

# 1 teorinė eksperimento užduotis

2015 IPhO stovykla

## DIFERENCINIS TERMOMETRINIS METODAS

Šiame darbe naudojame diferencinį termometrinių metodą šiems dviems tikslams pasiekti:

1. Surasti kristalinės kietosios medžiagos kietėjimo (kristalizacijos) temperatūrą.
2. Nustatyti saulės elemento naudingumo koeficientą.

Pastaba: matavimų duomenys yra duoti šio dokumento 12-16 puslapiuose, lentelėse 1-6.

### A. Diferencinis termometrinis metodas

Tiesiogine kryptimi įjungtas silicio diodas šiame eksperimente naudojamas kaip temperatūros jutiklis temperatūros matavimui. Jei diodu tekančios srovės stipris pastovus, diodo įtampa priklauso nuo temperatūros tokiu būdu:

$$V(T) = V(T_0) - \alpha(T - T_0) \quad (1)$$

čia  $V(T)$  ir  $V(T_0)$  yra tenkanti diodui įtampa atitinkamai  $T$  ir  $T_0$  temperatūrose (matuojamos  $^{\circ}C$ ), o koeficientas

$$\alpha = 2.00 \pm 0.03 mV/^{\circ}C \quad (2)$$

$V(T_0)$  dydis gali šiek tiek skirtis skirtingiems diodams.

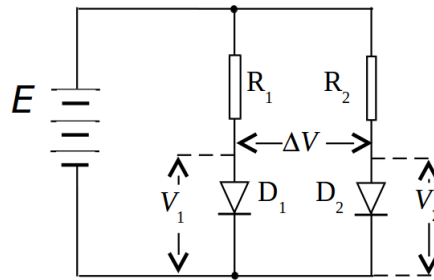
Jei tokie diodai yra skirtingose temperatūrose, šių temperatūrų skirtumas gali būti išmatuojamas pagal diodų įtampų skirtumą. Šių įtampų skirtumas vadinamas diferencine įtampa ir gali būti labai tiksliai išmatuojamas. Šis metodas vadinamas diferenciniu termometriniu metodu. Šiame eksperimente naudojama elektros grandinė su diodais yra pavaizduota 1 pav. Diodai  $D_1$  ir  $D_2$  įjungti tiesiogine kryptimi panaudojant 9 V įtampos šaltinį, prijungtą per rezistorius  $R_1$  ir  $R_2$ . Šioje grandinėje srovė per diodus palaikoma pastovi. Jei diodo  $D_1$  temperatūra yra  $T_1$ , o diodo  $D_2$   $T_2$ , iš (1) turime

$$V_1(T_1) = V_1(T_0) - \alpha(T_1 - T_0)$$

ir

$$V_2(T_2) = V_2(T_0) - \alpha(T_2 - T_0)$$

Diferencialinė įtampa tada lygi



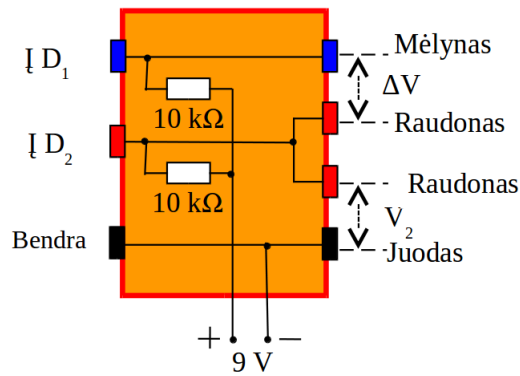
1 pav. Diodinių jutikių elektros schema

$$\Delta V = V_2(T_2) - V_1(T_1) = V_2(T_0) - V_1(T_0) - \alpha(T_2 - T_1) = \Delta V(T_0) - \alpha(T_2 - T_1)$$

$$\Delta V = \Delta V(T_0) - \alpha \Delta T \quad (3)$$

Čia  $\Delta T = T_2 - T_1$ . Matuodami diferencinę įtampą  $\Delta V$ , galime nustatyti temperatūrų skirtumą.

Įtampos prie diodų prijungimui naudojama grandinės dėžutė, kurios schema parodyta 2 pav.



2 pav. Grandinės dėžutės schema  
(vaizdas iš viršaus)

Grandinės dėžutėje yra diodų rezistoriai po  $10k\Omega$ , jungiamieji laidai 9 V įtampos šaltiniui prijungti, lizdai diodams  $D_1$  ir  $D_2$  prijungti ir lizdai prijungti skaitmeniniams multimetrams, skirtiems diodo  $D_2$  įtampai  $V_2$  ir diodų  $D_1$  bei  $D_2$  įtampų skirtumui  $\Delta V$  matuoti.

