

## 71-osios moksleivių Fizikos olimpiados 10 klasės eksperimentinė užduotis

### Užduotis.

Nustatykite duoto fotorezistoriaus elektrinės varžos priklausomybę nuo krintančios spinduliuotės bangos ilgio ir apšvietos. Nurodykite bent vieną tirtu fotorezistoriaus pritaikymo galimybę.

**Fotorezistorius** - puslaidininkinis fotoelementas, kurio elektrinė varža keičiasi dėl apšvietos.

**Priemonės:** fotorezistorius, šviesos šaltinis (kaitrinė lemputė), šviesos filtrai (žr. lentelę), miliampermetras, voltmetro, jungikliai, 9,0 V ir 4,5 V baterijos, jungiamieji laidai, du vamzdeliai, lipni juostelė, tašeliai, liniuotė, milimetrinis popierius.

1 lentelė. Šviesos filtrų savybės

<i>Spektro spalva</i>	<i>Bangos ilgis, nm</i>	<i>Dažnis, THz</i>
Raudona	760 - 620	395 - 483
Oranžinė	620 - 590	483 - 508
Geltona	590 - 560	508 - 536
Žalia	560 - 500	536 - 600
Žydra	500 - 480	600 - 625
Mėlyna	480 - 450	625 - 666
Violetinė	450 - 380	666 - 789

### Sprendimas

#### Tyrimo metodas

Sklydama elektromagnetinė spinduliuotė perneša energiją. Ją apibūdina šviesos srauto sąvoka  $\Phi$ .

Šviesos srautas nusako, kiek energijos  $W$  šviesa atneša į kokio nors kūno paviršiaus plotą  $S$  per 1 s. Šviesos srautas, tenkantis vienetiniam paviršiaus plotui, vadinamas paviršiaus apšvieta. Apšvietą pažymėję raide  $E$ , šviesos srautą –  $\Phi$ , o plotą –  $S$ , galime parašyti

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (1)$$

**Fotorezistorius** - puslaidininkinis fotoelementas, kurio elektrinė varža keičiasi dėl apšvietos.

Dėl šviesos poveikio puslaidininkyje atsiranda daugiau laisvųjų krūvininkų (elektronų), todėl elektrinė varža mažėja ir didėja grandinė tekančios elektros srovės stipris. Kuo didesnis šviesos intensyvumas, tuo mažesnis puslaidininkinės medžiagos pasipriešinimas srovės tekėjimui. Šviesos šaltinio spinduliavimo intensyvumui apibūdinti vartojamas fizikinis dydis šviesos stipris, kurį žymėsime  $I_s$ .

Kai šviesa krinta statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiogiai proporcinga šaltinio šviesos stipriui  $I_s$  ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo paviršiaus kvadratu:

$$E = \frac{I_s}{d^2} \quad (2)$$

Čia  $d$ -atstumas iki objekto, kurį apšviečiame.

Elektros srovė per fotorezistorių, esant pastoviai įtampai, yra tiesiškai proporcinga apšvietai  $E$ .

$$I \propto E \quad (3)$$

Pagal Omo dėsnį elektros srovės stipris, tekantis per fotorezistorių, proporcingas  $1/R$ .

$$I \propto \frac{1}{R} \quad (4)$$

Palyginę (3) ir (4) gauname, kad

$$E \propto \frac{1}{R} \quad (5)$$

Palyginę (2) ir (5) matome, kad

$$\frac{I_s}{d^2} \propto \frac{1}{R} \quad \text{arba} \quad d^2 \sim R \quad (6)$$

Esant vienodam šviesos šaltinio intensyvumui, rezistoriaus elektrinės varžos  $R$  priklausomybė nuo  $d^2$  turėtų būti tiesė.

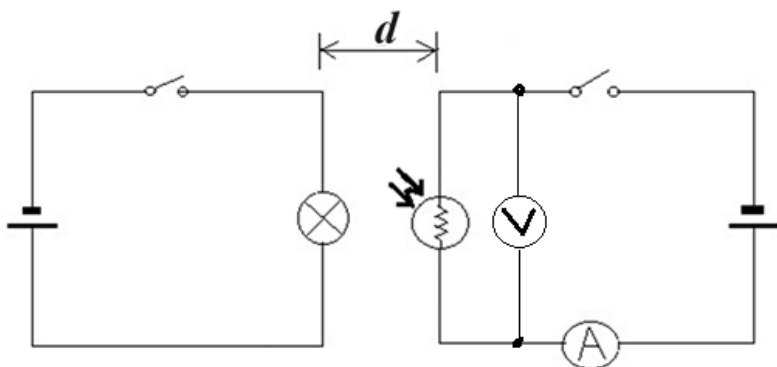
Atstumą tarp šviesos šaltinio ir fotorezistoriaus  $d$  matuosime liniuote.

