



# ЗБОРНИК РАДОВА

VI МЕЂУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА  
О НАСТАВИ ФИЗИКЕ У СРЕДЊИМ ШКОЛАМА

Алексинач, 2018.



# ЗБОРНИК РАДОВА

## VI МЕЂУНАРОДНЕ КОНФЕРЕНЦИЈЕ О НАСТАВИ ФИЗИКЕ У СРЕДЊОЈ ШКОЛИ

Алексинач, 09 – 11. март 2018.

*Програмски одбор конференције:*

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. Љ. 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. П. Николаус (Ријека)
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. Младеновић
10. В. Дојчиловић
11. Г. Жалац
12. Д. Вељковић
13. Д. Димитријевић
14. С. Петровић
15. М. Бабић
16. Н. Стојковић

*Уредник:*

Љубиша Нешић

*Технички уредници*

Милан Милошевић

Лазар Раденковић

*Наслов:*

„Зборник радова VI Међународне конференције о настави физике у средњим школама“

*Покровитељ:*

Општина Алексинач

*Издавач:*

Алексиначка гимназија

и

„Klett“ Издавачка кућа д.о.о., Београд

*Штампарија:* Цицера, Београд

ISSN: 2406-2626

Тираж: 300 примерака

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

371.3::53

МЕЂУНАРОДНА конференција о настави физике у средњој школи (6 ; 2018 ; Алексинач)

Зборник радова VI Међународне конференције о настави физике у средњој школи, Алексинач, 09 - 11. март 2018. / [уредник Љубиша Нешић]. - Алексинач : Алексиначка гимназија ; Београд : Klett, 2018 (Београд : Цицера). - 264 стр. : илустр. ; 24 cm

Текст ћир. и лат. - Радови на срп., енгл. и мак. језику. - Тираж 300. - Стр. 5: Предговор / Љубиша Нешић. - Напомене и библиографске референце уз рад. - Библиографија уз сваки рад. - Регистар.

ISBN 978-86-81182-00-0 (АГ)

а) Физика - Настава - Методика - Зборници

COBISS.SR-ID 258919948

## Иновативни експерименти у настави физике

Милан С. Ковачевић

*Природно-математички факултет, Крагујевац, Србија*

**Апстракт.** За реализацију огледа и лабораторијских вежби из физике неопходно је стално претраживање часописа који се баве публикувањем радова на ову тему. Као најважније за наставнике физике препоручујем *European J. of Physics*, *American J. of Physics*, *The Physics Teacher*, *Physics Education* и *Квант*. Овај рад садржи приказ неколико иновативних експеримената, пре свега демонстрационих, погодних за реализацију на часовима физике у основној и средњој школи. Одабрани огледи треба да подстакну наставнике да и они сами кроз *open-source* претраживања, пронађу и практично реализују нове демонстрационе експерименте из физике у својим школама.

**Кључне речи:** наставна средства, демонстрациони оглед, лабораторијска вежба.

### УВОД

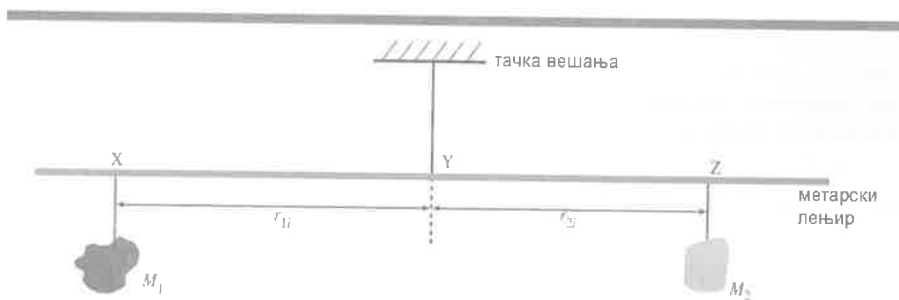
Према данашњим образовним захтевима у области природних наука од ученика се очекује да постигну разумевање основних научних концепција, теорија, научних метода и природе саме науке (ПИСА пројекат). Када је реч о настави физике, једна од важнијих карактеристика се односи на стварање изазова и прилика за учење решавањем проблема, учешћем у пројектима, и другим активностима, уз неговање развоја критичког мишљења. Најбољи начин да се одговори свим овим изазовима је школски експеримент као метода учења [1-3].