## B. 1 UŽDUOTIS: Surasti kristalinės kietosios medžiagos kietėjimo (kristalizacijos) temperatūrą.

### 1. Eksperimento tikslas

Jei kristalinė kietoji medžiaga pakaitinama iki išlydytos būsenos, o po to atšaldoma, ji kietėja tam tikroje temperatūroje  $T_S$ , vadinamoje *kietėjimo temperatūra*, taip pat vadinamoje medžiagos *lydymosi tašku*. *Tradicinis metodas* temperatūrai  $T_S$  nustatyti yra stebėti temperatūros kitimą bėgant laikui aušimo proceso metu. Kadangi kietėjimo procesą lydi fazinio virsmo slaptosios šilumos išsiskyrimas, medžiagos temperatūra kietėjimo metu nekinta. Jei šios medžiagos gana daug, laikas, kurio metu temperatūra nekinta, gana ilgas, ir lengvai galima nustatyti temperatūrą. Ir atvirkščiai, jei medžiagos mažai, laiko intervalas per trumpas, kad galima būtų jį pastebėti, ir nustatyti temperatūrą  $T_S$  sunku.

Temperatūrai  $T_S$  nustatyti, kai medžiagos nedaug, naudojamas *diferencinis termometrinių metodas*, kurio principas toks. Naudojamos dvi identiškos mažos lėkštelės, iš kurių vienoje, vadinamoje *bandinio lėkštele*, yra nedidelis tiriamos medžiagos kiekis, o kitoje, vadinamoje *atraminė lėkštele*, šios medžiagos nėra. Šilumos srautai į šias lėkšteles ir iš jų maždaug vienodi. Kiekviena lėkštelė turi temperatūros jutiklį (tiesiogine kryptimi prijungtą silicio diodą). Kai medžiagoje nėra fazinio virsmo, bandinio lėkštelės temperatūra  $T_{samp}$  ir atraminės lėkštelės temperatūra  $T_{ref}$  kinta maždaug tuo pačiu greičiu, todėl  $\Delta T = T_{ref} - T_{samp}$  kinta lėtai, keičiantis  $T_{samp}$ . Jei medžiagoje vyksta fazinis virsmas, ir jo metu  $T_{samp}$  nekinta ir lygi  $T_S$ , o  $T_{ref}$  pastoviai keičiasi,  $\Delta T$  greitai kinta.  $\Delta T$  priklausomybė nuo  $T_{samp}$  rodo staigų pakitimą.  $T_{samp}$ , atitinkančios staigų  $\Delta T$  pokytį, dydis iš tikrųjų yra  $T_S$ .

Šio eksperimento tikslas yra nustatyti grynos kristalinės medžiagos kietėjimo temperatūrą  $T_S$ , kai ji yra intervale tarp  $50^\circ\text{C}$  ir  $70^\circ\text{C}$ , panaudojant tradicinį ir diferencinės terminės analizės metodus. Eksperimente naudojamos medžiagos kiekis yra apie 20 mg.

### 2. Aparatūra ir medžiagos

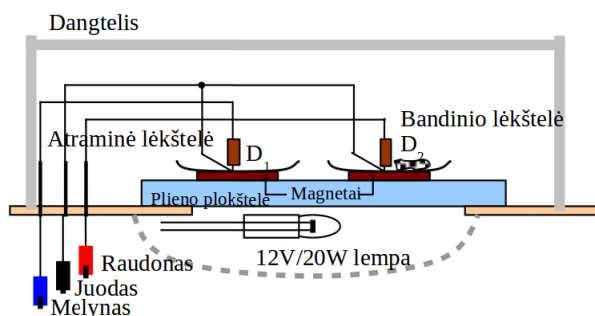
1. Šilumos šaltinis yra 20 W galios halogeninė lempa.
2. Lėkštelės laikiklis yra bakelito plokštelė su kvadratine kiauryme joje. Ant kiaurymės įtaisyta plieno plokštelė, ant kurios padėti du maži magnetai.
3. Dviejose nedidelėse lėkštelėse įlituoti silicio diodai. Viena lėkštelė naudojama kaip atraminė, o kita – kaip bandinio lėkštelė.

Kiekviena lėkštelė padedama ant magneto. Magneto jėga palaiko gerą kontaktą tarp lėkštelės, magneto ir plieno plokštelės. Magnetai taip pat palaiko nedidelį šilumos srautą iš plokštelės į lėkšteles.