Naudodami elektros grandinę, panašią į parodytą 1 paveiksle, nustatome elektrinę fotorezistoriaus varžą: išmatuojame įtampą rezistoriaus galuose  $U$  ir fotorezistoriaus grandine tekančios srovės stiprį  $I$ . Tada pagal Omo dėsnį grandinės daliai gauname

$$R = \frac{U}{I} \quad (7)$$

Kaitrinės lemputės skleidžiamas spektras yra ištisinis. Matomos šviesos bangos ilgis kinta nuo 380 iki 760 nm. Lemputės skleidžiamo skirtingo bangos ilgio šviesos intensyvumas nevienodas, todėl naudosime šviesos filtrus, kuri praleidžia tam tikro bangos ilgio spinduliuotę.

Sujungiam elektrinę grandinę, kaip parodyta 1 paveiksle.



1 pav. Elektrinės grandinės schema.

## Eksperimento eiga

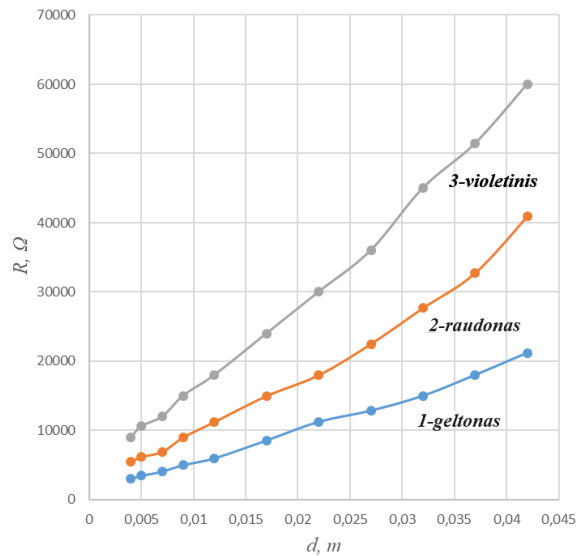
Sujungiam elektrinę grandinę, kaip parodyta 1 paveiksle. Fotorezistorių talpiname į plastmasinį vamzdelį, kad būtų apsaugotas nuo pašalinės šviesos srauto. Lemputę patalpiname į popierinį vamzdelį. Abu vamzdelius pritvirtiname prie tašelių, kaip parodyta 2 paveiksle.

### 1. Fotorezistoriaus elektrinės varžos priklausomybės nuo krintančios spinduliuotės bangos ilgio tyrimas

Lemputę maksimaliai priartiname prie fotorezistoriaus. Išmatuojame srovės stiprį, kai nėra šviesos filtro. Po to į tarpą talpiname filtrus ir matuojame srovės stiprį. Gautus matavimų rezultatus surašome į lentelę ir juos pateikiame grafike  $R(\lambda)$ .

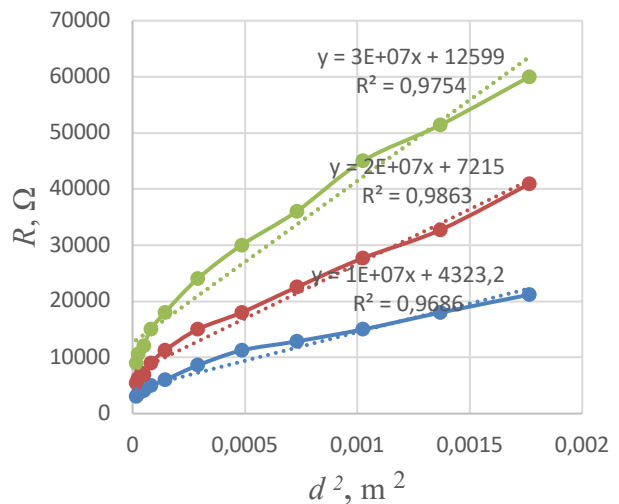
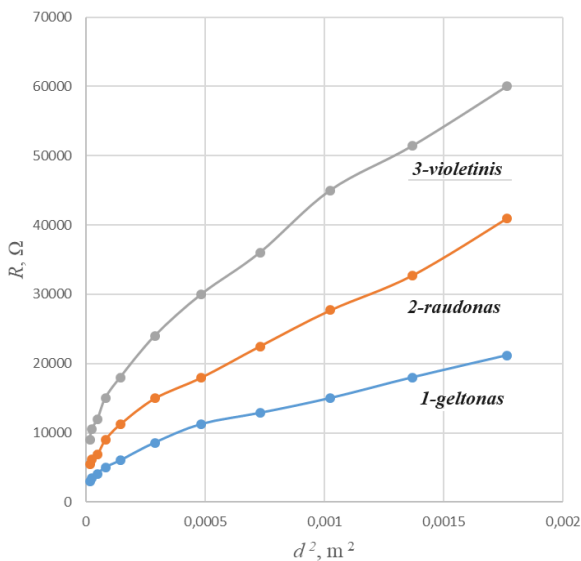


