



8. Državni turnir mladih prirodoslovaca



Problem br. 10 Uljni točkasti fotometar

AUTOR: NORIN ANĐELKOVIĆ

MENTOR: KAROLINA DVOJKOVIĆ, PROF.

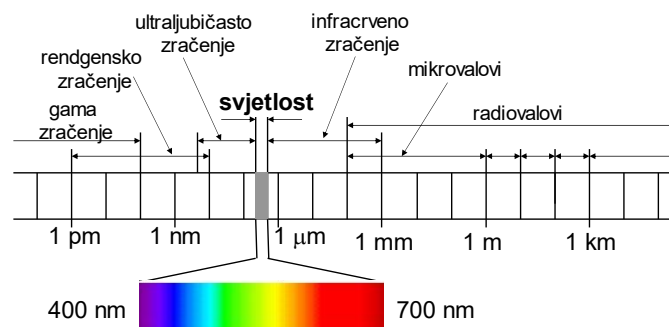
ŠKOLA: GIMNAZIJA VUKOVAR, VUKOVAR

Uvod

Od ponuđenih problema ovogodišnjeg Turnira mladih prirodoslovaca odabrao sam problem broj 10 koji glasi: „Papir s uljnom mrljom postavljena je između dva izvora svjetlosti. Ovisno o položaju papira, mjesto izgleda svjetlije ili tamnije od okolnog papira. Točka vizualno nestaje kada je papir postavljen na određenom mjestu. Je li ovaj efekt prikladan za mjerenje osvjetljenja slabog (npr. svjetleći štapić ili Mjesec) ili vrlo svijetlog (npr. Sunce) izvora svjetlosti?“. Ovaj mi se problem učinio zanimljiv i interesantan jer se bavi proučavanjem svjetlosti, a i razmišljao sam da ću nakon istraživanja teorije i provođenja mjerenja svoje znanje moći praktično primijeniti u svakodnevnom životu.

Teorijska razrada problema

„Svjetlošću nazivamo elektromagnetske valove valne duljine od 400 nm do 760 nm. Izvor tih valova su atomi i molekule u pobuđenom stanju“[1]. To je dio spektra elektromagnetskog zračenja koje naše oko može raspoznati.



Slika 1. svjetlost kao dio elektromagnetskog spektra

Fotometrija i fotometar

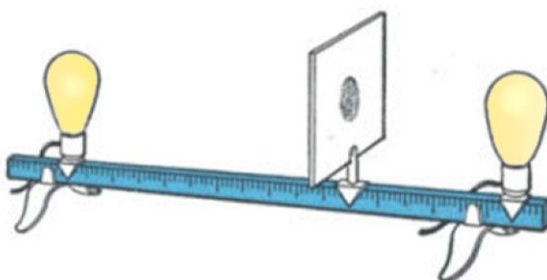
Sama riječ fotometrija upućuje na doslovan prijevod metar = mjeriti, foto = svjetlost, odnosno mjeriti svjetlost. Fotometrija je dio optike koji se bavi svojstvima i mjerenjima izvora svjetlosti, svojstvima i mjerenjem svjetlosnog toka i svojstvima i mjerenjem rasvjete površine [1]. Sva promatranja i mjerenja u fotometriji provode se u dijelu spektra vidljivom ljudskom oku.

Fotometar ili svjetlomjer je mjerni instrument za mjerenje jakosti svjetlosti. Temelji se na uspoređivanju osvijetljenosti neke površine poznatim izvorom svjetlosti i osvijetljenosti koja potječe od nepoznatog izvora [2].

Intenzitet kuglastog/sfernog vala definiran je formulom: $I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$

gdje je P emitirana stalna snaga izvora, a A površina kugline plohe. Ako žarulju, čiji je oblik kuglast, promatramo kao točkasti izvor, tada gore navedena relacija vrijedi i za žarulju.

