

33. Vakuomo gavimas ir matavimas

Užduotis.

1. Išmatuoti slėgio forvakuuiniame inde priklausomybę nuo siurbimo trukmės ir apskaičiuoti efektyviojo siurbimo greičio vertes, esant įvairiems slėgiams.
2. Išmatuoti slėgį jonizaciniu vakuumetru išsiurbtoje užlydytoje jonizacinėje lemposje.
3. Nustatyti, kokį mažiausią slėgį galima gauti, siurbiant orą rotaciniu siurbliu.

Pagrindiniai teoriniai klausimai.

1. Efektyvusis siurbimo greitis ir jo skaičiavimas.
2. Rotaciniai siurbliai.
3. Daugiapakopiai alyviniai difuziniai siurbliai.
4. Ribinis vakuumas.
5. Šaldomosios gaudyklės.
6. Kompresinis, termoelektrinis ir jonizacinis vakuumetrai.

Vakuumas. Vakuumu vadinama dujų būseną, kai slėgis daug mažesnis už atmosferinį. Vakuomo fizikoje nagrinėjamų slėgių diapazonas labai platus. Jis sąlyginai skirstomas į kelias pagrindines sritis. Žemo vakuomo sritį atitinka slėgiai nuo 10 iki 10^{-2} Tor, vidutinio nuo 10^{-2} iki 10^{-5} Tor, aukšto nuo 10^{-5} iki 10^{-9} Tor ir superaukšto nuo 10^{-9} iki 10^{-12} Tor. Esant slėgiams, mažesniems negu 10^{-12} Tor, vakuumas vadinamas kosminiu. Vieno milimetro gyvsidabrio stulpelio slėgis vadinamas toru (Tor). $1\text{Tor} \cong 133\text{ Pa}$. Vienas baras (bar) praktiškai atitinka vienos atmosferos slėgį: $1\text{bar} = 10^5\text{ Pa}$. Taigi $1\text{mbar} = 100\text{ Pa}$, $1\text{Pa} = 10^{-2}\text{ mbar}$, o $1\text{Tor} = 1,33\text{ mbar}$.

Tekančių vamzdžiu dujų masė pernešama slėgio mažėjimo kryptimi. Jeigu slėgis vamzdyje mažėja nuo p viename jo gale iki p_0 kitame, o per laiką dt praeina dujų tūris dV , tai energija Q , pernešama pro jo skerspjūvį per laiko vienetą:

$$Q = (p - p_0) \frac{dV}{dt}; \quad (1)$$

Jeigu $p \gg p_0$, tai

$$Q = p \frac{dV}{dt}; \quad (2)$$

Dydis Q vadinamas dujų srautu. Iš dujų būsenos lygties gausime $p \frac{dV}{dt} = kT \frac{dV}{dt}$. Taigi srautas tiesiai proporcingas dujų molekulių, pernešamų per laiko vienetą, skaičiui.

Santykis

$$\sigma = \frac{dV}{dt}; \quad (3)$$

vadinamas vamzdžio laidžiu. Jis priklauso nuo vamzdžio matmenų ir dujų slėgio. Atvirkščias laidžiui dydis vadinamas varža.

Jei vakuuminės sistemos elementai sujungti nuosekliai, jų atstojamoji varža lygi atskirų elementų varžų sumai:

$$z = \sum_{i=1}^n z_i ; \quad (4)$$

Esant lygiagrečiam elementų jungimui, jų laidžių suma lygi bendram sistemos laidžiui:

$$\sigma = \sum_{i=1}^n \sigma_i ; \quad (5)$$

Vamzdžio laidis priklauso nuo jo ilgio, skerspjūvio ploto ir molekulės laisvo kelio \bar{l} santykio su jo skersmeniu d . Skiriami trys dujų tekėjimo pobūdžiai: klampusis, jei $\bar{l}/d < 0,01$; molekulinis, jei $\bar{l}/d > 1$, ir tarpinis, kai $0,01 < \bar{l}/d < 1$.

Panagrinėkime vakuuminę sistemą, sudarytą iš siurblio, tūrio V siurbiamojo indo ir jungiamojo vamzdžio. Iš (1) ir (3) lygybių gausime, kad dujų srautas

$$Q = (p - p_0)\sigma ; \quad (6)$$

Šioje lygybėje p yra slėgis inde, p_0 – siurblio įėjime, o σ – vamzdžio laidis. Iš čia jungiamojo vamzdžio varža

$$\frac{1}{\sigma} = \frac{p}{Q} - \frac{p_0}{Q} ; \quad (7)$$

srauto Q ir slėgio p santykis

$$S = \frac{Q}{p} ; \quad (8)$$

vadinamas efektyviaja siurbimo sparta (greičiu), o santykis

$$S_0 = \frac{Q}{p_0} ; \quad (9)$$

- siurblio siurbimo sparta.

