

**ЗБОРНИК ИЗАБРАНИХ РАДОВА  
5. МЕЂУНАРОДНЕ КОНФЕРЕНЦИЈЕ  
О НАСТАВИ ФИЗИКЕ У  
СРЕДЊИМ ШКОЛАМА**

**Алексинач 2017.**

**ЗБОРНИК  
ИЗАБРАНИХ РАДОВА  
5. МЕЂУНАРОДНЕ  
КОНФЕРЕНЦИЈЕ О  
НАСТАВИ ФИЗИКЕ У  
СРЕДЊИМ ШКОЛАМА**

**АЛЕКСИНАЦ – 2017**

*Програмски одбор конференције/  
гостујуће уредништво:*

1. И. Авиани (Сплит)
2. М. Бабић (Бијељина)
3. Д. Димитријевић (ДФН)
4. Н. Ерцег (Ријека)
5. А. Жекић (Београд)
6. Т. Јовановић (Ниш)
7. С. Јокић (Београд)
8. А. Канцлер (Марибор)
9. М. Ковачевић (Крагујевац)
10. М. Митровић (Београд)
11. Б. Митревски (ДФМ)
12. Ј. Нешић (Ниш), председник
13. Д. Никезић (Крагујевац)
14. Н. Новаковић (Ниш)
15. С. Радуловић (Алексинач), секретар
16. Р. Репник (Марибор)
17. М. Стојановић (Нови Сад), потпредседник
18. А. Хрлец (ХФД)
19. М. Шћепановић (Подгорица)

*Организациони одбор:*

1. Н. Станковић, председник
2. Ч. Ракић
3. К. Црнчевић, потпредседник
4. Ј. Тончић
5. Д. Петковић
6. С. Радуловић
7. Б. Симић
8. С. Величковић
9. В. Дојчиловић
10. Г. Жалац
11. Д. Вељковић
12. Д. Димитријевић
13. Д. Тарлаћ
14. С. Петровић
15. М. Бабић
16. Н. Стојковић

*Уредник:* Љубиша Нешић

*Технички уредник:* Милан Милошевић

*Секретар:* Лазар Раденковић

*Наслов:*

„Зборник изабраних радова 5.  
Међународне конференције о настави  
физике у средњим школама“

*Покровитељ:*

Општина Алексинач

*Издавач:*

Алексиначка гимназија, Алексинач  
и  
„Klett“ Издавачка кућа д.о.о., Београд

*Штампарија:*

Цицера, Београд

*Тираж:* 300

## Огледи из физике за 5

Милан С. Ковачевић<sup>1</sup>, Ана Марковић<sup>2</sup>, Мирослав Јовановић<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Природно-математички факултет, Крагујевац

<sup>2</sup>Прва Крагујевачка гимназија, Крагујевац

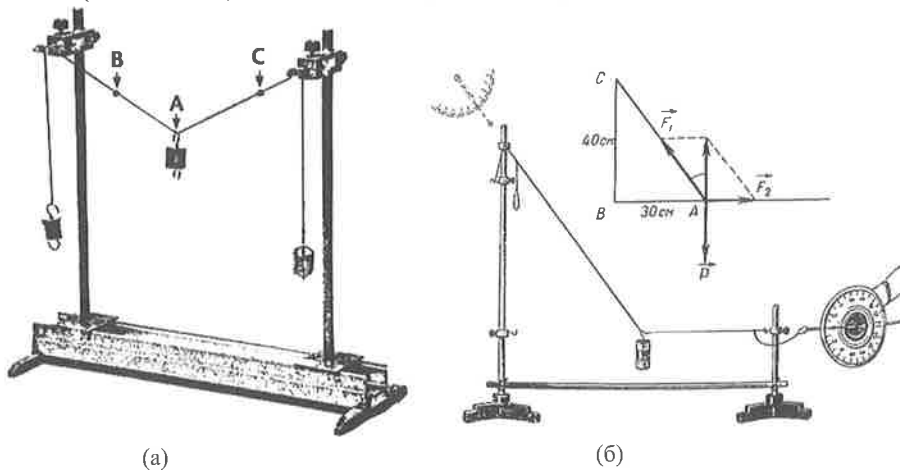
<sup>3</sup>Техничка школа, Бајина Башта

**Апстракт.** У раду је сажето дат приказ неколико одабарних експеримената из физике. Одабир експеримента и њихово извођење је такво да могу ученицима олакшати савладавање високог прага који у настави физике постоји између основне и средње школе. Експеримент подразумева рад са апаратурама, вршење посматрања, предвиђање, тумачење посматрања, налажење разлога одређеног резултата и доношење закључака.

