

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.

A. Diferencinis termometrinių metodas

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

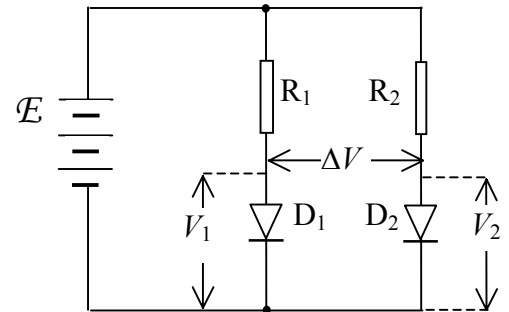
$$V(T) = V(T_0) - \alpha(T - T_0), \quad (1)$$

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

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

$V(T_0)$ 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*. Naudojama šiame eksperimente elektros grandinė su diodais 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.



1 pav. Diodinių jutikių elektros schema

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

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

Diferencinė įtampa tada lygi

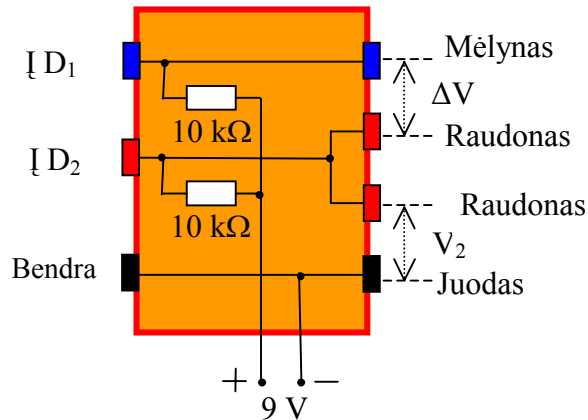
$$\Delta V = V_2(T_2) - V_1(T_1) = V_2(T_0) - V_1(T_0) - \alpha(T_2 - T_1) = \Delta V(T_0) - \alpha(T_2 - T_1).$$

Experimental Problem

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

Čia $\Delta T = T_2 - T_1$. Matuodami diferencinę įtampą ΔV , 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 $10 \text{ k}\Omega$, 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 ΔV 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 termometrinis metodas*, kurio principas toks. Naudojamos dvi identiškos mažos lėkštelės, iš kurių vienoje, vadinamoje *bandinio lėkšte*, yra nedidelis tiriamos medžiagos kiekis, o kitoje, vadinamoje *atramine lėkšte*, šios medžiagos nėra. Šilumos srautai į šias lėkšteles ir iš jų maždaug vienodi.

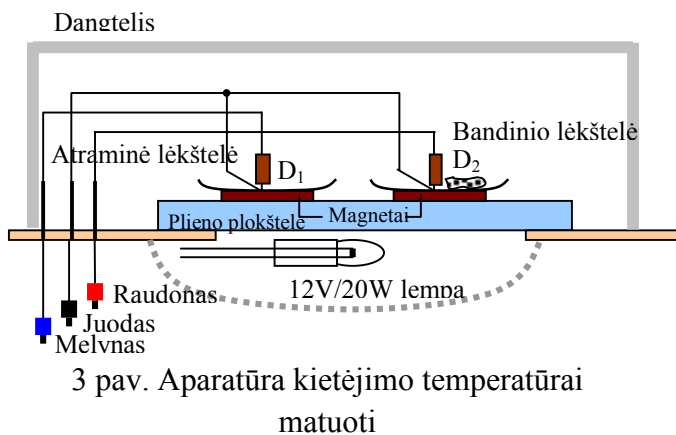
Experimental Problem

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 $\Delta T = T_{\text{ref}} - T_{\text{samp}}$ 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, ΔT greitai kinta. ΔT priklausomybė nuo T_{samp} rodo staigų pakitimą. T_{samp} , atitinkančios staigų ΔT 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°C ir 70°C , panaudojant tradicinį ir diferencinės terminės analizės metodus. Eksperimente naudojamų medžiagų kiekis yra apie 20 mg.