Panaudoję (8) ir (9) išraiškas (6) lygybėje, gausime

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{S_0} + \frac{1}{\sigma} ; \quad (10)$$

Efektyviają siurbimo spartą S bet kuriame slėgių intervale $p_1 - p_2$ galima įvertinti žinant tam sugaištą laiką $\Delta t = t_2 - t_1$.

Dujų siurbimą galima laikyti izoterminiu vyksmu. Slėgio inde sumažėjimo dydžiu dp priežastimi formaliai galima laikyti izotertminį plėtimąsi nuo indo tūrio V iki $V+dV$. Tokiu atveju užrašysime $PV = \text{const}$ ir

$$pdV + Vdp = 0 ; \quad (11)$$

Įrašius tai į (2) išraišką, srautas

$$Q = -V \frac{dp}{dt} ; \quad (12)$$

Iš (12) ir (8) lygybių gausime

$$S = -\frac{V}{p} \frac{dp}{dt}; \quad (13)$$

o suintegravę –

$$S = \frac{V}{\Delta t} \ln \frac{p_1}{p_2}; \quad (14)$$

taip pat galime užrašyti, kad

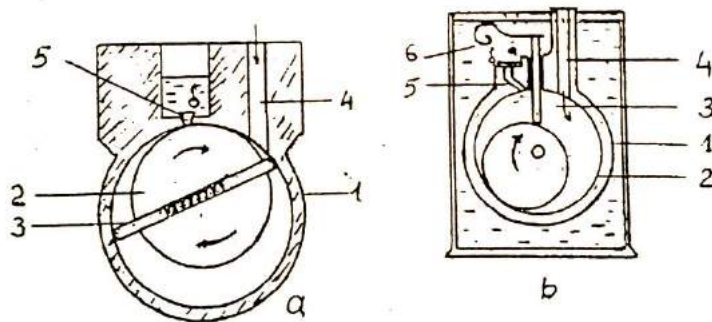
$$S = V \frac{\Delta \lg p}{\lg e \cdot \Delta t}. \quad (15)$$

Santykį $\Delta \lg p / \Delta t$ galima rasti iš funkcijos $\lg p = f(t)$ grafiko. Tokiu atveju surandame liestinės pasirinktajame taške krypties koeficientą.

Dėl dujų desorbcijos iš indo sienelių ir sistemos nesandarumų į tūrį V patenka tam tikras dujų kiekis. Nagrinėjamu atveju į tai neatsižvelgta.

Vakuuminiai siurbliai. Praretinimams iki kelių mitorų gauti plačiai naudojami **alyviniai rotaciniai siurbliai**. Iš šios rūšies vidutinio ir mažesnio siurbimo greičio siurbių labiausiai paplitę sklendiniai rotoriniai ir sklendiniai statoriniai.

Principinės šių siurbių schemas pavaizduotos 1 paveiksle. Uždareme cilindro formos korpuse 1 sukasi ekscentriškai įmontuotas rotorius 2. Sklendinio rotorinio siurblio (1 a pav.) rotorius, prigludęs prie viršutinės korpuso sienelės, sukasi apie savo ašį kartu su į jį įstatytais sklendėmis, kurios spyruoklėmis spaudžiamos prie korpuso sienelių. Jam besisukant erdvė, sujungta su įėjimo kanalu 4, didėja, oras įsiurbiamas. Po pusės apsisukimo įsiurbtas oras nuo kanalo 4 atskiriamas. Rotoriui toliau besisukant, jis suspaudžiamas ir pašalinamas pro angą su vožtuvu 5. Virš vožtuvo esanti alyva neleidžia atmosferos orui patekti į siurblio kamerą.