Pilka plastiko dėžutė naudojama kaip dangtelis, apsaugantis lėkšteles nuo aplinkos įtakos.

3 pav. parodo lėkštelių ir magnetų išsidėstymą ant lėkštelių laikiklio ir apšvietimo lempą.

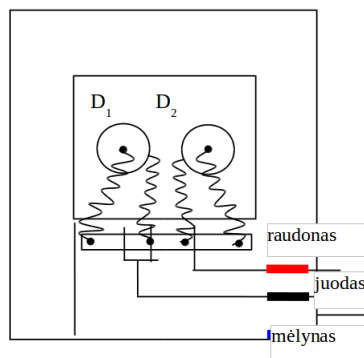
4. Kaip voltmetrai naudojami du skaitmeniniai multimetrai. Jie taip pat gali matuoti kambario temperatūrą, funkcijų selektorių perjungiant į padėtį „ $^\circ\text{C}/^\circ\text{F}$ “. Matuodamas įtampą multimetras turi  $\pm 2$  paskutinio rodomo skaitmens paklaidą. Taip pat dėl multimetrom specifikos, matuojant įtampą yra papildoma paklaida  $\pm 0.5\%$  nuo matuojamos vertės.



3 pav. Aparatūra kietėjimo temperatūrai matuoti

### 3. Eksperimentas

1. Magnetai padedami į dvi vienodas vietas ant plieninės plokštelės. Atraminė lėkštelė ir tuščia bandinio lėkštelė padedamos ant magnetų, kaip parodyta 4 pav. Mes naudojame kairiąją lėkštelę kaip atraminę su atraminiu diodu  $D_1$ . Dešinioji lėkštelė – tai bandinio lėkštelė su matuojančiuoju diodu  $D_2$ .



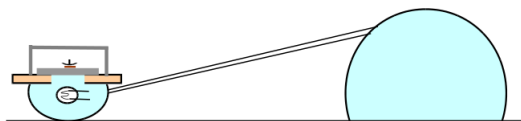
4 pav. Lėkštelės ant lėkštelių laikiklio (vaizdas iš viršaus).

Nulenkiame lempą žemyn švytinčiąja dalimi į viršų, kaip parodyta 5 pav. Lempos dar nejungiamo. Padedame lėkštelių laikiklį ant lempos. Sujungiame aparatūrą taip, kad galima būtų matuoti diodo  $D_2$  įtampą, t. y.  $V_{samp} = V_2$ , ir diferencinę įtampą  $\Delta V$ .

Siekiant išvengti matavimo paklaidų, visą matavimų grandinę reikia įjungti maždaug penkiomis minutėmis anksčiau, negu pradedamas eksperimentas.

1.1. Išmatuojame kambario temperatūrą  $T_0$  ir diodo  $D_2$  įtampą  $V_{samp}(T_0)$ . Multimetras rodo  $T_0 = 25^\circ C$  ir  $V_{samp}(T_0) = 573.9mV$ . Apskaičiuokite paklaidas.

1.2. Apskaičiuokite matuojančiojo diodo įtampą  $V_{samp}(50^\circ C)$ ,  $V_{samp}(70^\circ C)$  ir  $V_{samp}(80^\circ C)$  esant atitinkamai temperatūroms  $50^\circ C$ ,  $70^\circ C$  ir  $80^\circ C$ . Apskaičiuokite paklaidas.



5 pav. Halogeninės lempos kaip šilumos šaltinio naudojimas

5 pav.: Žydri burbulai vaizduoja stalinę lempą: kairysis - ten, kur išukama lemputė, o dešinysis burbulas - lempos stovo pagrindas.

2. Esant abiem lėkštelėms tuščioms, įjungiamo lempą. Stebime  $V_{samp}$ . Kai bandinio lėkštelės temperatūra pasiekia  $80^{\circ}C$ , lempą išjungiamo.

2.1. Palaukiame, kol temperatūra nukris iki  $70^{\circ}C$ , ir stebime  $V_{samp}$  bei  $\Delta V$  kitimą laikui bėgant.

Laiko ir įtampų duomenys yra užrašomi į lentelę ("Lentelė 1": pirma ir antra dalys), matuojant kas 10-20 sek. Jeigu  $\Delta V$  kinta greitai, intervalai gali būti trumpesni. Matavimus nutraukiame, kai temperatūra nukrenta iki  $50^{\circ}C$ .

