

V. Бача

2009.

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ



ЗБОРНИК

ПРЕДАВАЊА, ПРОГРАМА РАДИОНИЦА,
ПРЕЗЕНТАЦИЈА И ПОСТЕР РАДОВА
СА XXVII РЕПУБЛИЧКОГ СЕМИНАРА
О НАСТАВИ ФИЗИКЕ

ВРЊАЧКА БАЊА – 2009

*Милошковић
РМФ-КС-2009*

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

V. Bažar



ЗБОРНИК

**ПРЕДАВАЊА, ПРОГРАМА РАДИОНИЦА,
ПРЕЗЕНТАЦИЈА И ПОСТЕР РАДОВА
СА XXVII РЕПУБЛИЧКОГ СЕМИНАРА
О НАСТАВИ ФИЗИКЕ**

ВРЊАЧКА БАЊА – 2009

ОРГАНИЗАТОР СЕМИНАРА

Друштво физичара Србије

Стручни одбор:

1. Илија Савић
2. Душанка Обадовић
3. Стеван Јокић
4. Божидар Вујичић
5. Бранислав Јовановић
6. Вера Бојовић
7. Дарко Капор
8. Мирјана Поповић Божић
9. Агнеш Капор

Организациони одбор:

1. Александар Белић
2. Дарко Танасковић
3. Душанка Обадовић
4. Наташа Каделбург
5. Славиша Станковић
6. Татјана Марковић Топаловић
7. Весна Вучић
8. Марко Поповић
9. Предраг Давидовић

Уредник зборника:
Илија Савић

Технички уредник:
Душан Ћасић

Издавач:

Друштво физичара Србије

Тираж: 250 примерака

Штампа: „ТОН ПЛУС“, Београд

Мерење осветљености помоћу лукметра

Милан Ковачевић¹, Милена Поповић², Андреа Спасић²

¹⁾ ПМФ, Институт за физику, Р. Домановића 12, Крагујевац, Србија

²⁾ VIII razred, Огледно одељење Математичке гимназије при Првој Крагујевачкој гимназији

Апстракт. У раду је описан експеримент где се помоћу лукметра типа ПЛМ-3 мери осветљеност у функцији од растојања у односу на светлосни извор. Као светлосни извор коришћене су три сијалице различитих снага: 40, 75 и 100 W. На основу графика функције типа $E=f(1/r^2)$ може се приближно одредити јачина светлости коју даје свака сијалица појединачно. Циљ рада је упознавање ученика са начином мерења осветљености коју даје светлосни извор као и демонстрација основног закона фотометрије.

Основне фотометријске величине

Дејство светлости на наше очи или ма који други пријемни апарат састоји се у предаји енергије коју преносе светлосни таласи томе региструјућем апарату. Због тога за анализу закона оптичких појава потребно је створити представу о мерењу светлости (фотометрији) што се своди на мерење енергије коју носе светлосни таласи, или на мерење величина које су на разне начине везане са том енергетском карактеристиком. При мерењу светлости треба разликовати следеће величине: светлосни флуks, јачина светлости, осветљеност и осветљај [1-3]. За више детаља о дефиницији ових величина погледати Додатак А на крају рада.

Осветљеношћу се назива величина светлосног флуksа који долази на јединицу површине. Тако, осветљеност површине σ је (сл.А1 додатак А):

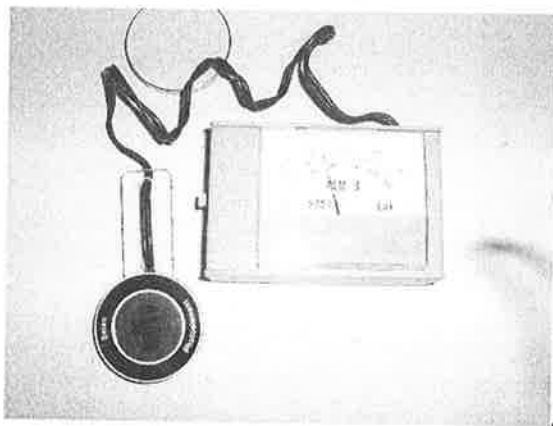
$$E = \frac{d\Phi}{\sigma} = \frac{I d\Omega}{\sigma} = \frac{I \cos \varphi}{r^2}. \quad (1)$$

Добијени израз показује да је осветљеност коју ствара тачкасти извор обрнуто пропорционална квадрату растојања од извора до површине и директно пропорционална косинусу угла, који образује правац светлосног флуksа (оса уског конуса унутра кога је усмерен флуks) са нормалом на осветљену површину. Ово је основни закон осветљености коју ствара тачкасти извор познат још као Ламбертов закон.

За јединицу осветљености узима се 1 лукс, а то је она осветљеност при коме на 1 м² површине пада управно светлосни флуks од једног лумена. Лукс (латински: lux = светлост) се обележава симболом lx.