1 pav. Alyvinių rotacinių siurbių principinės schemas

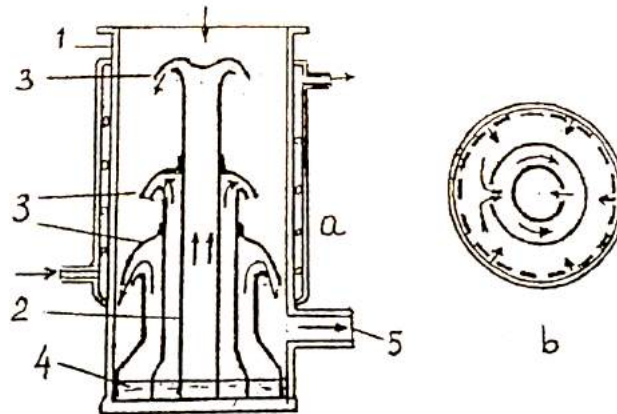
Statorinio sklendinio siurblio rotorius prigludęs prie korpuso ir sukasi apie jo ašį (1 b pav.). Statoriaus plyšyje slankioja sklendė 3, spyruokle 6 prispausta prie rotoriaus. Rotoriui sukantis kameros, sujungtos su įėjimo kanalu 4, tūris didėja, ir oras įsiurbiamas. Tuo pat metu kameros, sujungtos su išmetimo kanalu 5, tūris mažėja, įsiurbtas oras suspaudžiamas ir pašalinamas į aplinką.

Rotoriui sukantis tam tikras tepimui naudojamos alyvos kiekis pernešamas iš išmetimo angos į vakuumą. Kadangi įsiurbimo kameroje slėgis mažesnis, iš alyvos išsiskiria dalis joje ištirpusių dujų, kurios patenka atgal į siurbiamąjį indą. Dėl to vienos pakopos rotaciniais alyviniais siurbliais gaunamas ribinis vakuumas yra tik apie $2 \cdot 10^{-3}$ Tor.

Dviejų pakopų rotaciniais siurbliais orą galima praretinėti iki 10^{-5} Tor. Šiuo atveju alyva, patenkanti į antrąją sujungtą su siurbiamu indu pakopą, turi daug mažiau ištirpusių dujų.

Difuziniai siurbliai. Difuzinių siurblių veikimas pagrįstas dujų difuzija į garų srautą. Pirmąjį difuzinį siurblį sukonstravo V. Gedė. Šiuo metu aukštam vakuumui gauti dažniausiai naudojami daugiapakopiai alyviniai difuziniai siurbliai. Principinė tokio siurblio schema pavaizduota 2 a pav.

Cilindro formos inde 1, kurio sienelės aušinamos vandeniu, įstatyti trys vienas į kitą įmontuoti bendraašiai vertikalūs vamzdžiai 2 su lietsargio formos gaubtuvais 3. Inde esanti alyva įkaitinama maždaug iki 200⁰C. Jos garų srautą gaubtuvai nukreipia žemyn.



2 pav. Alyvinio difuzinio siurblio principinė schema

Oro molekulės, iš siurbiamojo indo patekę į siurblio angą, difunduoja į alyvos garų srautą, nunešamos žemyn ir forvakuuminiu siurbliu siurbiamos pro angą 5. Alyvos garai kondensuojasi ant šaldomų korpuso sienelių ir vėl grįžta į kaitinimo rezervuarą.

Siurbimo metu alyvos garai dalinai patenka į siurbiamąjį indą ir sudaro papildomą dalinį slėgį. Esant dinaminei pusiausvyrai šis slėgis lygus alyvos sočiųjų garų slėgiui siurbiamo indo aplinkos temperatūroje. Dėl to, norint gauti didesnę vakuumą, būtina naudoti alyvą, turinčią kiek galima mažesnę sočiųjų garų slėgį kambario temperatūroje. Todėl siurbliuose naudojami pakankamai didelės molekulinės masės (300 – 700) organiniai junginiai, kurių sočiųjų garų slėgis šioje temperatūroje 10⁻⁷ – 10⁻⁸ Tor.

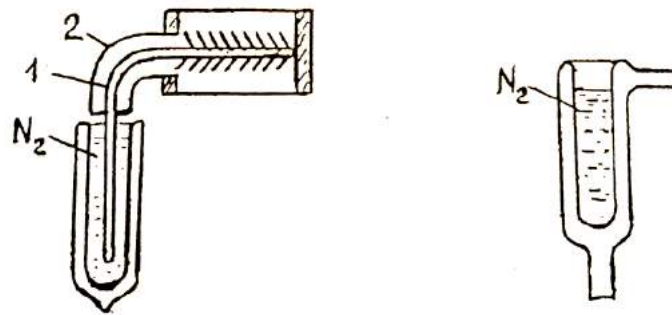
Vienas pagrindinių šių junginių trūkumų yra tas, kad jų molekulės aukštesnėse temperatūrose ir ypač sąveikaujant su deguonimi, disocijuoja į mažesnę molekulinę masę ir atitinkamai didesnę sočiųjų garų slėgį turinčius junginius – lengvasias frakcijas. Kuo didesnis šių frakcijų kiekis, tuo žemesnis pasiekiamas ribinis vakuumas.