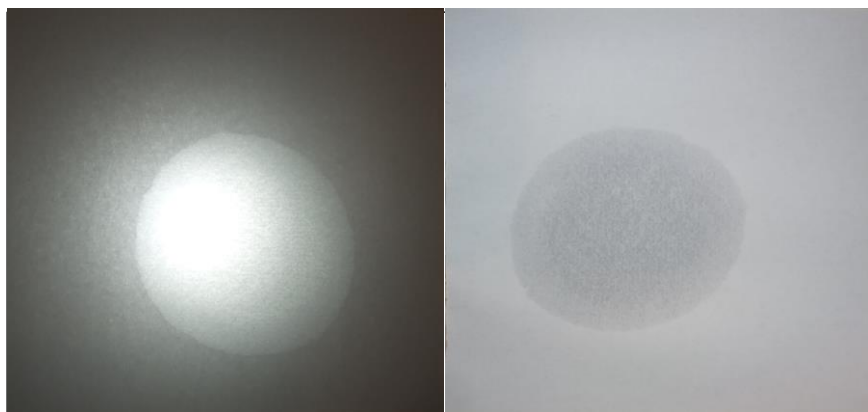
Prema gore navedenoj definiciji eksperiment sa uljnom mrljom može funkcionirati kao fotometar jer postoje 2 izvora svjetlosti, jedan od njih je poznate jačine, drugi nepoznate i zajednička osvijetljena površina. Teorija pretpostavlja da će uljna mrlja promatrana iza jednog od izvora svjetlosti biti tamnija nego okolni papir kada je omjer jačine i kvadratne udaljenosti izvora veći nego omjer jačine i kvadratne udaljenosti drugog izvora, a svjetlija kada je omjer jačine i kvadratne udaljenosti izvora manji nego omjer jačine i kvadratne udaljenosti drugog izvora.



Slika 2. Skica jednostavnog uljnog točkastog fotometra [2]

Aparatura, eksperimentalne metode i mjerenja

Aparatura se sastoji od dvaju ili više izvora svjetlosti, mjerne vrpce, papira sa uljnom mrljom i nekog postolja. Mjerenje se provodi tako što stavimo papir između izvora svjetlosti i očitavamo udaljenost između izvora. Ako je mrlja tamnija od papira onda treba udaljiti od tog izvora, a ako je svjetlija onda treba približiti. To ponavljamo dok točka na papiru vizualno nestane.



Slika 3. Mrlja sa jačim izvorom iza nje (lijevo) i ispred (desno)

Provođenje mjerenja sa izvorima različitih učinkovitosti nije mjerljivo. Kada se mjere izvori različitih učinkovitosti bolje je koristiti lumene, a ne Wattle, preko kojih se može izračunati snaga (prosječna učinkovitost za LED - 90lm/W, Fluorescentne – 60lm/W, Žarna nit – 17,33 lm/W, ...)

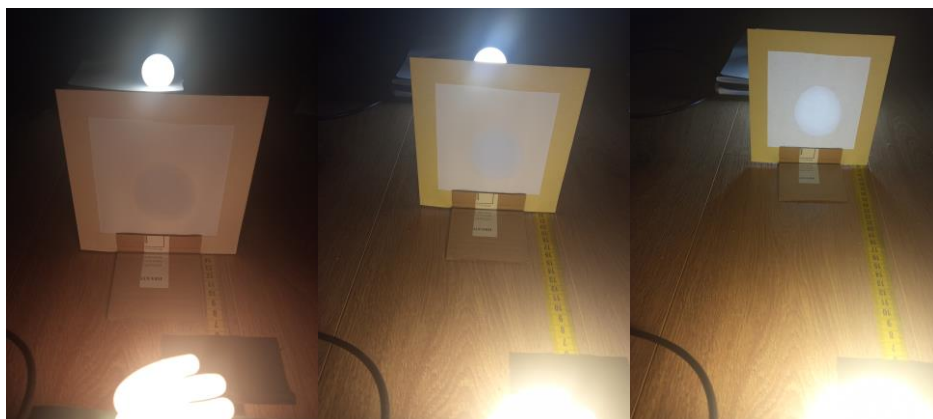
Eksperimenti sa „lumenima“ su puno točniji nego eksperimenti sa „wattima“ jer žarulje manjih učinkovitosti većinu energije pretvaraju u toplinu. LED žarulja od 5W će isijavati jednako kao žarulja sa žarnom niti od 26 W.

Mjerenje sa slabim izvorima svjetlosti je vrlo netočno i teško za izmjeriti. Mjerenja su vršena sa svjetlećim štapićima tzv. *starlight*-ima (služe kao pomoć pri noćnom pećanju) te ukazuju na nedovoljnu jakost svjetla kako bi se točno mogao odrediti omjer. U pokusu sa Mjesečevom svjetlosti uočava se da ista nije ni vidljiva kroz papir, te se zaključuje da bi trebao i jako slab izvor sa druge strane kako bi se moglo išta (neprecizno) izmjeriti.

Formula također ne radi za snopove koji su koncentrirani ogledalima (npr. laser, svjetiljka) i ne-kuglastim izvorima.