**Кључне речи:** сила, полука, котур, динамометар, притисак, запремина, индекс преламања, електронска диода.

### СИЛА КАО ВЕКТОР

Постоје физичке величине, за чије је потпуно одређивање потребно поред бројне вредности (интензитета) знати и њихов правац и смер. Таква величина је и сила  $\vec{F}$ .



СЛИКА 1. Апаратура за демонстрацију слагања сила.

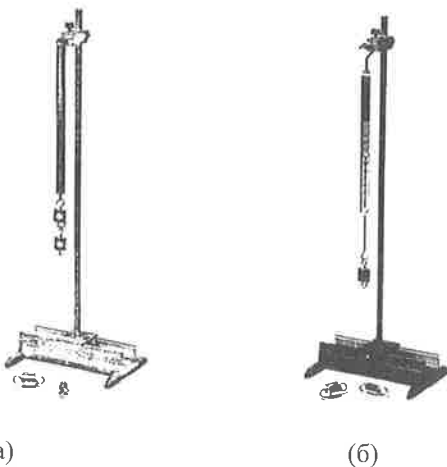
Саставити апаратуру приказану на слици 1а. Подесити носаче котурева на висину 45 cm. На крајеве конца окачити два тега по 50 g. Трећи тег од 50 g окачити на крај на најпре у тачки А (тачно на средини), а затим тег померити у положај В и С. Мерити висину подизања крајња два тега у зависности од места где је окачен трећи

тег. Одговорити на следеће питања: 1) Шта се дешава са два крајња тега ако се трећи тег окачи у тачки А? 2) Шта се дешава са два крајња тега ако се трећи тег окачи у тачки В или С? 3) Који закључак се може извести из овог посматрања?

Саставити апаратуру приказану на слици 1б. За уже обесити терет познате тежине. После успостављене равнотеже измерити растојања АВ и ВС метром. Теоријски размотрити затезање ужета, а затим експериментално проверити добијене резултате помоћу демонстрационог динамометра. Може се поставити следећи задатак: ако је позната тежина терета, на пример 8 N, применом правила паралелограма, израчунати силе затезања ужади. Добијене бројне резултате проверити мерењем на следећи начин: закачити куком динамометра петљу на ужету и затезати уже док не ослаби петља на куки статива. При томе ће сва сила затезања ужета бити пренета са куке статива на куку динамометра, који ће истовремено показати бројну вредност те силе [1]. Затим на исти начин измерити силу затезања другог ужета.

### ЕКСПЕРИМЕНТ СА ЕЛАСТИЧНОМ ОПРУГОМ

Саставити апаратуру приказану на слици 2. На доњи крај опруге окачити тег од 25 g и очитати дужину истегнуте опруге. Поступак поновити додавањем тегова а дужине истегнуте опруге уписати у табелу 1. На крају израчунати однос силе и одговарајућег издужења.



СЛИКА 2. Апаратура за демонстрацију Хуковог закона [4].