Технолошки напредак који се догодио протеклих неколико деценија имао је огроман утицај и на опрему за експерименте у школама. Транзистори, разни електронски уређаји, ласери, оптичка влакна, компјутери и др., довели су до драматичне промене у лабораторијској технологији и наставним средствима. Овај тренд научно-технолошког развоја ће и у будућности довести до промене апарата и других ресурса за експерименте који ће бити на располагању наставницима. Од наставника физике се очекује континуирано учење када је реч о демонстрационим експериментима, лабораторијским вежбама, истраживачким школским експериментима. Ово захтева праћење часописа у којима се објављују радови корисни за наставнике физике у школама и на факултетима. Неки од тих часописа су побројани у апстракт овог рада. Наставници на факултетима треба да помогну колегама наставницима у школама у одабиру и реализацији нових експеримената који би се реализовали на часовима физике. Овде су описани само неки огледи који се, са мало труда и материјала, могу реализовати у свим школама.

## ОДРЕЂИВАЊЕ ГУСТИНЕ ЧВРСТОГ ТЕЛА БЕЗ МЕРЕЊА ЊЕГОВЕ МАСЕ И ЗАПРЕМИНЕ

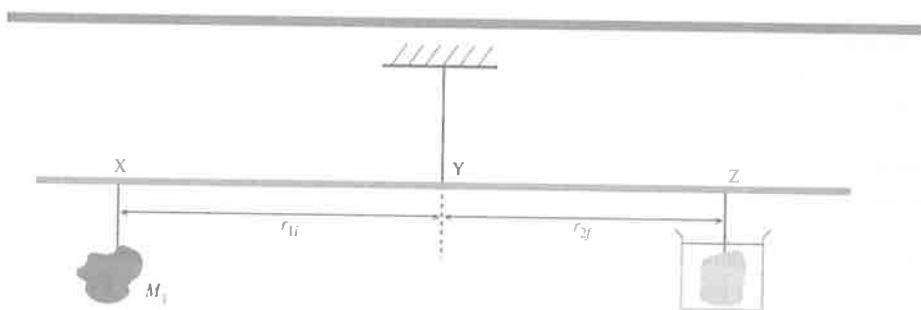
Једноставан метод за налажење густине тела без мерења масе и запремине је заснован на равнотежи момента и Архимедовом принципу [4]. Мерење подразумева уравнотежавање равнокраке полуге у ваздуху на коју су обешена два тела непознатих маса  $M_1$  и  $M_2$  са различитих страна ослонца (Слика 1). Из услова равнотеже полуге налазимо

$$M_1 g r_{1i} = M_2 g r_{2i} \quad (1)$$



Слика 1. Равнотежа полуге у ваздуху.

Након тога тело чију густину одређујемо (тело  $M_2$ ) се урања у течност познате густине (на пример у воду), и поновно се врши уравнотежавање полуге. Положај тела  $M_1$  се не мења. Познавајући густину воде, густина тела се одређује мерењем дужине крака сила када је полуга у равнотежи (Слика 2).



СЛИКА 2. Равнотежа полуге када је тело  $M_2$  потопљено у течност познате густине.