Dėl to vakuuminėje technikoje naudojami daugiapakopiai frakcijuojantys difuziniai siurbliai (10 pav). Susikondensavusi alyva teka nuo korpuso sienelių į kaitintuvo vidurį. Iš vienos pakopos į kitą ji patenka pro specialias angas vertikaliosiose vamzdžiuose 2. Alyvos judėjimas kaitinimo indo dugnu pavaizduotas 2 b pav. Tokiu atveju lengvosios frakcijos spėja išgaruoti pirmojoje pakopoje, sunkesnės frakcijos patenka į antrąją pakopą, o sunkiausios – į trečiąją. Garų, išeinančių pro trečiosios pakopos angą, srautas neleidžia lengvosioms frakcijoms patekti į siurbiamąjį indą.

Šaldomosios gaudyklės. Ribinį vakuumą galima pagerinti patalpinus tarp difuzinio siurblio ir siurbiamojo indo šaldomą gaudyklę. Gaudyklių šaldymui dažniausiai naudojamas skystas azotas (temperatūra –198⁰C). Superaukšto vakuumo aparatuose naudojamas ir skystas helis (apie 4,2 K).

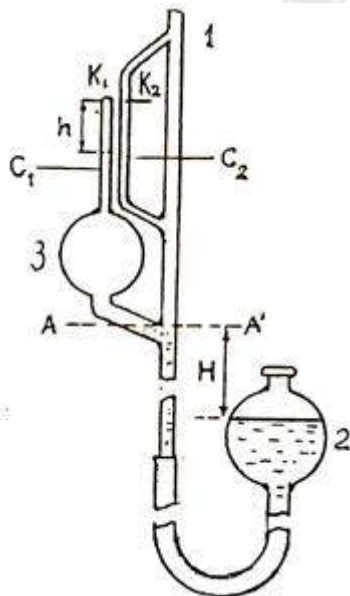
Vakuuminėje technikoje naudojamos įvairios metalinės ir stiklinės (3 pav.) šaldomosios gaudyklės. Metalinės gaudyklės šaldomoji dalis 1 su korpusu sujungta labai mažo šiluminio laidumo metalų lydinio neizilberio vamzdžiu 2. Alyvos garų molekulės, patekę ant šalto

gaudyklės paviršiaus, kondensuojasi, todėl patenkantis į siurbiamąjį indą jų kiekis labai sumažėja.



3 pav. Šaldomosios gaudyklės

Vakuomo matavimas. Slėgio matavimo prietaisai – manometrai, skirti matuoti slėgiams, mažesniems už atmosferinį, vadinami vakuumetrais. Vakuumetrą sudaro slėgio jutiklis ir registravimo įrenginys. Manometro tinkamumą duotame slėgių intervale nusako fizikiniai dėsniniai, tiesiogiai ar netiesiogiai grindžiantys jo veikimo principą.



4 pav. Kompresinis manometras

Manometrai, kuriems nereikia papildomo gradavimo, vadinami absoliučiaisiais. Iš jų dažniausiai vartojamas kompresinis Mak – Leodo manometras. Viena iš paprasčiausių jo konstrukcijų pavaizduota 4 pav. Prie vakuuminės sistemos manometras prijungiamas vamzdeliu 1. Antrasis šio vamzdelio galas lanksčiu vamzdeliu sujungtas su gyvsidabrio rezervuaru 2. Keliant rezervuarą aukštyn, gyvsidabris vamzdeliu 1 taip pat kyla ir, pasiekęs lygį AA', atskiria žinomo tūrio V kolbą 3 su kapiliaru K_1 nuo vakuuminės sistemos. Aukščių skirtumas H atitinka atmosferos slėgį. Rezervuarą 2 keliant dar aukščiau, kolboje esantis oras suslegiamas, o gyvsidabris kyla vienodo skersmens kapiliarais K_1 ir K_2 . Dėl padidėjusio slėgio, gyvsidabrio aukštis kapiliare K_1 bus mažesnis.

Rezervuarą keliamo tiek, kad gyvsidabrio stulpelio aukštis kapiliare K_2 atitiktų kapiliaro K_1 galą. Kadangi kapiliarų skersmenys vienodi, kapiliarumo jėgos neturi įtakos stulpelių aukščių skirtumui h . Šis skirtumas priklauso tik nuo dujų slėgių skirtumo siurbiamajame inde ir kapiliare K_1 .