2.2. Milimetriniame popieriuje nubrėškite  $V_{samp}$  priklausomybės nuo laiko  $t$  grafiką (Graph. 1).

2.3. Milimetriniame popieriuje nubrėškite  $\Delta V$  priklausomybės nuo  $V_{samp}$  grafiką (Graph. 2).

**Pastaba:** Neužmirškite parašyti grafikų pavadinimų.

3. Medžiaga iš ampulės įdedama į bandinio lėkštelę. Identiškai pakartojami 2 skyrelio matavimai.

3.1. Laiko  $t$ , įtampų  $V_{samp}$  ir  $\Delta V$  duomenys užrašyti lentelėje "Lentelė 2" (3 dalys).

3.2. Milimetriniame popieriuje nubrėškite  $V_{samp}$  priklausomybės nuo laiko  $t$  grafiką (Graph. 3).

3.3. Milimetriniame popieriuje nubrėškite  $\Delta V$  priklausomybės nuo  $V_{samp}$  grafiką (Graph. 4).

**Pastaba:** Neužmirškite parašyti grafikų pavadinimų.

4. Palygindami skyrelių 2 ir 3 grafikus, nustatysime medžiagos kietėjimo temperatūrą.

4.1. **Tradicinio metodo panaudojimas  $T_S$  rasti.** Palyginkite  $V_{samp}$  priklausomybės nuo laiko  $t$  grafikus, gautus skyreliuose 2 ir 3. Lygindami du  $V_{samp}$  priklausomybės nuo laiko  $t$  grafikus (Graph. 1 ir Graph. 3), grafike (Graph. 3) raskite ir pažymėkite tašką, kuriame medžiaga kietėja. Paaiškinkite, kodėl pažymėjote būtent tą tašką. Nustatykite įtampos  $V_{samp}$  vertę  $V_S$ , atitinkančią tą tašką.

Raskite medžiagos kietėjimo temperatūrą  $T_S$  ir įvertinkite jos paklaidą.

4.2. **Diferencinio termometrinio metodo panaudojimas.** Palygindami Graph. 2 ir Graph. 4 ( $\Delta V$  priklausomybės nuo  $V_{samp}$  grafikai), pažymėkite

grafike (Graph. 4) tašką, kuriame medžiaga kietėja. Paaiškinkite, kodėl pažymėjote būtent tą tašką. Nustatykite įtampos  $V_{samp}$  vertę  $V_S$ , atitinkančią tą tašką. Raskite medžiagos kietėjimo temperatūrą  $T_S$ .

4.3. Naudodami prietaisų ir matavimų paklaidas, apskaičiuokite  $T_S$  paklaidą, gautą diferenciniame termometriniame metode. Užrašykite, kaip suskaičiavote paklaidas ir užrašykite temperatūros  $T_S$  vertes kartu su paklaidomis.

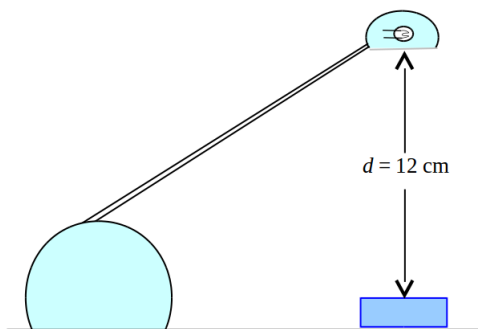
## C. 2 uždutis. Saulės elemento naudingumo koeficiento nustatymas, apšviečiant kaitinamąją lempą.

### 1. Užduties tikslas

Eksperimento tikslas – nustatyti saulės elemento *naudingumo koeficientą*, apšviečiant jį kaitinamąją lempą. Saulės elemento naudingumo koeficientu vadiname santykį elektros galios, kurią duoda saulės elementas, su visa šviesos spinduliuotės galia, krentančia į saulės elementą. Naudingumo koeficientas priklauso nuo krentančios šviesos spektrinės sudėties. Šiame eksperimente šviesos šaltinis – halogeninė lempa. Mes turime išmatuoti *apšviestumą* E taške, esančiame vertikaliu atstumu  $d = 12\text{cm}$  po lempa (6 pav.), ir saulės elemento *maksimalią galią*  $P_{max}$ . Apšviestumas apibrėžiamas tokiu būdu:

$$E = \Phi/S$$

čia  $\Phi$  – šviesos srautas, o  $S$  – apšviestas plotas.