2. Aparatūra ir medžiagos

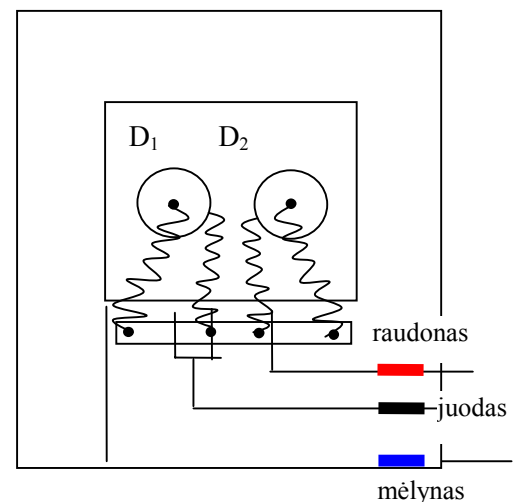
1. Šilumos šaltinis yra 20 W galios halogeninė lempa.
2. Lėkštelės laikiklis yra bakelito plokštelė su kvadratine kiauryme joje. Ant kiaurymės įtaisyta plieno plokštelė, ant kurios padėti du maži magnetai.
3. Dviejose nedidelėse lėkštelėse įlituoti silicio diodai. Viena lėkštelė naudojama kaip atraminė,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

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

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



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

Experimental Problem

4. Kaip voltmetrai naudojami du skaitmeniniai multimetrai. Jie taip pat gali matuoti kambario temperatūrą, Funkcijų selektorių perjungiant į padėtį „°C/°F“. Matuodamas įtampą multimetras turi ± 2 paskutinio rodomo skaitmens paklaidą.

Pastaba: norėdami išvengti multimetro (žr. 9 pav.) automatinio išsijungimo, sukdami Funkcijų selektoriaus rankenėlę, kartu spauskite mygtuką SELECT.

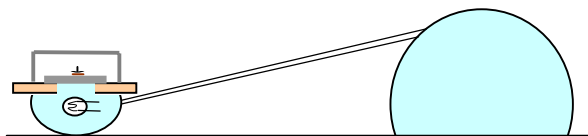
5. Grandinės dėžutės schema (parodyta 2 pav.).
6. 9 V įtampos šaltinis.
7. Jungiamieji laidai.
8. Maža ampulė su maždaug 20 mg tiriamos medžiagos.
9. Sekundometras.
10. Kalkuliatorius.
11. Milimetrinis popierius.

3. Eksperimentas

1. Magnetai padedami į dvi vienodas vietas ant plieninės plokštelės. Atraminė lėkštelė ir tuščia bandinio lėkštelė padedami 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 .

Nulenkite lempą žemyn švytinčiąja dalimi į viršų kaip parodyta 5 pav. **Lempos dar nejunkite.** Padėkite lėkštelių laikiklį ant lempos. Sujunkite aparatūrą taip, kad galima būtų matuoti diodo D_2 įtampą, t. y. $V_{\text{samp}} = V_2$, ir diferencinę įtampą ΔV .

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



5 pav. Halogeninės lempos kaip šilumos šaltinio naudojimas

1.1. Išmatuokite kambario temperatūrą T_0 ir diodo D_2 įtampą $V_{\text{samp}}(T_0)$.

Experimental Problem

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

2. Esant abiem lėkštelėms tuščioms įjunkite lempą. Stebėkite V_{samp} . Kai baninio lėkštelės temperatūra pasieks $\sim 80^\circ\text{C}$, išjunkite lempą.

2.1. Palaukite, kol temperatūra nukris iki $\sim 70^\circ\text{C}$, ir stebėkite V_{samp} bei ΔV kitimą laikui bėgant. Užrašykite laiko ir įtampų duomenis į lentelę atsakymų lape, matuodami kas 10-20 sek. Jeigu ΔV kinta greitai, intervalai gali būti trumpesni. Matavimus nutraukite, kai temperatūra nukris iki $\sim 50^\circ\text{C}$.

2.2. Duotame milimetriniame popieriuje nubrėžkite V_{samp} priklausomybės nuo laiko t grafiką (Graph. 1).

2.3. Duotame milimetriniame popieriuje nubrėžkite ΔV priklausomybės nuo V_{samp} grafiką (Graph. 2).

Pasataba: Neužmirškite parašyti grafikų pavadinimus.

3. Įdėkite medžiagą iš ampulės į bandinio lėkštelę. Identiškai pakartokite 2 skyrelio matavimus.