ТАБЕЛА 1. Експерименталне вредности

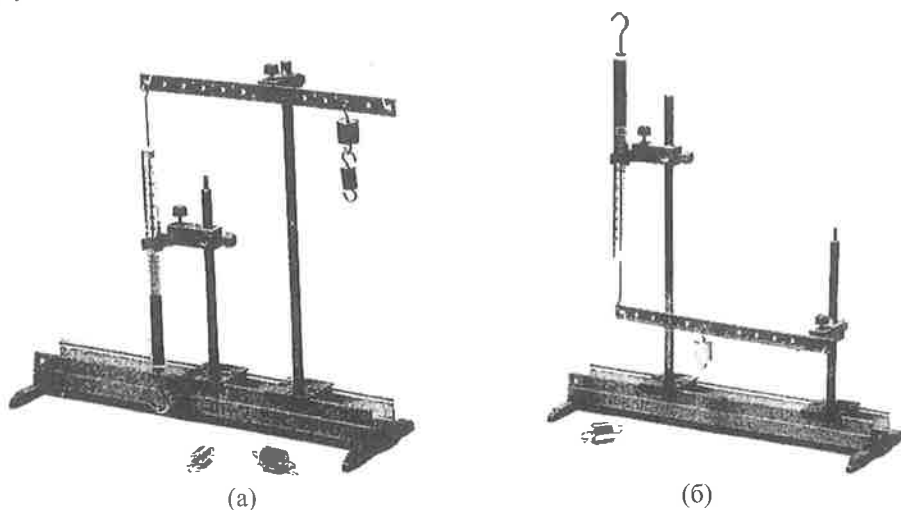
маса $m$ [g]	25	50	75	100	125	150
сила $F$ [N]	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23	1,47
дужина опруге $l$ [cm]						
истезање $x$ [cm]						
$F/x$ [N/cm]						

Питања: 1) Шта доводи до истезања опруге? 2) Који је ефекат повећања интензитета силе која делује на опругу? 3) Који термин се користи за деформацију опуге? 4) На

основу података из табеле скицирати график  $x = x(F)$ . 5) Која математичка релација описује добијени график? 6) Како можемо мерити непознату силу помоћу еластичне опруге?

### ПОЛУГА ПРВЕ И ДРУГЕ ВРСТЕ

Саставити апаратуру приказану на слици 3а. Причврстити динамометар за статив, а једним крајем га спојити са полугом као на слици. На другом крају полуге окачити тег масе 75 g ( $F_2 = mg$ ). Очитати вредност силе  $F_1$  коју показује динамометар. Мењајући крак терета  $l_2$  измерене вредности за силу  $F_1$  унети у табелу 2.



СЛИКА 3. Полуге прве и друге врсте [4].

ТАБЕЛА 2. Експерименталне вредности

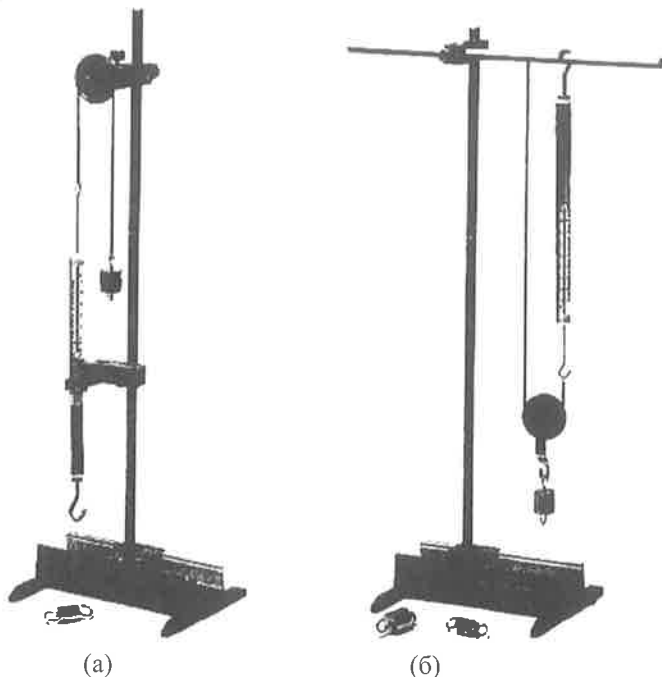
$F_2$ [N]	0,74	0,74	0,74	0,74
$l_2$ [m]	0,12	0,08	0,06	0,04
$F_2 l_2$ [Nm]				
$F_1$ [N]				
$l_1$ [m]	0,12	0,12	0,12	0,12
$F_1 l_1$ [Nm]				

Питања: 1) Који закључак се може извести на основу података из табеле? 2) Који је услов равнотеже за полугу прве врсте? 3) Навести неки пример полуге прве врсте.

