студент из прве клупе интервенисао:

-Професоре, студент вам је поставио питање.

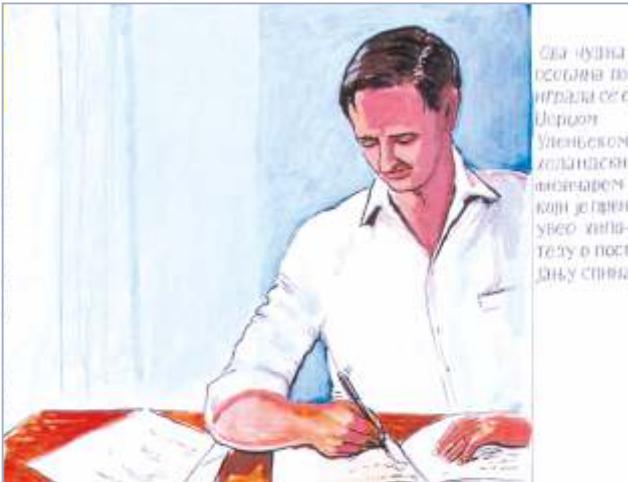
-О, одговорио је Дирак, мислио сам да је то била констатација.

# ОТКРИЋЕ СЛИКА

Оније основна особина сваке елементарне честице као на пример маса и наелектрица. Манифестије се као момент највећа, али и највећи утицај на сваку каквом постерењу у простору.

Лабела елементарних честица

електрон	маса	9,994 3	1/1
протон		1,672 8	1/1
нейтрон		1,675 1	1/1



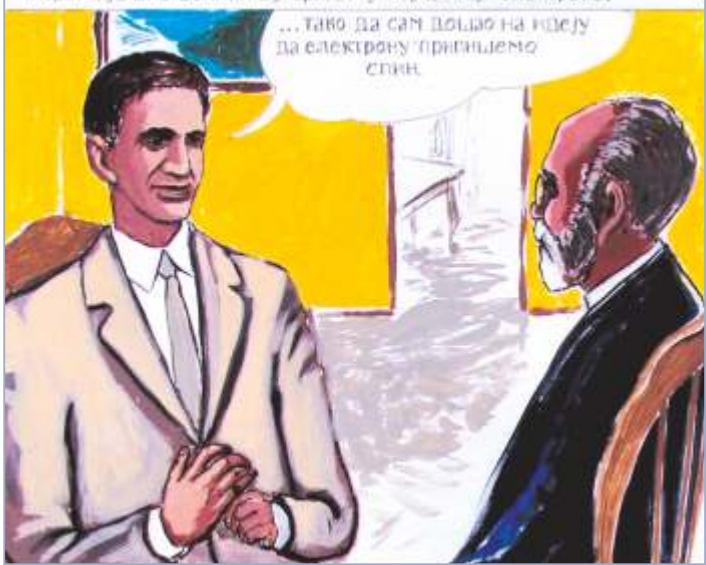
Сва чудна осовина поиграла се са Џорџом Уленбеком, једним од првих научника који је био увео хипотезу о постојању слика.



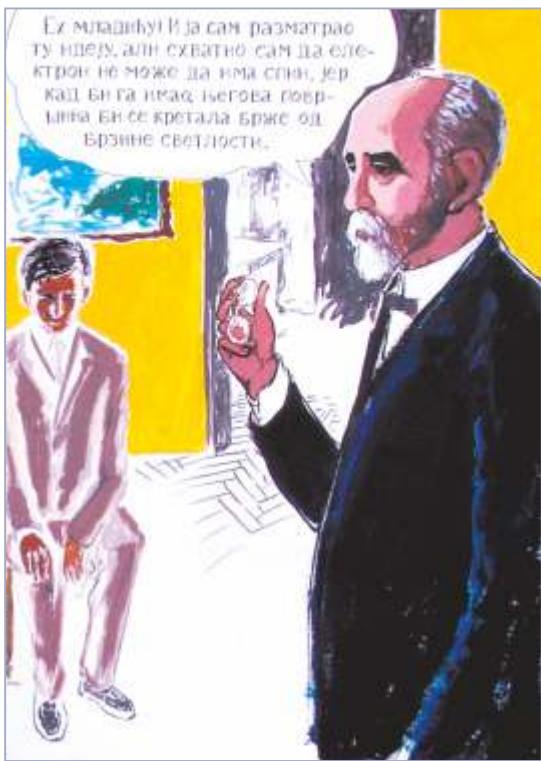
Недуго затим јунак наје примије једно најбоље на путу за Јарлем.



Лоренц је био велики ауторитет у изучавању електрона.  
...тако да сам дошао на идеју  
да електрону припишемо  
спин.



Ех младићу! Ја сам разматрао  
ту идеју, али схватио сам да еле-  
ктрон не може да има спин, јер  
кад би га имао, његова поре-  
зима би се кретала брже од  
брзине светлости.



Ох, како сам могао бити толико  
нанаван! Како се тога и сам наисам  
сетио?



Професоре, молим Вас, вратите ми  
рад о спину електрона. То јо  
изнинте, али... све погрешно.  
Већ сам га послало  
У штампу,



Рад је ускоро иза-  
чио у часопису, а  
узвео се показало  
да је Уленбек био  
у праву. Спин је  
квантни ефекат  
који се не може  
довести у везу ни  
са каквим поме-  
ријем повлаче-  
њем електрона у простор.