3.1. Užrašykite laiko t ir įtampų V_{samp} ir ΔV duomenis į lentelę atsakymų lape.

3.2. Duotame milimetriniame popieriuje nubrėžkite V_{samp} priklausomybės nuo laiko t grafiką (Graph. 3).

3.3. Duotame milimetriniame popieriuje nubrėžkite ΔV priklausomybės nuo V_{samp} grafiką (Graph. 4).

Pasataba: Neužmirškite parašyti grafikų pavadinimus.

4. Paligindami skyrelių 2 ir 3 grafikus nustatykite 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 ir nustatykite įtampos V_{samp} vertę V_s , atitinkančią tą tašką.

Raskite medžiagos kietėjimo temperatūrą T_s ir įvertinkite jos paklaidą.

Experimental Problem

4.2. **Diferencinio termometrinio metodo panaudojimas.** Palygindami Graph. 2 ir Graph. 4 (ΔV priklausomybės nuo V_{samp} grafikai), pažymėkite grafike Graph. 4 tašką, kuriame medžiaga kietėja, ir 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 įrašykite į atsakymų lapą temperatūros T_s vertes kartu su paklaidomis.

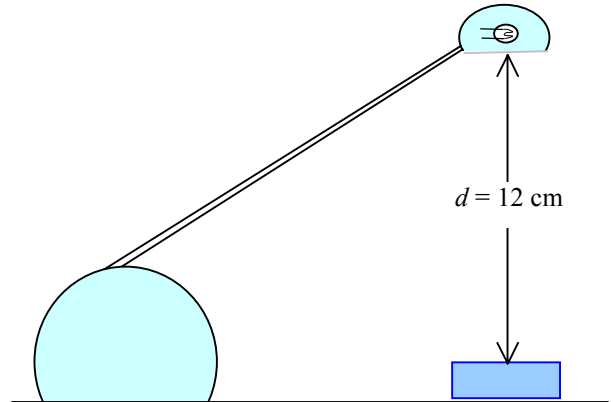
C. 2 UŽDUOTIS. Saulės elemento naudingumo koeficiento nustatymas apšviečiant kaitinamąją lempą.

1. Užduoties 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. Nudingumo koeficientas priklauso nuo krentančios šviesos spektrinės sudėties. Šiame eksperimente šviesos šaltinis – halogeninė lempa. Mes turime išmatuoti *apšviestumą* E taške, esančiame vertikaliu atstumu $d = 12$ cm po lempą (6 pav.), ir saulės elemento *maksimalią galią* P_{max} . Apšviestumas apibrėžiamas tokiu būdu:

$$E = \Phi / S,$$

čia Φ – šviesos srautas, o S – apšviestas plotas.



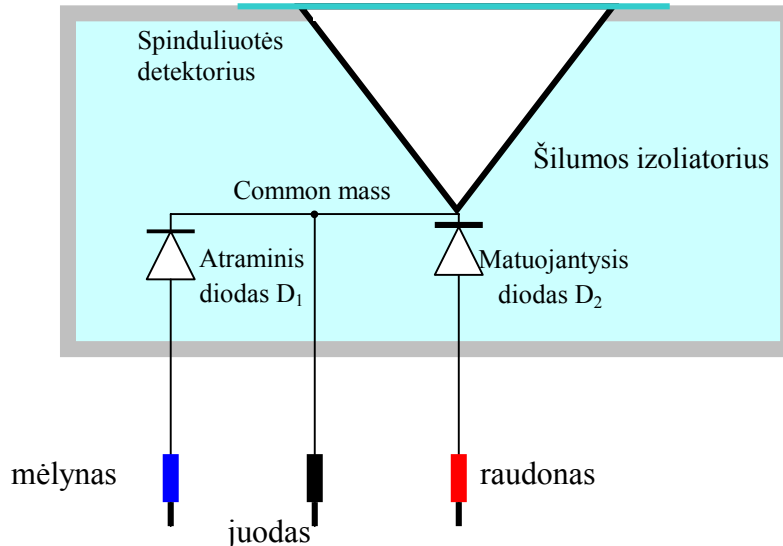
6 pav. Halogeninės lempos kaip šviesos šaltinio naudojimas

2. Aparatūra ir medžiagos

- 20 W galios halogeninė lempa.
- Spinduliuotės detektorius padarytas iš varinio tuščiavidurio 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

Experimental Problem

sienelės. Jo temperatūra lygi aplinkos temperatūrai. Visa detektoriaus kūgio šiluminė talpa (kartu su matuojančiuoju diodu) $C = (0.69 \pm 0.02) \text{ J/K}$. Detektorius padengtas labai plona polietileno plėvele, į kurios absorbcines ir atspindžio savybes galima neatsižvelgti.