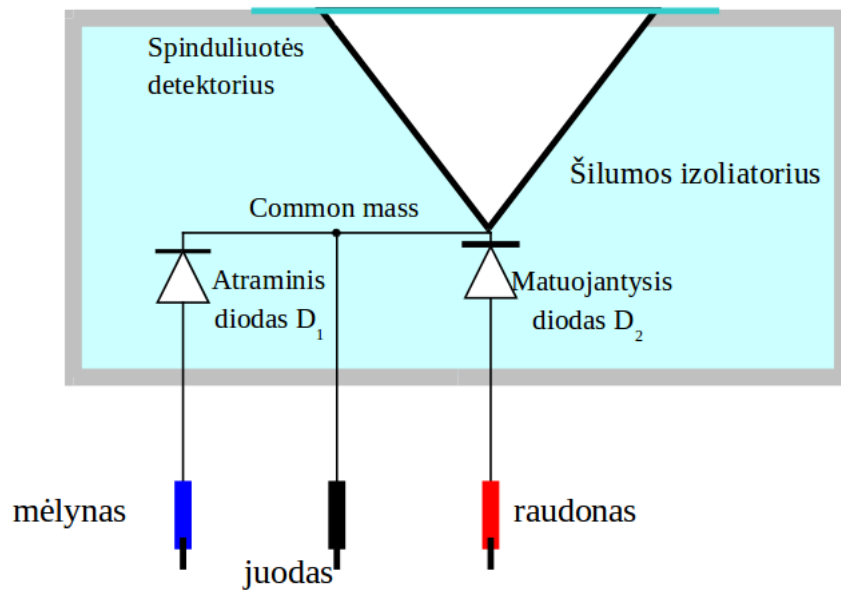
6 pav. Halogeninės lempos kaip šviesos šaltinio naudojimas

### 2. Aparatūra ir medžiagos

1. 20 W galios halogeninė lempa.

2. Spinduliuotės detektorius, padarytas iš varinio tuščiaavidurio kūgio, kurio vidinis paviršius pajuodintas suodžiais (7 pav.).

Kūgis su aplinka yra iš dalies termiškai izoliuotas. Šiame eksperimente jį galima laikyti absoliučiai juodu kūnu. Temperatūrai matuoti naudojami silicio diodai. Matuojantysis diodas pritvirtintas spinduliuotės detektoriuje ( $D_2$  1 pav. ir 7 pav.) taip, kad jo temperatūra yra lygi kūgio temperatūrai. Atraminis diodas pritvirtintas prie detektoriaus vidinės sienelės. Jo temperatūra lygi aplinkos temperatūrai. Visa detektoriaus kūgio šiluminė talpa (kartu su matuojančiuoju

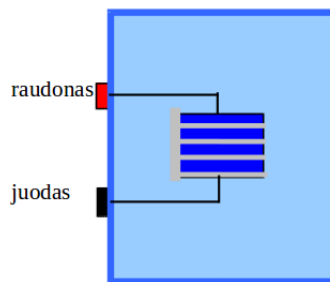


7 pav. Spinduliuotės detektoriaus schema

diodu)  $C = (0.69 \pm 0.02) J/K$ . Detektorius padengtas labai plona polietileno plėvele, į kurios absorbcines ir atspindžio savybes galima neatsižvelgti.

3. Grandinės dėžutė (2 pav.).

4. Saulės elementas ant plastmasinės dėžutės (8 pav.). Į elemento plotą įeina ir metalinės juostelės, esančios jo paviršiuje.



8 pav. Saulės elementas

5. Du skaitmeniniai multimetrai. Kai jais matuojama įtampa, jų vidinė varža labai didelė ir gali būti prilyginta begalybei. Kai matuojama srovė, jų vidinės varžos atmesti negalima. Matuodamas įtampą multimetras turi  $\pm 2$  paskutinio rodomo skaitmens paklaidą. Ir kaip anksčiau, matuojant įtampą yra papildoma paklaida  $\pm 0.5\%$  nuo matuojamos vertės. Jais taip pat galima matuoti kambario temperatūrą.

### 3. Eksperimentas

Kai detektorių pasiekia spinduliuotė, jis išyla. Tuo pačiu metu detektorius praranda šilumą dėl kelių mechanizmų, tokių kaip šiluminis laidumas, konvekcija, spinduliavimas ir kt. Taigi, detektoriaus gaunama spinduliuotės energija per laiko intervalą  $dt$  lygi sumai energijos, reikalingos detektoriaus temperatūrai didinti ir iš detektoriaus aplinkai atiduodamam šilumos kiekiui:

$$\Phi dt = C dT + dQ$$

čia  $C$  – detektoriaus ir diodo šiluminė talpa,  $dT$  – temperatūros padidėjimas, o  $dQ$  – šilumos nuostoliai.