Slika 4. Papir u poziciji ravnoteže gdje se mrlja ne vidi

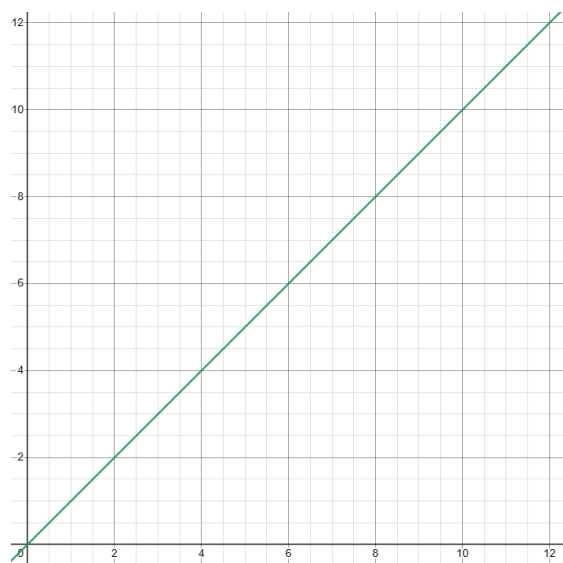


Slika 5. Postupak provođenja mjerenja (lijevo - papir je preblizu, sredina - papir je između, desno - papir je predaleko)

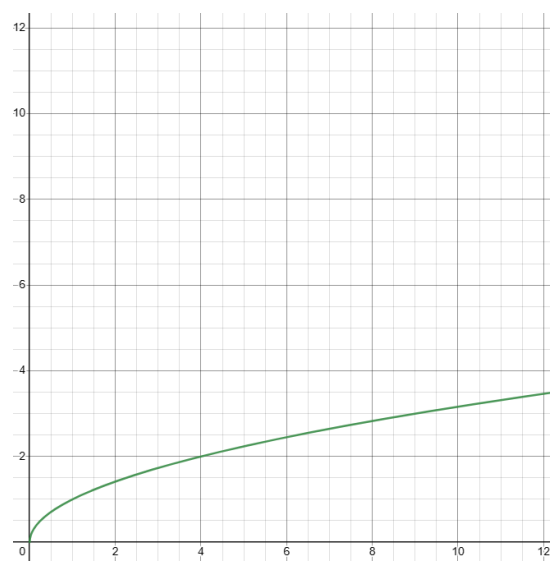
Rezultati

Tablica 1. rezultati

Žarulja deklarirane snage			Žarulja uzorak				
Tip žarulje	Deklarirana snaga žarulje $P_D(W)$	Udaljenost žarulje i uljne mrlje $\bar{r}_D(m)$	Tip žarulje	Udaljenost žarulje i uljne mrlje $\bar{r}_U(m)$	Izračunata snaga $P_U(W)$	Deklarirana snaga $P_{DU}(W)$	Maksimalna relativna pogreška $r(\%)$
Žarna nit	150	31,7	Žarna nit	18,3	49,99	50	0,02
Fluorescentna	20W	27	LED	23	14,51	7	107,29
LED	7	25	LED	25	7	7	0
LED	7	26,9	LED	23,1	5,16	5	3,2
Žarna nit	50	25,5	LED	24,5	46,16	7	559,43
LED	7	29,2	Halogena	20,8	3,55	70	94,93



Slika 6. $(d1/d2)^2 / P1/P2$ graf



Slika 7. $(d1/d2) / P1/P2$ graf

Zaključak

Intenzitet svjetlosti ovisi o vrsti izvora svjetlosti. Žarulje koje se uzimaju kao izvori svjetlosti u ovisnosti o njihovoj građi imaju različite postotke pretvorbe energije u svjetlost odnosno toplinu. Što su izvori svjetlosti građom sličniji, to je podudaranje s teorijskim modelom fotometra točnije. Eksperimentalno je dokazano da efekt vizualnog nestajanja točke uljnog fotometra dobro funkcionira za mjerenje jačeg izvora svjetlosti. Mjerenja vršena sa slabim izvorima svjetlosti, uz pomoć tzv. *starlight*-a, što je štapić koji isijava fluorescentnu svjetlost te služi ribičima za pomoć pri pecanju, pokazuje da su mjerenja neprecizna te da je ista teško provesti.

Literatura

1. Henč-Bartolić, V; Kulišić, P. Valovi i optika: udžbenik fizike za studente Elektrotehničkog fakulteta. Zagreb: Školska knjiga, 1991.
2. Mrežni izvor <https://www.technologyuk.net/science/measurement-and-units/luminous-intensity-and-photometry.shtml>, preuzeto 27.11.2023.
3. [Desmos | Graphing Calculator](#)