### НЕПОМИЧАН И ПОМИЧАН КОТУР

Котур је кружна плоча која се може обртати око осовине која пролази кроз њено средиште, и по чијем ободу се налази жљеб, око кога се може пребацити уже (слика

4). Окачити о слободан крај ужета тег од 50 g, док други крај ужета спојити са динамометром који је фиксиран за држач. Очитати силу затезања, растојање које пређе тег и истезање динамометра. Поновити оглед са тегом од 25 g. Одговорити на следећа питања: 1) Које силе делују на оба краја котура? 2) Која карактеристика силе се може мењати непомичним котуром? 3) Који је услов равнотеже за непомичан котур?



СЛИКА 4. Непомичан и помичан котур [4].

Повезати апаратуру као на слици 4б. Очитати силу затезања помоћу динамометра за различите вредности терета окаченог о котур. Резултате уписати у табелу 3.

ТАБЕЛА 3. Експерименталне вредности

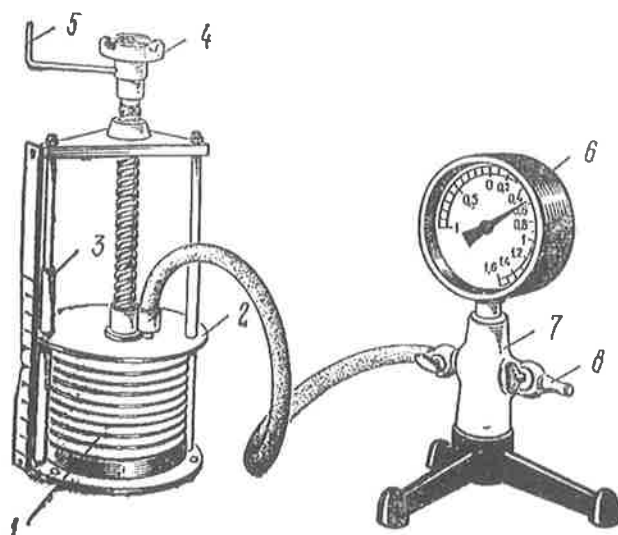
маса [g]	25	50	75	100
тежина $F_G$ [N]	0,25	0,49	0,74	0,98
сила затезања $F_T$ [N]				

Питања: 1) Који је услов равнотеже на помичном котуру? 2) Која је предност коришћења помичног котура при подизању терета у односу на непомичан котур?

### БОЈЛ-МАРИОТОВ ЗАКОН

Као пример квантитативних демонстрација може нам послужити оглед за демонстрацију Бојл-Мариотовог закона (слика 5). Овде запремину гаса у условним

јединицама задаје експериментатор, а притисак се мери манометром. За добијање коначног бројног резултата, означену запремину и притисак, лако је помножити напамет. Спојити апаратуру приказану на слици 5 [2,3].



СЛИКА 5. Апаратура за демонстрацију Бојл-Мариотовог закона [3].

Отворити обе славине (8) код манометра и помоћу завртња (5) растезати или сабијати цилиндар (1) тако, да се запремина ваздуха у њему заустави на пример на 7,5 условних јединица. Затим се затвори слободна славина манометра (8) и приступа демонстрацији закона. Неколико пута мењати запремину ваздуха у цилиндру и посматрати промене на скали манометра (6). Резултате мерења записати у табели 4.