Kai temperatūros skirtumas tarp detektoriaus ir aplinkos  $\Delta T = T - T_0$  mažas, galime tarti, kad detektoriaus perduodamas aplinkai šilumos kiekis  $dQ$  per laiką  $dt$  yra apytikriai proporcingas  $\Delta T$  ir  $dt$ , taigi  $dQ = k \Delta T dt$ , čia koeficientas  $k$  turi  $W/K$  dimensiją. Tardami, kad  $k$  ir  $\Delta T$  maži, gauname

$$\Phi dt = C dT + k \Delta T dt = C d(\Delta T) + k \Delta T dt$$

arba

$$\frac{d(\Delta T)}{dt} + \frac{k}{C} \Delta T = \frac{\Phi}{C} \quad (4)$$

Šios diferencinės lygties sprendinys rodo temperatūrų skirtumo  $\Delta T$  kitimą laikui  $t$  bėgant nuo to momento, kai detektorius pradedamas apšviesti pastoviu apšviestumu su prielaida, kad laiko momentu  $t = 0$ ,  $\Delta T = 0$ :

$$\Delta T(t) = \frac{\Phi}{k} (1 - e^{-\frac{k}{C} t}) \quad (5)$$

Kai apšvietimas išjungiamas, ankstesnioji diferencinė lygtis tampa

$$\frac{d(\Delta T)}{dt} + \frac{k}{C} \Delta T = 0 \quad (6)$$

ir temperatūrų skirtumas  $\Delta T$  laikui bėgant kinta tokiu būdu:

$$\Delta T(t) = \Delta T(0) e^{-\frac{k}{C} t} \quad (7)$$

čia  $\Delta T(0)$  – temperatūrų skirtumas, kai  $t = 0$  (laiko momentas, kai pradami matavimai).

1. Kambario temperatūra yra pamatuota multimetru ir yra  $T_0 = 26^\circ C$ . Užrašykite paklaidą.

2. Sujungiama elektros grandinė, sudaryta iš diodinių jutikių, grandinės dėžutės ir multimetru detektorių temperatūrai matuoti. Norint išvengti paklaidų dėl prietaisų įšilimo, labai rekomenduojama, kad sujungta matavimų grandinė prieš pradėdant matavimus būtų įjungta apie 5 minutes.

2.1. Detektorius padedamas po šviesos šaltiniu  $d = 12cm$  atstumu nuo lempos. Lempa išjungta. Fiksuojamos  $\Delta V$  vertės kas 10 s apie 2 minutes ir yra užrašytos į lentelę “Lentelė 3“. Nustatykite  $\Delta V(T_0)$ , naudojama lygtyje (3).



2.2. Lempa įjungiamą ir apšviečiamą detektorius. Fiksuojamos  $\Delta V$  vertės kas 10-15 s, jos įrašomos į lentelę "Lentelė 4". Po 2 minučių lempa išjungiamą.

2.3. Lempa patraukiama toliau nuo detektoriaus. Apie 2 minutes fiksuojamos  $\Delta V$  vertės kas 10-15 s, jos įrašomos į lentelę "Lentelė 5".

Nuoroda: Kadangi detektorius turi šiluminę inerciją, neverta naudoti kai kurių duomenų, gautų tik pradėjus ir ką tik pabaigus jį apšviesti.

3. x-y koordinatių sistemoje nubrėšime grafiką, tinkamai parinkę x ir y kintamuosius, tam, kad įrodytume, jog tenkinama (7) lygybė.

3.1. Užrašykite kintamųjų x ir y išraiškas.

3.2. Nubrėžkite y priklausomybę nuo x (Graph 5).

3.3. Iš grafiko nustatykite k vertę. Paklaidos kol kas neskaičiuokite.

4. x-y koordinatių sistemoje nubrėšite grafiką, tinkamai parinkę x ir y kintamuosius, tam, kad įrodytume, jog apšvietus detektorius tenkinama (5) lygybė.

4.1. Užrašykite kintamųjų x ir y išraiškas.

4.2. Nubrėžkite y priklausomybę nuo x (Graph 6).

Detektoriaus paviršiaus plotas yra  $S_{det} = \pi R_{det}^2 = \pi \times (13 \times 10^{-3})^2 = 5.30 \times 10^{-4} m^2$  su paklaida  $\delta R_{det}/R_{det} = 0.05$ .