У новом положају равнотеже, крак силе  $M_2 g$  је  $r_{2f}$  док крак силе  $M_1 g$  остаје исти,  $r_{2i}$  (слика 2). Услов равнотеже момента је

$$M_1 g r_{1i} = (M_2 g - B) r_{2f} \quad (2)$$

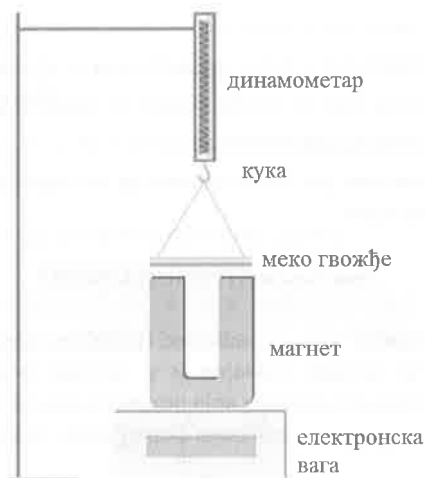
где је  $B$  сила потиска која делује на тело  $M_2$  док је потопљено у течности, тј.  $B = \rho_1 V_2 g$ , где је  $\rho_1$  густина течности. Решавањем једначине (2) налазимо да је

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 - r_{2i} / r_{2f}} \quad (3)$$

Процедура захтева да се што прецизније мерење дужина  $r_{1i}$  и  $r_{2f}$ . Вредност за густину  $\rho_1$  узети из таблица.

### ТРЕЋИ ЊУТНОВ ЗАКОН

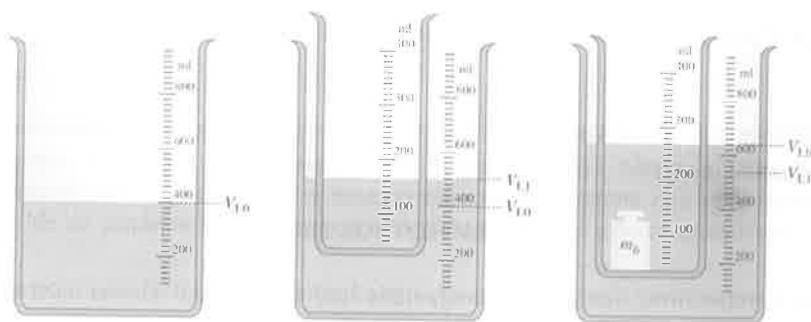
Једну интересантну идеју за демонстрацију Трећег Њутновог закона налазимо у раду [5]: магнет и комад меког гвожђа се привлаче силама једнаким по правцу и интензитету, са супротним смеровима (Слика 3). Окачити комад гвожђа о куку динамометра као на слици. Очитати силу коју показује динамометар. На електронску вагу поставити магнет и мерењем његове масе израчунати тежину магнета. Позиционирањем гвожђа непосредно изнад магнета, показивање динамометра се повећава за исти износ силе за колико се смањи тежина магнета. Питање за размишљање: како би се сличан експеримент реализовао без употребе динамометра?



СЛИКА 3. Апаратура за демонстрацију Трећег Њутновог закона.

### АРХИМЕДОВ ПРИНЦИП

Концептуално разумевање Архимедовог принципа може се олакшати кроз једноставан експеримент у коме се одређује маса и густина тела које плива у течности [6]. Потребне су две градуисане чаше (већа и мања чаша) и тег непознате масе  $m_b$ .

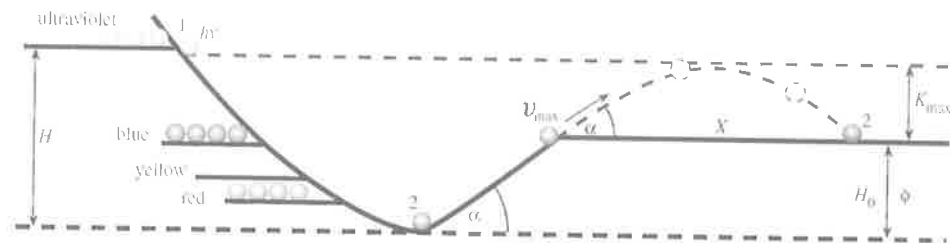


СЛИКА 4. (а) Почетни ниво течности у већој чаши. (б) Одређивање масе мање чаше. (в) Одређивање масе тела  $m_b$ .