7								
...								



4 pav. Fotorezistoriaus varžos  $R$  priklausomybė nuo atstumo  $d$  tarp šviesos šaltinio ir fotorezistoriaus.

Nubraižome grafiką  $R$  nuo  $d^2$  naudojant skirtingus filtrus.



5 pav. Fotorezistoriaus varžos  $R$  priklausomybė nuo atstumo tarp šviesos šaltinio ir fotorezistoriaus kvadrato  $d^2$ . Pirmą iliustraciją (kairėje) – be aproksimacijos, antroji – aproksimuota ir nustatyta priklausomybė.

Iš paskutinio grafiko matyti, kad  $R$  nuo  $d^2$  kinta apytiksliai tiesiškai, krintant į fotorezistorių įvairios spalvos šviesai.

## Išvados

1. Išvados turi apibūdinti eksperimentiškai nustatytą fotorezistoriaus elektrinės varžos priklausomybę nuo bangos ilgio. Išvadose turi būti paaiškinimas, kodėl tam tikram bangos ilgiui varža yra mažiausia, o kitiems bangos ilgiams didesnė.

2. Išvados turi apibūdinti eksperimentiškai nustatytą varžos priklausomybę nuo apšvietos ir atstumo, pateikti paaiškinimą, ar gauti rezultatai atitinka teorines prielaidas. .
3. Išvadose turi būti pateiktos fotorezistoriaus varžos kitimo duotomis eksperimento sąlygomis. Pavyzdžiui, ribos kinta nuo  $3,00 \pm 0,03$  iki  $60,00 \pm 0,03 \text{ k}\Omega$  priklausomai nuo apšvietos.
4. Išvadose turi būti parodytas supratimas, kaip fotorezistorių galima pritaikyti praktiškai.

### VERTINIMAS

Eilės Nr.	Atlikti darbai	Taškai
<b><i>Tyrimo metodika ir eksperimento atlikimas</i></b>		<b>11</b>
1.	Pateiktas darbo eigos aprašas.	2
2.	Fotorezistorius ir lemputė patalpinti į vamzdelius.	1
3.	Teisingai sumodeliuota ir nubrėžta eksperimento darbo schema (teisingi žymėjimai, teisingas ampermetro jungimas ir voltmetro jungimas).	3
4.	Eksperimente naudojami filtrai.	1
5.	Eksperimentiniai duomenys pateikti lentelėse (lentelės tvarkingumas).	1
6.	Varžos priklausomybės nuo apšvietos tyrime atlikti mažiausia 6 matavimai skirtingais atstumais.	1
7.	Įvertintos matavimų paklaidos (įtampos ir srovės stiprio).	2
<b><i>Eksperimentinių duomenų analizė</i></b>		<b>10</b>
8.	Iš eksperimentinių duomenų nubraižytas $R(\lambda)$ grafikas (teisingai pasirinktos ir įvardintos ašys, gautas geras grafikas).	2
9.	Iš eksperimentinių duomenų nubraižytas $R(d)$ ir $R(d^2)$ grafikas.	2
10.	Įvertintas varžos kitimo intervalas.	1
11.	Analizėje paaiškintas taškų išbarstymas grafike.	1
12.	Iš grafiko nustatyta varžos priklausomybė nuo bangos ilgio/dažnio ir nuo apšvietos.	2
13.	Aptartas fotorezistoriaus jautrumas spinduliuotei.	2
<b><i>Išvados</i></b>		<b>4</b>
14.	Suformuluotos išvados (pateiktos darbo išvados, argumentai ir pateiktas numatymas).	3
15.	Pateiktas fotorezistoriaus pritaikymo bent vienas teisingas pavyzdys.	1
<b><i>Viso:</i></b>		<b>25</b>