Dujų tūris kapiliare K_1 yra $V_1 = Sh$, o slėgis $p = p + h$ torų; čia S – kapiliaro skerspjūvio plotas, o p – dujų slėgis siurbiamajame inde. Kadangi dujos suslegiamos izotermiškai, tai $pV = (p + h)Sh$. Iš čia gauname, kad

$$p = \frac{Sh^2}{V - Sh}; \quad (16)$$

Kapiliaro skersmuo yra 1-2 mm, o kolbos tūris V yra apie 100 cm^3 , todėl $V \gg Sh$. Tokiu atveju

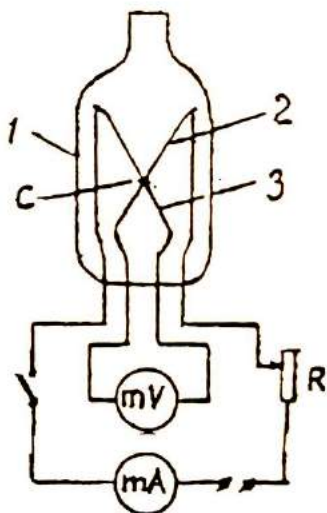
$$p = Kh^2; \quad (17)$$

čia dydis $K = \frac{S}{V}$ vadinamas manometro konstanta.

Termoelektrinis manometras. Slėgiams nuo 0,1 iki 10^{-3} Tor matavimui dažniausiai naudojami termoelektriniai vakuometrai. Jų veikimas pagrįstas dujų šiluminio laidumo priklausomybe nuo slėgio. Termoelektrinio vakuometro slėgio indikatoriaus (manometrinės lempos) schema pavaizduota 5 pav.

Ją sudaro stiklinis arba metalinis korpusas 1, kurio viduje įmontuoti kaitinimo siūlelis 2 ir termoelementas 3. Pastarasis sudarytas iš dviejų labai plonų skirtingų metalų vielelių, sulydytų taške C. Tekant srovei siūleliu, jis iššyla, atsiranda termoelektrinė įtampa, kuri tuo didesnė, kuo didesnis taško C ir aplinkos (korpuso) temperatūrų skirtumas.

Jei kaitinimo srovė pastovi, siūlelio ir taško C temperatūra priklauso nuo šilumos nuotėkio į aplinką. Šiuo atveju šiluma yra išspinduliuojama, nuteka per metalinius elektrodus ir pernešama dujų molekulių. Kai slėgis $p > 10^{-3}$ Tor, didžiausią šilumos dalį Q perneša dujų molekulės.



5 pav. Termoelektrinio vakuometro schema

milivoltmetras rodytų 10 mV. Graduojama naudojant kompresinį manometrą.

Matuojant slėgį, visų pirma būtina kintamąją varžą R nustatyti lempai būdingą kaitinimo srovę, kurią matuojame miliampermetru mA. Jei esant slėgiui 10^{-4} Tor milivoltmetro rodyklė išsaina už skalės ribų, kaitinimo srovė yra per didelė.

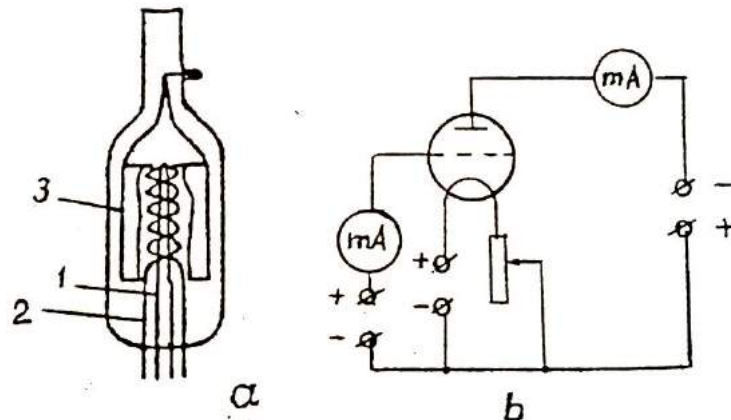
Termovaržinis manometras. Slėgių, didesnių negu 0,1 Tor, srityje jautresni termovaržiniai manometrai. Jie tinka matuoti slėgiams nuo kelių dešimčių iki tūkstantųjų toro. Manometrinį jutiklį sudaro plona vielėlė – termovarža. Vielėlės atiduotas į aplinką šilumos kiekis tekant ja pastovaus stiprio srovei bus tuo mažesnis, kuo mažesnis dujų slėgis. Didesnį šio tipo manometrų jautrį žemo vakuumo srityje sąlygoja tai, kad galima parinkti aukštesnę vielėlės temperatūrą, lyginant su termoelemento sulydymo taško temperatūra, ir mažesnę jos atstumą iki korpuso sienelių. Matuojant slėgį vielėlės temperatūra palaikoma pastovi. Tokiu atveju, slėgiui mažėjant, būtina atitinkamai mažinti kaitinimo srovę. Vadinasi pagal šios srovės stiprį galima spręsti apie slėgį siurbiamo indo viduje.