Експеримент

Постоје различите методе за фотометријска мерења, као на пример оне које су описане у Реф. 4 и 5. У овом раду предмет изучавања су фотометријска мерења заснована на зависности где је фотоелектрична струја управо пропорционална светлосном флуксу који апсорбује фотоелемент. Један такав уређај за мерење осветљености је луксметар. У нашем експерименту коришћен је аналогни луксметар типа ПЛМ-3 (Слика 1). Уређај се састоји од основног уређаја за мерење и једног мерног сензора који у себи има једну осетљиву фотодиоду. Мерни опсег овог инструмента је у интервалу од 1 до 5000 лукса који је подељен у два одвојена мерна опсега. Очитавање вредности за осветљеност се врши директно на мерној скали инструмента.



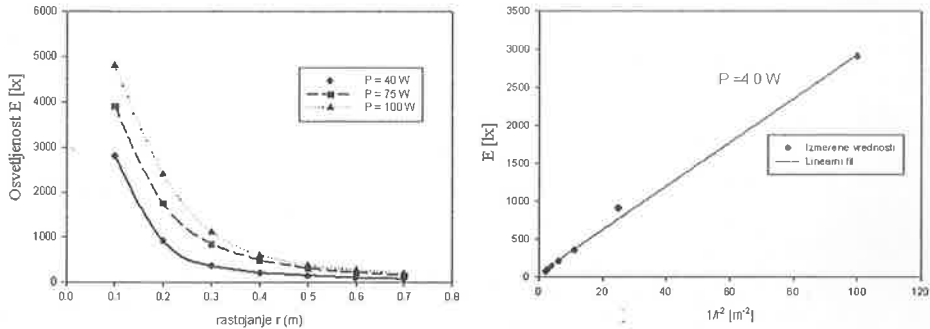
СЛИКА 1. Луксметар ПЛМ-3.

Као светлосни извор коришћене су беле сијалице чија је снага 40, 75 и 100 W, респективно. Мерена је зависност осветљености E од растојања од сијалице константне снаге са упадним углом од $\varphi = 0^\circ$. Иста мерења су поновљена и са друге две сијалице снаге 75 и 100 W. Добијени резултати мерења су графички приказани као функција типа $E = f(r)$ (видети слику 2). Растојање од извора је изражено у метрима, а вредност за осветљеност у луксима је директно очитавана на инструменту. Мерења су извршена у лабораторији за методичку наставу физике на Институту за физику Природно-математичког факултета у Крагујевцу.

Резултати и дискусија

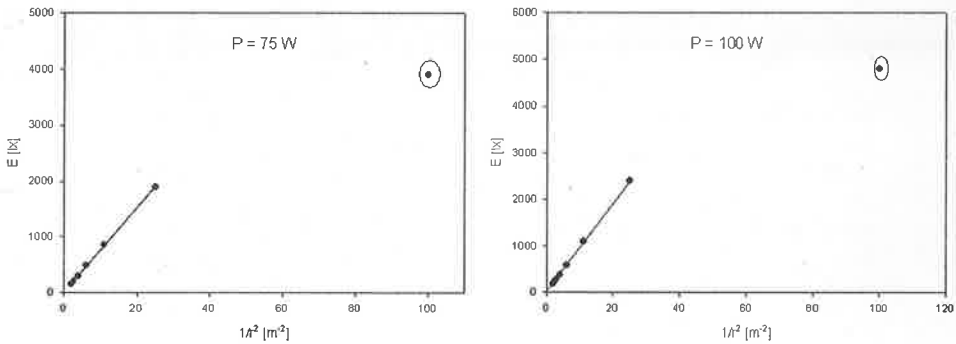
За седам различитих вредности растојања од извора, сијалице снаге 40 W, помоћу луксметра је очитавана вредност за осветљеност. Након тога истим поступком је измерена осветљеност која потиче од друге две сијалице. Резултати су приказани у Табели 1.

На слици 2 је приказана зависност осветљености од растојања од извора за сва три извора (сијалице). Са слике је очигледно да је осветљеност функција растојања облика $\propto 1/r$. На истој слици је приказана и осветљеност у функцији од $1/r^2$ за сијалицу снаге 40 W.



Слика 2: Осветљеност E у функцији од растојања r и осветљеност у функцији $1/r^2$

На слици 3 су приказане функције типа $E = f(1/r^2)$ за преостале две сијалице снаге 75 и 100 W. Одговарајуће праве линије су добијене коришћењем линеарног фита помоћу програма *Sigma Plot 8.02*. Уочава се линеарна зависност осветљености E од $x = 1/r^2$. Заокружене тачке на графику су третирана као одступања приликом мерења, и ове тачке нису узете у обзир при фитовању резултата.



Слика 3: Зависност осветљености E од $1/r^2$ сијалице снаге 75 и 100 W. Коришћени су исти експериментални резултати као за слику 2. Праве линије на графику 3 су резултат линеарног фита.

За праве које се добијене фитовањем експерименталних резултата, очитане су вредности за коефицијенте правца. Добијени резултати за сијалице снаге 40, 75 и 100 W износе: за прву сијалицу 29; за друге две сијалице, ако се изузму тачке које су заокружене на графику, 74 и 95, редом. Ове вредности по свом физичком сми-

слу одговарају јачини светлости коју даје дати светлосни извор (сијалица). Одређена одступања у измереним вредностима (заокружене тачке на слици 3), се јављају управо због ефекта коначних димензија светлосног извора на веома малим удаљеностима од њега.