ТАБЕЛА 4. Експерименталне вредности

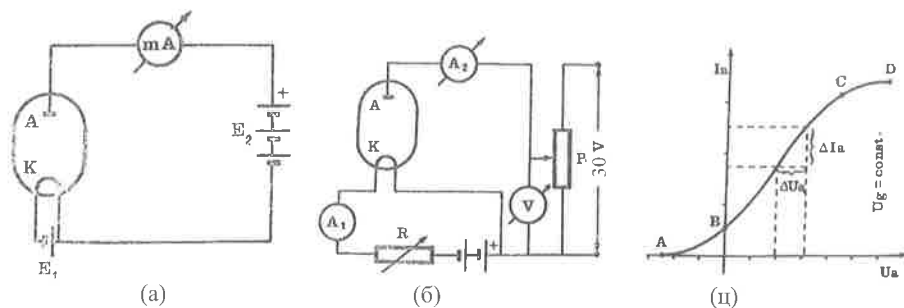
V	p	pV
7,5		
7,0		
6,5		
6,0		
8,0		
8,5		
9,0		

Питања: 1) Како се мења притисак при повећавању или смањивању запремине гаса?  
2) На основу резултата из табеле, извући закључак о производу притиска и запремине при сталној маси и константној температури гаса.



## ЕЛЕКТРОНСКА ДИОДА

На слици ба је приказана директна поларизација електронске диоде. Ако се позитивни пол анодног напона веже преко милиамперметра за аноду, а негативан за катоду, тада ће милиамперметар показати струју (уколико је катода усијана), док је при обрнутој поларизацији анодног напона диода практично непроводна. Аноду карактерише анодни напон  $U_a$ , анодна струја  $I_a$ . Струјно-напонску карактеристику (слика бц),  $I_a = f(U_a)$  добијамо ако меримо анодну струју у зависности од анодног напона при константној струји грејања  $I_g$ .



СЛИКА 6. Директна поларизација електронске диоде и струјно-напонска карактеристика.

За снимање струјно-напонске карактеристике диоде користити шему везе на слици 6б. Промена анодног напона постиже се потенциометром Р, док се променљивим отпором  $R$  регулише се струја грејања катодe. Струја грејања мери се амперметром  $A_1$ , а анодна струја амперметром  $A_2$ . Волтметар  $V$ , који служи са мерење анодног напона, везује се у коло између клизача потенциометра  $P$  и његовог негативног дела. Снимити зависност анодне струје  $I_a$  од анодног напона  $U_a$ . Резултате представити графички и одредити из графика стрмину електронске диоде  $S$  и њен унутрашњи отпор  $R$ .

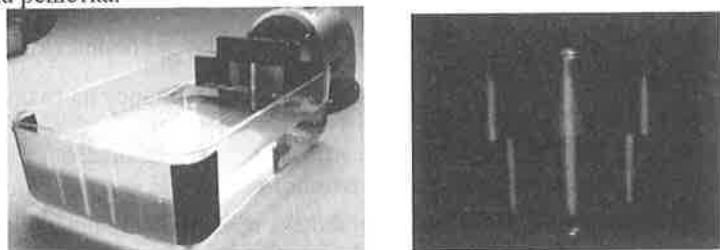
Интензитет струје засићења даје Ричардсон-Дашманова (Richardson-Duschman) формула

$$I = \rho F T^2 e^{\frac{W}{kT}} \quad (1)$$

где је  $W$  излазни рад електрона за катоду,  $F$  површина катодe,  $T$  температура катодe,  $k$  Болцманова константа и  $\rho$  константа независна од катодe са вредношћу  $\rho = 120 \text{ A/cm}^2 \text{ K}^2$ . У делу  $BC$  коефицијент правца тангенте  $S = \Delta I_a / \Delta U_a$  је такозвана стрмина електронске диоде, а њена реципрочна вредност је унутрашњи отпор  $R = \Delta U_a / \Delta I_a$ .

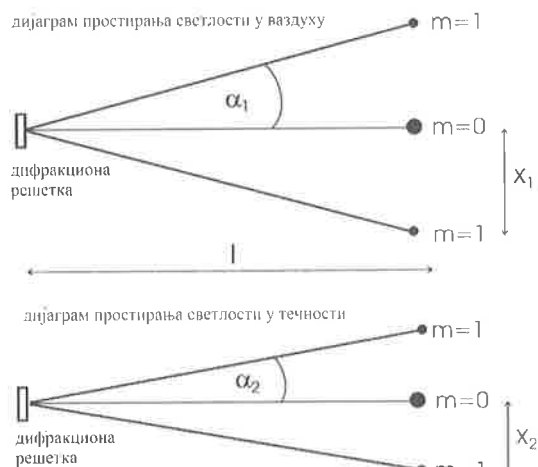
## ИНДЕКС ПРЕЛАМАЊА ТЕЧНОСТИ

Помоћу експеримента приказаног на слици 7 могуће је израчунати индекс преламања течности. У ту сврху се може користити ласер, посуда са течношћу и дифракциона решетка.