У већу чашу у којој је почетни ниво воде  $V_{L0}$  убаца се мања градуисана чаша. Ниво воде се подигне до  $V_{L1}$ . На основу Архимедовог принципа, сила потиска која делује на мању чашу је  $(V_{L1} - V_{L0})\rho_0 g$ , где је  $\rho_0$  густина воде. Пошто су силе потиска и гравитациона сила  $m_s g$  уравнотежене, налазимо да је маса мање чаше износи  $m_s = (V_{L1} - V_{L0})\rho_0$ . Ако сада тело непознате масе  $m_b$  спустимо у мању чашу (Слика 4, ц) ниво воде у великој чаши се подигне до  $V_{Lb}$ . Сила потиска која се уравнотежује са гравитационом силом  $m_b g$  износи  $(V_{Lb} - V_{L1})\rho_0 g$ . Одавде налазимо да је маса тела  $m_b = (V_{Lb} - V_{L1})\rho_0$ . Као експериментални задатак за ученике остављамо да осмисле метод за одређивање густине непознате течности помоћу исте апаратуре.

### ФОТОЕЛЕКТРИЧНИ ЕФЕКАТ

Модели и аналогија чине једно од важних сазнајних средстава у физици и науци уопште. Аналогни модели постају значајни и у настави физике за описивање често копликоване ситуације са једноставнијом која подлеже формално истим законитостима и која може да се опише истоветним физичким формулама. Једно такво решење налазимо у [7].



СЛИКА 5. Механички модел за фотоелектрични ефекат [7].

Ученици у четвртог разреда гимназије изучавају фотоелектрични ефекат. Од њих се очекује да разумеју концепт енергије фотона  $h\nu$ , излазног рада из метала  $\phi$ , максималне кинетичке енергије избаченог електрона  $K_{\max} = mv_{\max}^2 / 2$ . Ајнштајнова једначина за фотоелектрични ефекат је

$$h\nu = \phi + K_{\max} \quad (4)$$

где је  $h$  Планкова константа. У експерименту приказаном на слици 5, куглице различитих боја се пуштају низ стрму раван са висине  $H$ . Њихова потенцијална енергија износи  $mgH$ . Ове куглице симулирају фотоне различите енергије. Куглица 2 симулира електрон у потенцијалној јами у металу. Када фотон (куглица 1) удари у електрон (куглица 2), електрон бива избачен из метала. Слично, у механичком моделу, када куглица 1 чија је потенцијална енергија  $mgH$  еластично се судари са куглицом 2 на дну стрме равни, она је избаци куглицу 2 која се даље креће као коси хитац. Закон одржања енергије гласи

$$mgH = mgH_0 + \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad (5)$$

Упоредивањем једначина (4) и (5) уочава се аналогија међу одговарајућим механичким величинама и величинама које су карактеристичне за фотоелектат (Табела 1).

ТАБЕЛА 1. Аналогне величине у моделу.

Механичка аналогија	Фотоелектрични ефекат
Потенцијална енергија "Фотон" куглице 1, $mgH$	Енергија упадног фотона, $h\nu$
Потенцијална енергија "електрон" куглице 2, $mgH_0$	Излазни рад, $\phi$
Кинетичка енергија "електрон" куглице 2, $E_k$	Кинетичка енергија фотона, $K_{\max}$

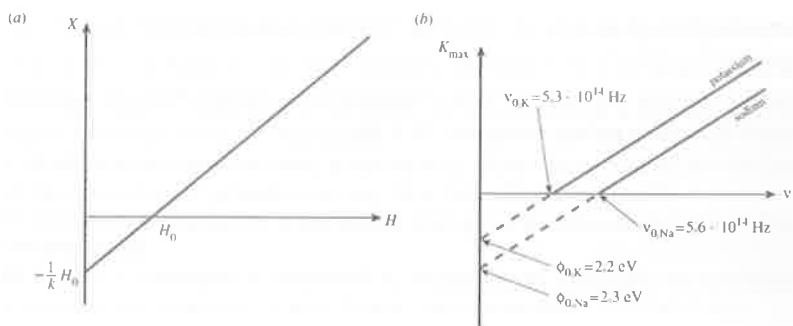
Трансформацијом једначине (5) добијамо релацију облика