7 pav. Spinduliuotės detektoriaus schema

3. Grandinės dėžutė (2 pav.).

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

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 ± 2 paskutinio rodomo skaitmens paklaidą.

5. Jais taip pat galima matuoti kambario temperatūrą.

Pastaba: norėdami išvengti multimetrom (žr. 9 pav.) automatinio išsijungimo, sukdami Funkcijų selektoriaus rankenėlę, kartu spauskite mygtuką SELECT.

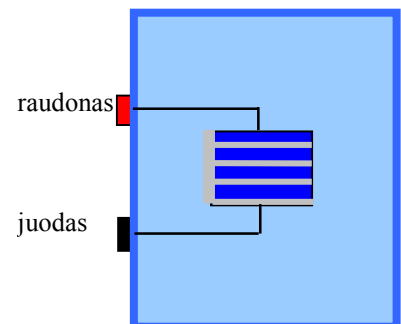
6. 9 V įtampos šaltinis.

7. Kintamos varžos rezistorius.

8. Liniuotė.

9. Jungiamieji laidai.

10. Milimetrinis popierius.



8 pav. Saulės elementas

Experimental Problem

3. Eksperimentas

Kai detektorių pasiekia spinduliuotė, jis iššyla. 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 perduodamos detektoriumi energijos aplinkai:

$$\Phi dt = CdT + dQ,$$

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 ΔT ir dt , taigi $dQ = k\Delta T dt$, čia koeficientas k turi W/K dimensiją. Tardami, kad k ir ΔT maži, gauname

$$\Phi dt = CdT + k\Delta T dt = Cd(\Delta T) + k\Delta T dt$$

arba

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

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

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

Kai apšvietimas išjungiamas, ankstesnioji diferencinė lygtis tampa

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

ir temperatūrų skirtumas ΔT 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. Nustatykite kambario temperatūrą T_0 .

Experimental Problem

2. Sujunkite elektros grandinę, sudarytą iš diodinių jutikių, grandinės dėžutės ir multimetru detektorių temperatūrai matuoti. Norėdami išvengti paklaidų dėl prietaisų ir išilimo, labai rekomenduojama, kad sujungta matavimų grandinė prieš pradėdant matavimus būtų įjungta apie 5 minutes.

2.1. Padėkite detektorių po šviesos šaltiniu $d = 12$ cm atstumu nuo lempos. Lempa išjungta. Fiksuokite ΔV vertes kas 10 s apie 2 minutes ir nustatykite $\Delta V(T_0)$, naudojamą lygtyje (3).

2.2. Įjunkite lempą ir apšvieskite detektorių. Fiksuokite ΔV vertes kas 10-15 s, įrašydami jas į duotoje atsakymų lape lentelėje (Pastaba: lentelės x ir y kolonos bus naudojamos vėliau 4 skyriuje). Po 2 minučių lempą išjunkite.

2.3. Patraukite lempą toliau nuo detektoriaus. Apie 2 minutes fiksuokite ΔV vertes kas 10-15 s, įrašydami jas į duotoje atsakymų lape lentelėje (Pastaba: lentelės x ir y kolonos bus naudojamos vėliau 3 skyriuje).

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

3. x - y koordinačių sistemoje nubrėžkite grafiką, tinkamai parinkę x ir y kintamuosius, tam, kad įrodytumėte, 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.

4. x - y koordinačių sistemoje nubrėžkite grafiką, tinkamai parinkę x ir y kintamuosius, tam, kad įrodytumėte, jog apšvietus detektorių tenkinama (5) lygybė.