СЛИКА 7. Посуда са течношћу и дифракциона слика

Најпре поставити ласер тако да снап светлости пада на дифракциону решетку и пролази кроз ваздух изнад течности. На милиметарском папиру добија се дифракциона слика која се састоји од централног максимума,  $m = 0$ , и бочних (споредних) максимума  $m = 1, 2, \dots$  (светле линије или светли кружићи). Измерити растојање  $x_1$  између централног и првог бочног максимума са леве или десне стране. Поступак поновити тако што се ласер спусти како би снап светлости након проласка кроз дифракциону решетку пролазио кроз течност. Измерити растојање између централног максимума и првог бочног максимума. Измерити растојање  $l$  између дифракционе решетке и заклона (милиметарског папира).



СЛИКА 8. Дифракциона слика.

Положаји максимума одређени су са

$$d \sin \alpha = m\lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

За максимуме првог реда,  $m=1$ , (прве линије које се налазе лево и десно од централне линије), у ваздуху је  $d \sin \alpha_1 = \lambda_1$ , а у течности  $d \sin \alpha_2 = \lambda_2$ . На основу геометрије, лако закључујемо да је у ваздуху:  $\operatorname{tg} \alpha_1 = x_1 / l$ , а у течности  $\operatorname{tg} \alpha_2 = x_2 / l$ . Ако се искористи апроксимација малих углова,  $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$ , налазимо да су одговарајуће таласне дужине светлости у ваздуху и у течности  $\lambda_1 = d x_1 / l$  и  $\lambda_2 = d x_2 / l$  респективно. Индекс преламања течности у односу на ваздух је

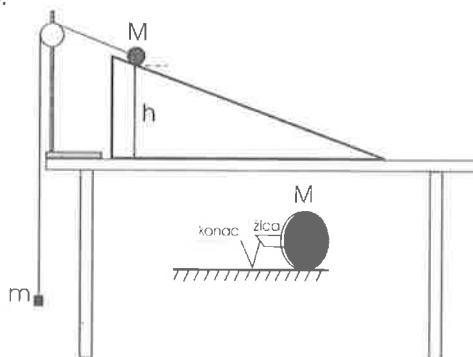
$$n = \frac{\text{брзина светлости у ваздуху}}{\text{брзина светлости у течности}} = \frac{v_a}{v_w} = \frac{\lambda_1 v}{\lambda_2 v} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

где је  $v$  фреквенција светлости. Коначно, индекс преламања течности је одређен са

$$n = x_1 / x_2.$$

### КРЕТАЊЕ ТЕЛА НИЗ СТРМУ РАВАН

На слици 9 приказан је експеримент помоћу кога се може проучавати кретање тела низ стрму раван. Посматра се кретање тела различитог облика: ваљак, кугла и цилиндрични прстен. Почетна позиција на стрмој равни је иста за сва три тела. За различита тела потребно је различито време да стигну на дно стрме равни. Закључујемо да су брзине транслаторног кретања центара масе ових тела на дну стрме равни различите.



СЛИКА 9. Апаратура за проучавање кретања тела низ стрму раван.