$$X = \frac{1}{k}H - \frac{H_0}{k} \quad (6)$$

где је  $X = (v_{\max}^2 \sin^2 \alpha) / g$  и  $k = 1 / (2 \sin^2 \alpha)$ . Слично, решавањем Ајнштајнове једначине (4), добијамо

$$v_{\max}^2 = \frac{2h}{m} \nu - \frac{2\phi}{m} \quad (7)$$

У експерименту се могу мерити параметари параболо, и скицирати график  $(X, H)$  који се може упоредити са графиком који се добија на основу једначине (7).



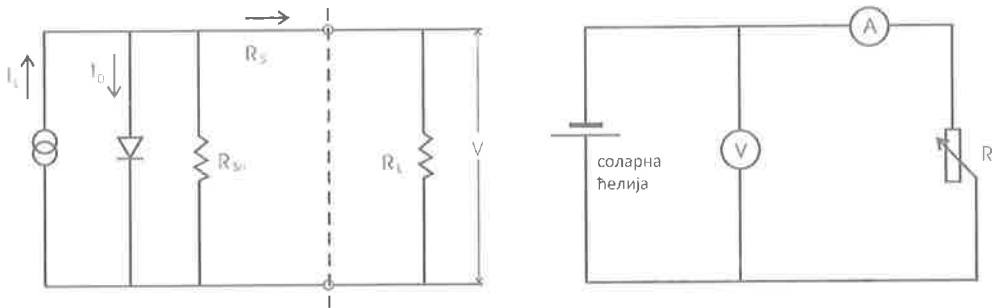
СЛИКА 6. (а) Механичка аналогија, домет куглице 2 у функцији од висине  $H$  са које се спуштају куглице 1. (б) Фотоелектрични ефекат, максимална кинетичка енергија електрона у функцији од фреквенције фотона [7].



На слици 6(б) видимо да енергија електрона линеарно расте с фреквенцијом светлости, али не зависи од њеног интензитета. Сличну зависност уочавамо и на слици 6(а).