4.1. Užrašykite kintamųjų x ir y išraiškas.

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

4.3. Nustatykite detektoriaus angos apšviestumą E .

5. Padėkite saulės elementą po lempa į detektoriaus vietą. Sujunkite tinkamą elektros grandinę, kurią sudaro multimetrai ir kintamos varžos rezistorius, naudojamas saulės elemento apkrovai keisti. Išmatuokite srovės stiprį ir įtampą grandinėje skirtingoms rezistoriaus varžoms.

5.1. Nubrėžkite eksperimento grandinės schemą.

Experimental Problem

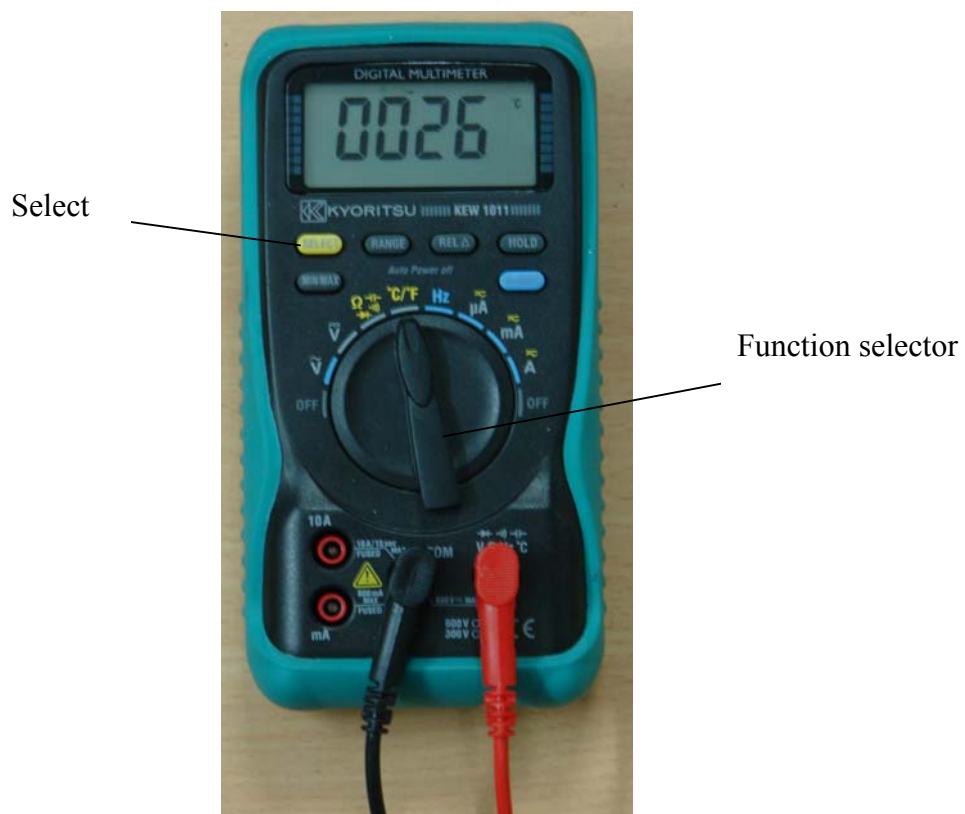
- 5.2. Sukdami rezistoriaus rankenėlę, jūs keičiate varžos vertę. Nustatykite srovės stiprio ir įtampos vertes kiekvienai rankenėlės padėčiai.
- 5.3. Nubrėžkite elemento galios, perduodamos apkrovai, grafiką kaip srovės stiprio funkciją (Graph 7).
- 5.4. Iš grafiko nustatykite maksimalią elemento galią P_{\max} ir įvertinkite jos paklaidą.
- 5.5. Užrašykite saulės elemento naudingumo koeficiento išraišką, atitinkančią jo maksimalią galią. Apskaičiuokite jo vertę ir paklaidą.

Experimental Problem

Ekperimento įranga (žr. taip pat 10 pav.)