ТАБЕЛА 1. Резултати мерења

г (m)	I/r^2 (m^{-2})	E (lx), P = 40 W	E (lx), P = 75 W	E (lx), P = 100 W
0.1	100	2800	3900	4800
0.2	25	900	1900	2400
0.3	11.11	350	850	1100
0.4	6.25	200	480	590
0.5	4	140	300	370
0.6	2.78	90	210	270
0.7	2.04	70	150	190

Закључак

Приказана мерења осветљености у функцији од растојања у односу на светлосни извор су у доброј сагласности са теоријским предвиђањима. Истичемо и то да је у експерименту као извор коришћене сијалице, које се у првој апроксимацији, за велика растојања на којима се врши читавање осветљености, могу сматрати тачкастим изворима. Помоћу описаног експеримента ученици стичу представу о мерењу светлосних величина. Такође, на основу резултата мерења ученици долазе до закључка да осветљеност једне елементарне површине, на коју светлост пада нормално, је управо сразмерна јачини светлосног извора, а обрнуто сразмерна квадрату растојања од извора светлости.

Литература

1. Г. С. Лансберг. Оптика, Научна књига, Београд, 1967.
2. И. В. Савельев, Курс опште физике. трећи део, Оптика, Москва, 1982.
3. С. Божин, М. Распоповић, Е. Даниловић, Физика за трећи разред гимназије, Београд 1993.
4. R. Rykowski, „Illumination System Measurement Using CCD Cameras“, OSA, Reprinted with permission, 1-3, 1994.
5. H. R. Rosen, W. M. Roberds, „A device for measuring intensity of illumination“, Science 78, 241-242, 1993.
6. http://www.dfisica.ubi.pt/~hgil/FotoMetria/FAQ's-DOC's/Phye_Lambert.Law.pdf
7. http://www.nikhef.nl/~h73/knlc/praktikum/phywe/LEP/Experim/2_4_02.pdf

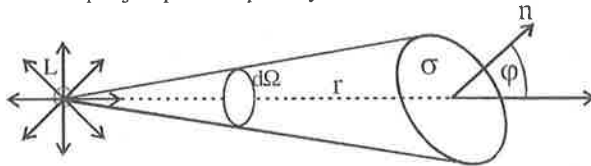
Додатак А

A1) Светлосни флукс Φ . Количина светлости коју емитује светлосни извор у једној секунди зовемо *укупни светлосни флукс*. Ако се узме у обзир само она количина светлости, коју емитује светлосни извор у секунди кроз неку дату повр-

шину онда је то *светлосни флуks кроз површину*. На слици А1 приказан је један светлосни извор тако малих димензија да се на неком растојању од извора површина којом се простире талас може сматрати сферном. Такав извор се обично назива тачкасти. На путу емитоване енергије која иде од извора L постављена је мала површина σ . Ако је E енергија која прође кроз површину σ за време τ тада је

$$d\Phi = \frac{E}{\tau} \quad (\text{A1})$$

флуks светлосне енергије кроз површину σ



Слика А1: Уз одређивање појма "светлосни флуks"

Пошто се светлосна енергија у хомогеној средини простире праволинијски, то ако се из тачке L повуче линијска површина која се ослања на контуру σ , добија се конус, који ограничава део светлосног флуksа који пролази кроз σ . Пресек конуса са сферном површином са центром у L и полупречником који је једнак јединици даје величину просторног угла конуса $d\Omega$. Ако нормала на површину σ гради са осом конуса угао φ , а r је растојање од L до осветљене површине, онда је:

$$d\Omega = \frac{\sigma \cos \varphi}{r^2} \quad (\text{A2})$$

На тај начин $d\Phi$ је део флуksа који долази на просторни угао $d\Omega$. Овде се предпоставља да су линеарне димензије површине σ мале у поређењу са r тако да је $d\Omega$ мала величина и флуks унутар $d\Omega$ се може сматрати равномерним. Укупни флуks који наилази од извора L у свим правцима биће

$$\Phi = \int d\Phi \quad (\text{A3})$$

Светлосни флуks се мери јединицом која се назива лумен (латински: *lumen* = svetlost) и означава се знаком lm .

A2) Јачина светлости I . Величина светлосног флуksа који долази на јединицу просторног угла назива се јачина светлости. Ако је флуks Φ који емитује светлосни извор равномеран, онда ће бити

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \quad (\text{A4})$$

стварна јачина светлости у ма ком правцу. У случају неравномерног флукса величина $\Phi / 4\pi$ представља само средњу јачину светлости. За одређивање стварне јачине светлости у ма ком правцу потребно је издвојити довољно мали просторни угао $d\Omega$ дуж тог правца и измерити светлосни флукс $d\Phi$ који долази на тај просторни угао. Јачина светлости у датом правцу одређује се релацијом

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}. \quad (A5)$$

Јединица за јачину светлости је кандела, а обележава се са cd (лат. *candela* = све)