Jonizaciniai manometrai. Jonizacinių manometrų veikimo principas pagrįstas dujų elektroninės jonizacijos srovės priklausomybe nuo slėgio. Jonizacinės manometrinės lempos schema pavaizduota 6 a pav. Ją sudaro stiklinis balionėlis, kuriame įlydytas kaitinamas volframo vielos katodas 1, spiralės formos volframinis tinklelis 2 ir jonų kolektorius 3.

Mažo vakuumo srityje, kai molekulių laisvasis kelias \bar{l} yra daug mažesnis už lempos balionėlio spindulį r , dujų šilumos laidumas nuo slėgio nepriklauso. Šiuo atveju šilumą dujos perneša konvekcijos būdu. Slėgiui mažėjant, kai \bar{l} ir r tampa tos pačios eilės dydžiais, dujų šilumos laidumas mažėja. To pasekoje kaitinimo ir taško C temperatūra didėja, o kartu didėja ir termoelektrinė įtampa, kuri registruojama milivoltmetru. Kai slėgis $p < 10^{-4}$ Tor ($\bar{l} \gg r$), dujų perneštas šilumos kiekis, lyginant su nutekančiu elektrodais, yra nedidelis. Šiuo atveju kaitinimo siūlelio temperatūra ir termoelektrovara nuo slėgio nepriklauso.

Graduojant termoeletrinį manometrą, kaitinimo srovė parenkama taip, kad esant slėgiui, mažesniai arba lygiam 10^{-4} Tor,

Tinklelio potencialas katodo atžvilgiu yra teigiamas, apie 200 V, o kolektoriaus – neigiamas, apie –20 V. Jungimo schema pavaizduota 6 b pav. Katodo emituoti elektronai greitėdami juda tinklelio link. Dauguma elektronų pralekia palyginti retas tinklelio vijas. Artėjant prie kolektoriaus, jie stabdomi ir vėl grįžta pralėkdami tinklelį. Taigi, prieš patekdami į tinklelį, elektronai tam tikrą laiką svyruoja apie jį. Tai padidina susidūrimo su dujų molekulėmis ir atitinkamai jų jonizacijos tikimybę. Dujų jonai patenka į kolektorių. Esant pastoviai elektronų srovei, jonų srovė proporcinga dujų slėgiui: $I_j = cp$; čia c – manometro konstanta.

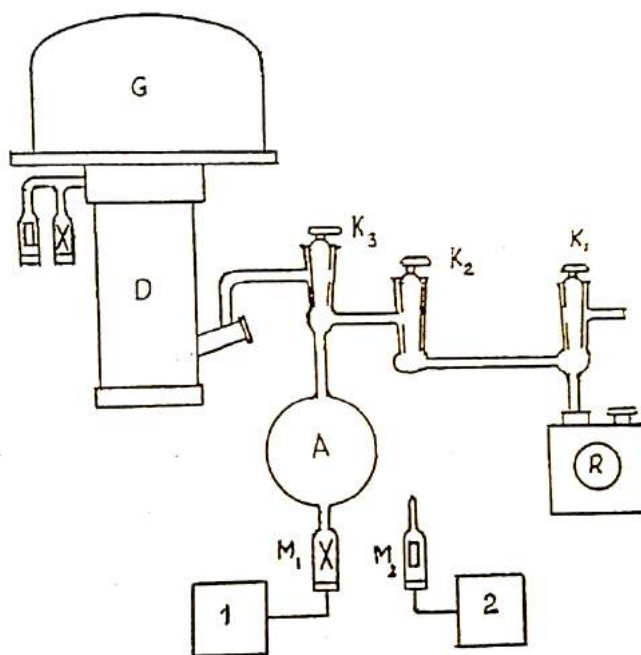


6 pav. Jonizacinės manometrinės lempos ir jonizacinio vakuumetro schemas

Elektroninė srovė registruojama tiesiogiai miliampermetru, o joninė srovė – prieš tai sustiprinta. Šios konstrukcijos jonizaciniais manometrais galima matuoti slėgius $10^{-3} - 10^{-7}$ Tor intervale. Esant didesniems slėgiams katodą intensyviai bombarduoja dujų jonai, todėl jis greitai išgaruoja.

Elektronams pataikant į tinklelį, jis emituoja minkštus rentgeno spindulius, kurie išmuša elektronus iš jonų kolektoriaus. Dėl to srovė, tekanti kolektoriaus grandine, padidėja. Fotosrovę taip pat sukelia jonų rekombinacinis spinduliavimas. Esant slėgiui mažesniau negu 10^{-7} Tor, jonų sąlygojama srovė mažesnė už fotosrovę. Tokiu atveju kolektoriaus srovė nuo slėgio praktiškai nepriklauso.