Тело се креће транслаторно и ротационо, па је закон одржања механичке енергије

$$Mgh = \frac{1}{2} Mv_c^2 + \frac{1}{2} I_c \omega^2 \quad (3)$$

где је  $h$  висина са које тело почиње кретање,  $M$  маса тела,  $v_c$  брзина транслаторног кретања центра масе тела,  $I_c$  момент инерције\* тела у односу на осу која пролази кроз центар тела, и  $\omega$  угаона брзина. Маса  $m$  која зетеже конач је много мања од масе тела на стрмој равни. Из једначине (3) видимо да целокупна

\* Момент инерције: за хомогену куглу:  $I_c = \frac{2}{5} MR^2$ , за ваљак:  $I_c = \frac{1}{2} MR^2$ , и за прстен:  $I_c = MR^2$

гравитациона потенцијална енергија тела прелази у кинетичку енергију. Ако се у израз (3) замени  $v_c = R\omega$ , где је  $R$  полупречник, ваљка, кугле или прстена, добијају се изрази за брзину центра масе:

$$v_c^2 = \frac{10}{7} gh, \text{ за хомогену куглу,}$$

$$v_c^2 = \frac{4}{3} gh, \text{ за хомогени ваљак,}$$

$$v_c^2 = gh, \text{ за цилиндрични прстен.}$$

Експеримент се реализује на следећи начин: тело (ваљак, кугла или прстен) се пушта са висине  $h$  тако да је кретање без почетне брзине. Забележи се време за које тело стигне на дно стрме равни. Измери се пређени пут тела низ стрму раван. Убрзање тела ће бити једнако  $a = 2s/t^2$ . Познавајући убрзање израчунати брзину центра масе тела на дну стрме равни. Резултате уписати у табелу 5. Поступак поновити за различите висине  $h$ . Упоредити вредности за брзину добијену у експерименту са вредностима које предвиђа теорија. Нацртати график  $v_c^2 = v_c^2(h)$  за свако тело понаособ. Добијени график су три праве линије. Упоредити коефицијенте праваца добијених правах са вредностима које предвиђа теорија.

**ТАБЕЛА 5. Експерименталне вредности**

висина $h$ [m]	ваљак		кугла		прстен	
	$v_c$ [ms <sup>-1</sup> ]	$v_c^2$ [m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]	$v_c$ [ms <sup>-1</sup> ]	$v_c^2$ [m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]	$v_c$ [ms <sup>-1</sup> ]	$v_c^2$ [m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]
0,10						
0,15						
0,20						
0,25						
0,30						

Питања: 1) Како гласи закон одржања механичке енергије ако се узме у обзир и кретање тега који затеже конач, масе  $m$ ? 2) Да ли нагиб стрме равни утиче на брзину  $v_c$ ?

## ЗАКЉУЧАК

Описани огледи пружају могућност ученицима да физичке законе, појаве и процесе упознају кроз сопствено искуство тзв. искуство из “прве руке”. Изводећи огледе ученици су доведени очи у очи са физичком појавом, законом, методом или инструментима. Ученици постају нужно активни и у знатној мери самостални и при томе се јављају питања типа “како”, “зашто”, “шта би се десило ако би ...” која индукују интензивно размишљање.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буров Б. А., Зворикин Б. С., Кузмин А. П., Покровскиј А.А., Румјанцев И.М., Демонстрациони експеримент из физике у средњој школи, том 1 (на руском језику), Москва, Просвешеније 1978.
2. Буров Б. А., Зворикин Б. С., Кузмин А. П., Покровскиј А.А., Румјанцев И.М., Демонстрациони експеримент из физике у средњој школи, том 2 (на руском језику), Москва, Просвешеније 1978.
3. Маргалис А.А., Парфентева Н.Е., Иванова Л. А., Практикум из школског физичког експеримента (на руском језику), Москва, Просвешеније 1977.
4. Mechanics 1, Cornelsen Experimenta, 2013 (<http://www.corex.de>).

## Experiments in physics for 5

Milan S. Kovačević<sup>1</sup>, Ana Marković<sup>2</sup>, Miroslav Jovanović<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Science, Department of Physics, Kragujevac*

<sup>2</sup>*First Kragujevac Gymnasium, Kragujevac, Serbia*

<sup>3</sup>*Technical high school, Bajina Basta*

**Abstract:** The selected physics experiments in high school are given in this paper. Each of chosen experiment are including working with equipments, carrying out observation, prediction, observation, interpretation, finding reasons for certain results and draw conclusions. The overall educational aims and contributions of experimental exercises to physics teaching are highlighted.