4.3. Nustatykite detektoriaus angos apšviestumą E. Paklaidos kol kas neskaičiuokite.

5. Saulės elementas padedamas po lempa į detektoriaus vietą. Sujungiamą tinkama elektros grandinė, kurią sudaro multimetrai ir kintamos varžos rezistorius, naudojamas saulės elemento apkrovai keisti. Išmatuojamas srovės stipris ir įtampa grandinėje skirtingoms rezistoriaus varžoms.

5.1. Nubrėžkite eksperimento grandinės schemą.

5.2. Sukdami rezistoriaus rankenėlę, jūs keičiate varžos vertę. Srovės stiprio ir įtampos vertės kiekvienai rankenėlės padėčiai yra lentelėje "Lentelė 6".

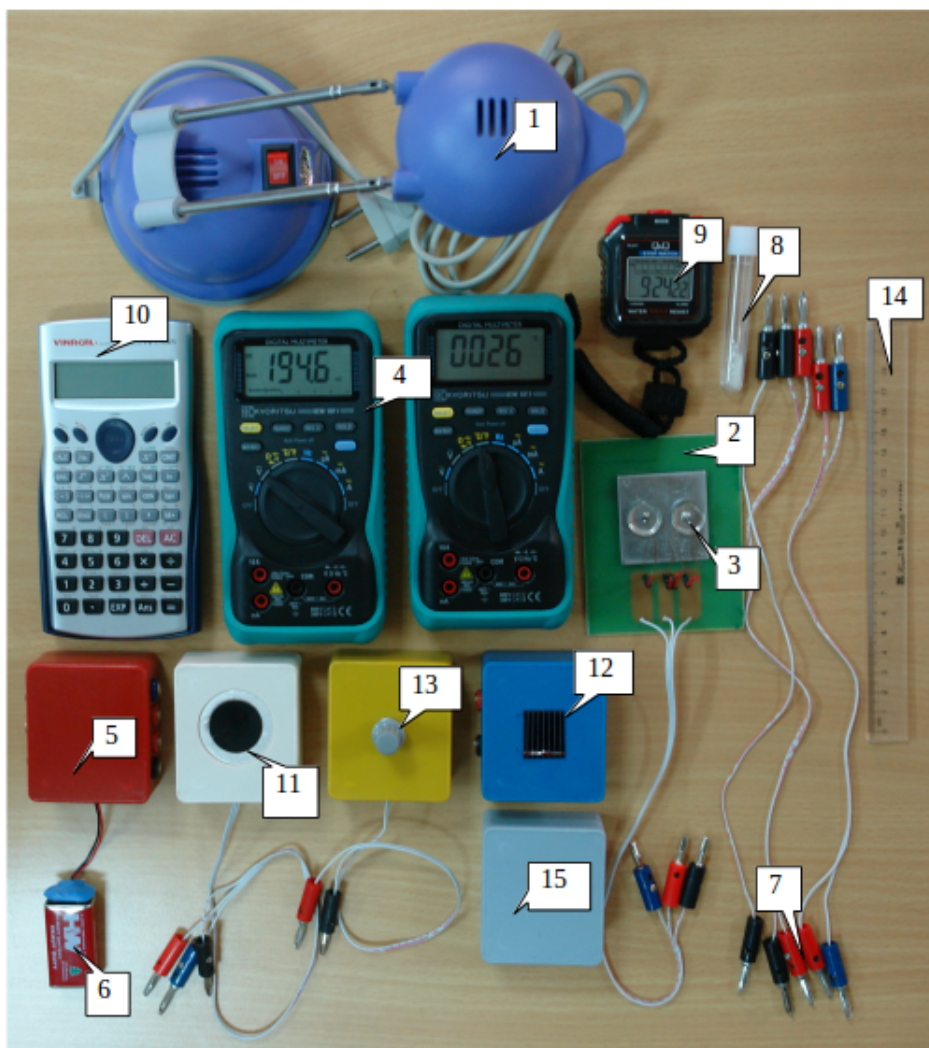
5.3. Nubrėžkite elemento galios, perduodamos apkrovai, grafiką kaip srovės stiprio funkciją (Graph 7).

5.4. Iš grafiko nustatykite maksimalią elemento galią  $P_{max}$  ir įvertinkite jos paklaidą.

5.5. Užrašykite saulės elemento naudingumo koeficiento išraišką, atitinkančią jo maksimalią galią. Apskaičiuokite jo vertę ir paklaidą.