Vakuuminė aparatūra. Tyrimams skirtos aparatūros schema pavaizduota 7 pav. Rotacinis siurblys R sujungtas vamzdine sistema su balionu A. Vamzdinę sistemą sudaro vamzdžiais sujungti trys čiaupai ir termoporinė manometrinė lempa M_1 . Čiaupas K_1 skirtas oro įleidimui į rotacinį siurblių, kai jis išjungtas. Čiaupas K_3 atskiria forvakuuminę dalį nuo difuzinio siurblio D (nenaudojamas), o K_2 – balioną A nuo rotacinio siurblio. Slėgis balione matuojamas termoelektriniu vakuumetru 1, o užlydytoje jonizacinėje lempos M_2 – jonizaciniu vakuumetru 2.



7 pav. Vakuuminė aparatūra

Darbo eiga eiga.

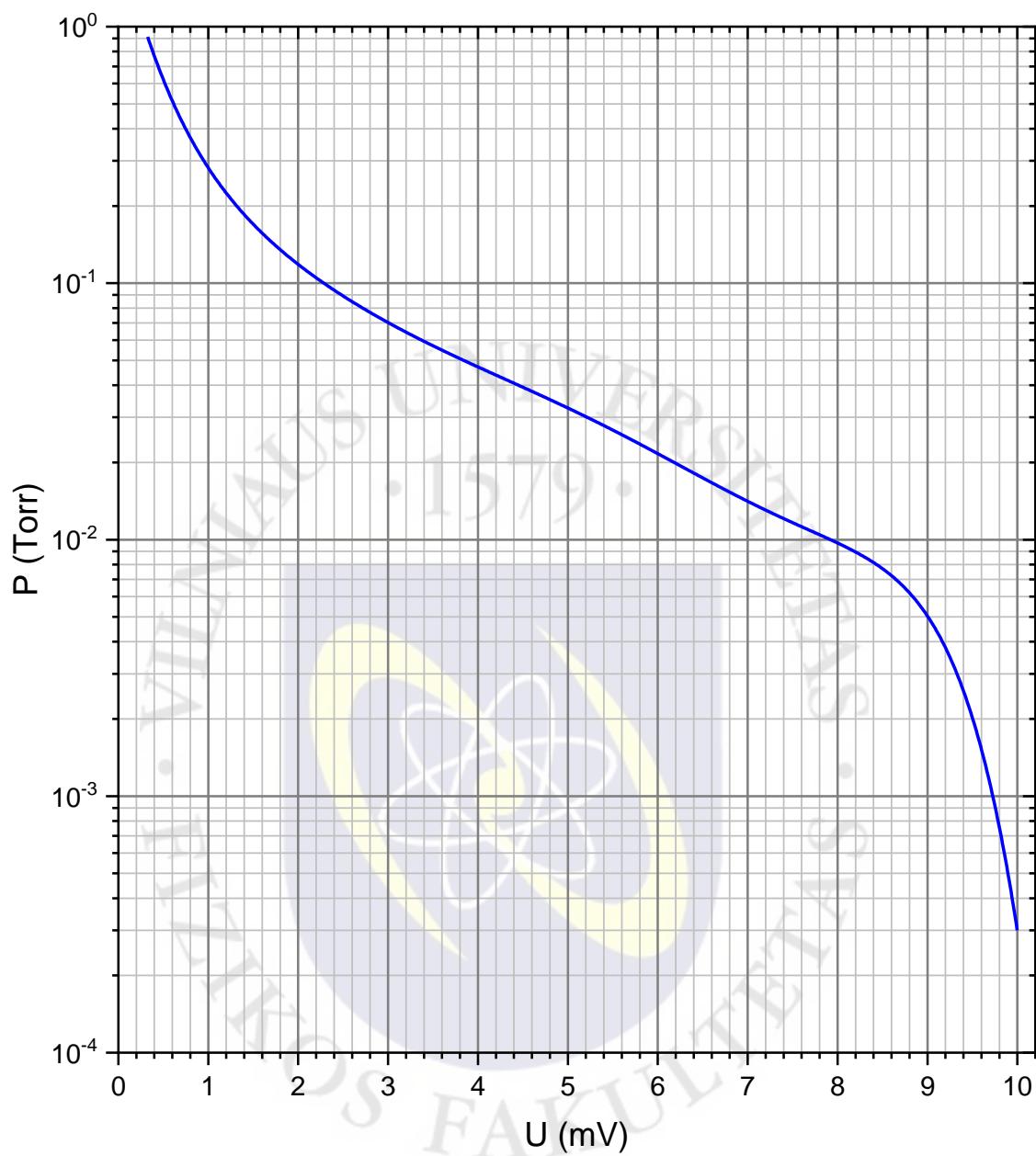
1. Įjunkite termoelektrinį vakuumetrą:
 - a) Jungikliu „СЕТЬ“ įjunkite maitinimo įtampą, o jungikliu „ТЕРМОБАКУУМЕТР“ – termoelektrinį bloką.
 - b) Jungiklis esantis po kairiuoju indikatoriumi turi būti padėtyje “ТОК НАКАЛА”. Tokiu atveju šis indikatorius rodo manometrines lempos kaitinimo srovės stiprį miliamperais. Nustatome reikiamą kaitinimo srovę sukdami rankenėlę “РЕГ. ТОКА НАКАЛА”.
 - c) Perjungę jungiklį, esantį po kairiuoju indikatoriumi į padėtį “ИЗМЕРЕНИЕ” galite pradėti matavimus.
2. K₁ čiaupui esant atsuktam, slėgis forvakuuiniame inde lygus atmosferiniam.
3. Užsukite čiaupą K₁.
4. Įjunkite rotacinį siurblių.
5. Kas pasirinktą laiko tarpą fiksuokite termoelektrinio vakuumetro parodymus.
6. Matavimus baikite, kai per 5 min. rodmuo beveik nepakinta.
7. Paruoškite matavimui jonizacinį manometrą:
 - a) Jungikliu “НАКАЛ ЛМ – 2” įjunkite jonizacinės manometrinės lempos kaitinimą.
 - b) Po 10-15 min. jungiklį “ПРОГРЕВ – ИЗМЕРЕНИЕ”, esantį dešinėje indikatoriaus pusėje, perjunkite į padėtį “ИЗМЕРЕНИЕ”.
 - c) Jungiklis po šiuo indikatoriumi turi būti padėtyje “ЕМИССИЯ ЛМ – 2”.
 - d) Pamažu sukdami rankenėlę “РЕГ. ЕМИССИИ”, nustatykite lempos emisijos srovę, kad indikatoriaus rodyklė būtų ties vidurine padala “А”.
 - e) Po to jungiklį “ЕМИССИЯ ЛМ – 2 – ИЗМЕРЕНИЕ“ perjunkite į padėtį „ИЗМЕРЕНИЕ”.
 - f) Jungiklis “ИЗМЕРЕНИЕ – УСТ. НУЛЯ“ turi būti padėtyje „УСТ. НУЛЯ“.