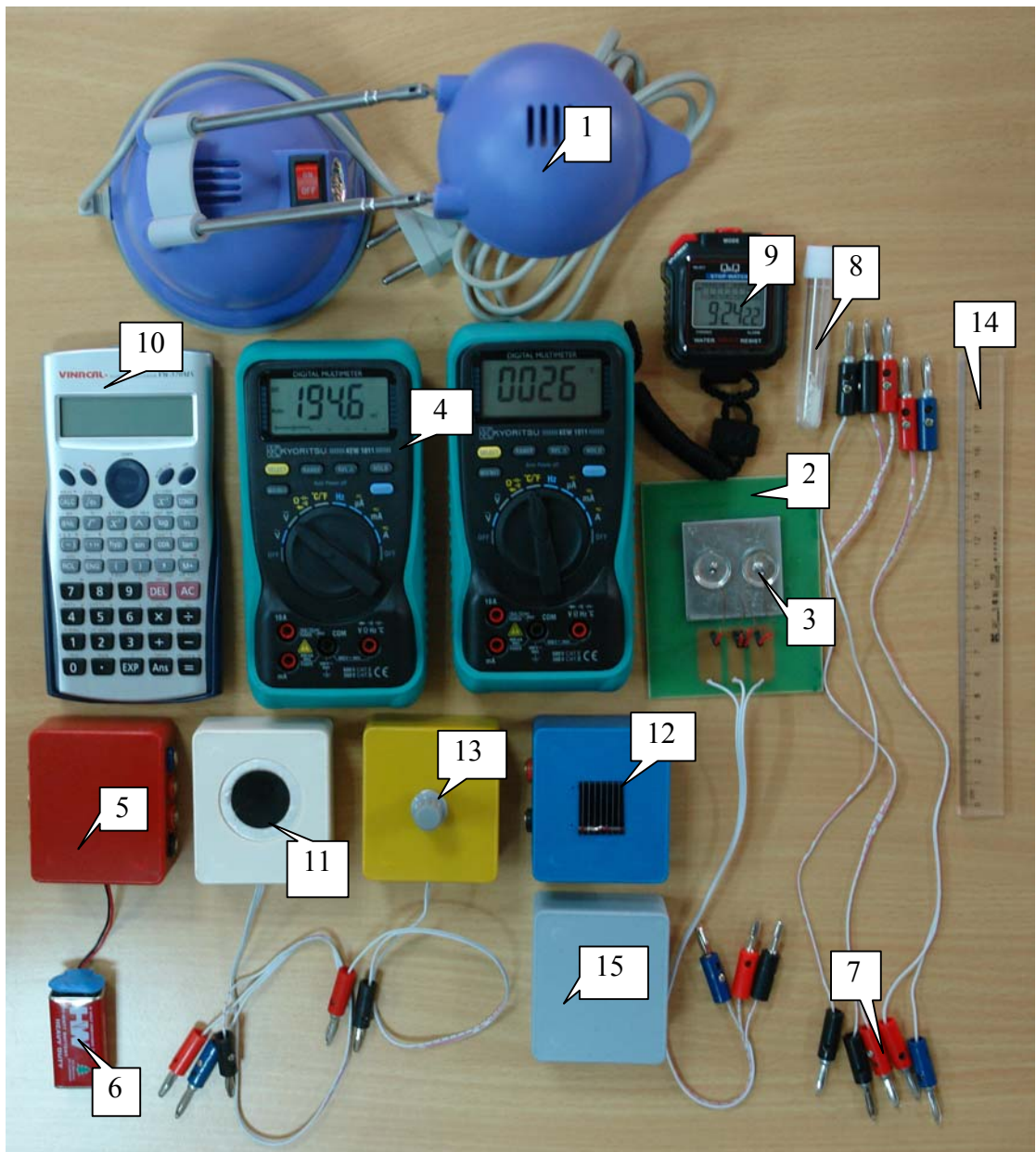
1	220 V/20 W halogeninė lempa	9	Sekundometras
2	Lėkštelių laikiklis	10	Kalkuliatorius
3	Lėkštelės	11	Spinduliuotės detektorius
4	Multimetrai	12	Saulės elementas
5	Grandinės dėžutė	13	Kintamos varžos rezistorius
6	9 V įtampos šaltinis	14	Liniuotė
7	Jungiamieji laidai	15	Dėžutė, naudojama kaip dangtelis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

Pastaba: norėdami išvengti multimetrom (žr. 9 pav.) automatinio išsijungimo, sukdami Funkcijų selektoriaus rankenėlę, kartu spauskite mygtuką SELECT.



9 pav. Multimetras

Experimental Problem



10 pav. Eksperimento įranga