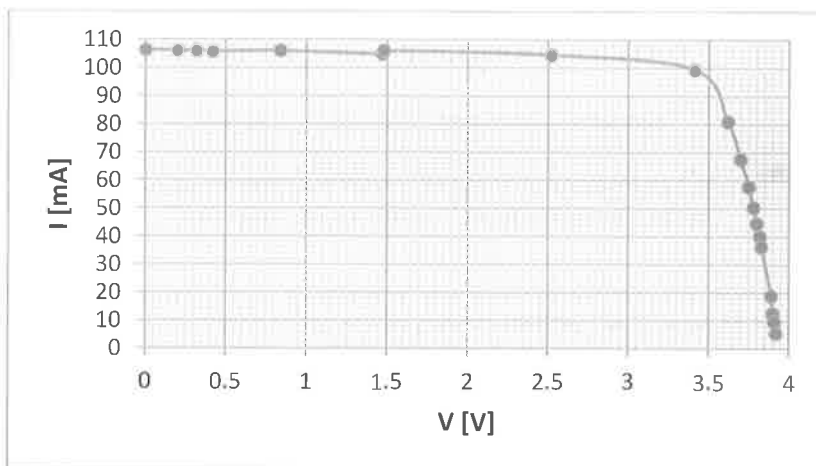
### СОЛАРНА ЋЕЛИЈА

У раду [8] описан је експеримент за мерење струјно напонске карактеристике силицијумске соларне ћелије. Овај оглед има посебну педагошку снагу због његове једноставности и логичке јасноће и може наћи своје место у програму физике у четвртном разреду гимназије. Могу се рачунати основни параметри ћелије: максимална снага, филдинг фактор, струја кратког споја и напон празног хода. Од прибора су потребни соларна ћелија (панел), извор светлости, променљиви отпор 0–100 kΩ, милиамперметар и волтметар. У нашем експерименту је коришћена монокристална силицијумска соларна ћелија чије су димензије 70x65x3,2 mm. Соларна ћелија се може моделовати као диода која ради у инверзном режиму. Више детаља о овоме и једначинама којима се описује струја у соларној ћелији налази се у раду [9]. Еквивалентно коло соларне ћелије јр приказано на слици 7а. Овде је  $R_s$  серијски отпор,  $R_{SH}$  паралелни отпор (шант),  $R_L$  спољашњи отпор. На слици 7б је шематски приказ кола за мерење струјно-напонске карактеристике соларне ћелије: А - амперметар, V - волтметар, R –променљиви отпор.



СЛИКА 7. а. Еквивалентно коло соларне ћелије. б. Шематски приказ кола за мерење струјно-напонске карактеристике соларне ћелије.

На слици 8 приказана је струјно напонска карактеристика соларне ћелије добијена мерењем напона и струје у колу са слике 7б. Одговарајућа тачка на графику која одговара максималној снази ћелије има координате  $V_{mp} = 3,3V$  и  $I_{mp} = 100mA$ . Вредност за максималну снагу ћелије износи  $P_m = 0,33 W$ . Процењене вредности напона празног хода и струје кратког споја су 4 V и 104 mA, редом. Нумеричка вредност за филдинг фактор соларне ћелије износи  $FF = 0,79$ , што у процентима износи 79%. За карактеристични отпор соларне ћелије се добија вредност 38,5 Ω.



СЛИКА 8. Струјно напонска карактеристика соларне ћелије.

### ЗАКЉУЧАК

Развој и распрострањеност интернета, едукативних софтвера и апликација имају огроман позитиван утицај на увођење нових наставних средстава у настави физике. Управо и циљ рада јесте био да се укаже на само неке изворе за нове демонстрационе експерименте као и за лабораторијске вежбе из физике. На крају, ево неколико web адреса часописа у којима се објављују радови корисни за наставник физике.

American J. of Physics, <http://aapt.scitation.org/toc/ajp/current>,

European J. of Physics, <http://iopscience.iop.org/journal/0143-0807>

The Physics Teacher, <http://aapt.scitation.org/toc/pte/current>

Physics Education, <http://iopscience.iop.org/journal/0031-9120>

Kvant, <http://kvant.mccme.ru/>

### ЛИТЕРАТУРА

1. Љ. Нешић, Поглавља методике наставе физике, ПМФ Ниш, 2015, 207-244.
2. J. Cunningham, N. Her, Hands-On Physics Activities with Real-Life Applications: Easy-to-Use Labs and Demonstrations for Grades 8 - 12, John Wiley&Sons, San Francisco, 1994.
3. В. А. Буров, Б. С. Зворикин, А. П. Кузимин, А. А. Пкровскиј, И. М. Румјацев, Демонстрациони експеримент из физике за средњу школу, књига 1 и 2 (на руском), Просвешеније, 1978, 1979.
4. F. Mumba, and M. Tslge, Finding the density of objects without measuring mass and volume, Physics Education 43 (3) 293-295 (2006).
5. P. Gluck, Newton's third law hangs in the balance, Physics Educations 41 104-105 (2006).
6. M. Kires, Archimedes' principle in action, Phys. Educ. 42 484-487 (2007).
7. M. Kovacevic, A. Djordjevich, A Mechanical analogy for the photoelectric effect, Phys. Educ. 41, 551-555 (2006).
8. М. Шебек, А. Петковић, А. Марковић, С. Марковић, М. Свичевић, М. Ковачевић, Струјно-напонска карактеристика соларне ћелије, Настава физике 3, 311-314 (2016).
9. D. W. Kammer and M. A. Ludington, Laboratory experiments with silicon solar cells, Am. J. Phys. 45, 602-606 (1977).