**Eksperimento įranga (žr. taip pat 10 pav.)**

1	220 V/20 W halogeninė lempa	9	Sekundometras
2	Lėkštelių laikiklis	10	Kalkuliatorius
3	Lėkštelės	11	Spinduliuotės detektorius
4	Multimetrai	12	Saulės elementas
5	Grandinės dėžutė	13	Kintamos varžos rezistorius
6	9 V įtampos šaltinis	14	Liniuotė
7	Jungiamieji laidai	15	Dėžutė, naudojama kaip dangtelis
8	Ampulė su tiriamąja medžiaga		



10 pav. Eksperimento įranga

$t$ (s)	$V_{\text{samp}}$ (mV)	$\Delta V$ (mV)
0	492	-0.4
10	493	-0.5
20	493	-0.5
30	494	-0.6
40	495	-0.7
50	496	-0.7
60	497	-0.8
70	497	-0.8
80	498	-0.9
90	499	-1.0
100	500	-1.0
110	500	-1.1
120	501	-1.1
130	502	-1.2
140	503	-1.2
150	503	-1.3
160	504	-1.3
170	504	-1.4
180	505	-1.5
190	506	-1.6
200	507	-1.6
210	507	-1.7
220	508	-1.7
230	508	-1.8
240	509	-1.8
250	509	-1.8
260	510	-1.9
270	511	-1.9

Lentelė 1: pirma dalis iš dviejų

280	512	-1.9
290	512	-2.0
300	513	-2.0
310	514	-2.1
320	515	-2.1
330	515	-2.1
340	516	-2.1
350	516	-2.2
360	517	-2.2
370	518	-2.3
380	518	-2.3
390	519	-2.3
400	520	-2.4
410	520	-2.4
420	521	-2.5
430	521	-2.5
440	522	-2.5
450	523	-2.6
460	523	-2.6

Lentelė 1: antra dalis iš dviejų

$t$ (s)	$V_{\text{samp}}$ (mV)	$\Delta V$ (mV)
0	492	-4.6
10	493	-4.6
20	493	-4.6
30	494	-4.6
40	495	-4.6
50	496	-4.6
60	497	-4.6
70	497	-4.5
80	498	-4.5
90	499	-4.5
100	500	-4.5
110	500	-4.5
120	501	-4.5

Lentelė 2: pirma dalis iš trijų

130	502	-4.6
140	503	-4.6
150	503	-5.1
160	503	-5.6
170	503	-6.2
180	503	-6.5
190	504	-6.6
200	505	-6.5
210	506	-6.4
220	507	-6.3
230	507	-6.1
240	508	-5.9
250	509	-5.7
260	510	-5.5
270	511	-5.3
280	512	-5.1
290	512	-5.0
300	513	-4.9
310	514	-4.8
320	515	-4.7
330	515	-4.7
340	516	-4.6
350	516	-4.6
360	517	-4.5
370	518	-4.5
380	518	-4.4
390	519	-4.4
400	520	-4.4

Lentelē 2: antra dalis iš trijų

410	520	-4.4
420	521	-4.4
430	521	-4.3
440	522	-4.3
450	523	-4.3
460	523	-4.3

Lentelē 2: trečia dalis iš trijų

$t$ (s)	$\Delta V(T_0)$ (mV)
0	19.0
10	19.0
20	19.0
30	19.0
40	19.0
50	18.9
60	18.9
70	18.9
80	18.9
90	18.9
100	19.0
110	19.0
120	19.0

Lentelė 3

$t$ (s)	$\Delta V$ (mV)
0	19.5
10	21.9
20	23.8
30	25.5
40	26.9
50	28.0
60	29.0
70	29.9
80	30.7
90	31.4
100	32.0
110	32.4
120	32.9

Lentelė 4

$t$ (s)	$\Delta V$ (mV)
0	23.2
10	22.4
20	21.6
30	21.0
40	20.5
50	20.1
60	19.6
70	19.3
80	18.9
90	18.6
100	18.4
110	18.2
120	17.9

Lentelė 5

$V$ (mV)	$I$ (mA)	$P$ (mW)
18.6 $\pm$ 0.3	11.7	0.21
33.5	11.7	0.39
150	11.5	1.72
157	11.6	1.82
182 $\pm$ 1	11.4	2.08
267	11.2	3.00
402 $\pm$ 2	9.23	3.70
448	6.70	3.02
459	5.91	2.74
468	5.07	2.37
473 $\pm$ 3	4.63	2.20
480	3.81	1.86
485	3.24	1.57
487	3.12	1.54
489	3.13	1.55

Lentelė 6