- g) Rankenėle „РЕГ. НУЛЯ“ nustatykite, kad indikatoriaus rodyklė būtų ties nuline padala.
- h) Skalių perjungiklį perjungę iš padėties 10^3 į padėtį „КАЛИБРОВКА“, patikrinkite ar indikatoriaus rodyklė nukrypo iki paskutinės padalos. Jeigu taip nėra, pareguliuokite atsuktuvu valdoma rankenėle „КАЛИБРОВКА“.
- i) Perjungę jungiklį „УСТ. НУЛЯ – ИЗМЕРЕНИЕ“ į padėtį „ИЗМЕРЕНИЕ“, skalių perjungiklį pasukite į padėtį, atitinkančią matuojamo slėgio dydį.
8. Slėgį nustatykite pagal formulę $p=k \cdot n \cdot 10^{-7}$; čia k – skalės daugiklis, o n – jos padalų skaičius.
9. Baigę matavimus išjunkite rotacinį siurblių ir atsukite čiaurą K_1 .
Jungiklių pradinės padėtys:

Jungiklis	Padėtis
СЕТЬ	Išjungta
ТЕРМОВАКУУМЕТР	Išjungta
ТОК НАКАЛА - ИЗМЕРЕНИЕ	ТОК НАКАЛА А
НАКАЛ ЛМ – 2	Išjungta
ПРОГРЕВ – ИЗМЕРЕНИЕ	ПРОГРЕВ
ЕМИССИЯ ЛМ – 2 – ИЗМЕРЕНИЕ	ЕМИССИЯ ЛМ – 2
УСТ. НУЛЯ – ИЗМЕРЕНИЕ	УСТ. НУЛЯ
Skalių perjungiklis	10^3

Literatūra:

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000, 353 p.
2. J. Kaladė, V. Mickevičius, D. Grabauskas, „Termodinamika ir statistinė fizika“, Vilnius, *Mokslas*, 1982, 380 p.



8 pav. Termoelektrinio vakuumetro gradavimo kreivė.