

VILNIAUS UNIVERSITETAS
Fizikos fakultetas
Mokomoji atomo ir branduolio fizikos laboratorija

Laboratorinis darbas Nr. 4

**ĮVAIRIŲ MEDŽIAGŲ BŪDINGOSIOS RENTGENO
SPINDULIUOTĖS TYRIMAS**

Eksperimentinė dalis

2020-02-10

Čia yra tik smulkus matavimo tvarkos aprašas. Ruošiantis darbui, reikia naudoti kitą aprašą, kuriame išdėstyta ne tik darbo metodika, bet ir teorija. Eksperimentinės dalies aprašas visą laiką turi būti prie matavimo įrangos; jo negalima išsinešti iš laboratorijos.

Darbo įranga

Šiam darbui naudojamas Vokietijos kompanijos „Phywe Systeme“ mokomasis rentgeno aparatas. Darbo įrangą sudaro:

- 1) mikroprocesoriaus valdomas Rentgeno aparatas (rentgeno vamzdžio įtampos reguliavimo ribos – nuo 0 iki 35 kV, rentgeno vamzdžio srovės reguliavimo ribos – nuo 0 iki 1 mA);
- 2) 3 rentgeno vamzdžio blokai su trimis skirtingais rentgeno vamzdžiais (vario, geležies ir molibdeno anodais);
- 3) goniometras (rentgeno aparato priedas, kuris skirtas rentgeno spinduliuotės spektro ir sklaidos tyrimui);
- 4) Geigerio ir Miulerio detektorius;
- 5) ličio fluorida (LiF) kristalas su laikikliu;
- 6) kompiuteris.

1 pav. parodytas bendras matavimo įrangos vaizdas. Iš įrenginių, kurie matomi 1 pav., šiam darbui yra reikalingi tik rentgeno aparatas (kairėje) ir kompiuteris. Kiti matomi prietaisai (du multimetrai ir už jų esantys maitinimo blokas bei elektrometrinis stiprintuvas) šiame darbe nėra naudojami, todėl jų nereikės įjungti. Rentgeno aparato kairiojoje dalyje yra rentgeno vamzdžio blokas su langeliu. Rentgeno vamzdžio bloką galima lengvai ištraukti ir pakeisti kitu bloku. Blokas ištraukiamas laikant jį už rankenos, kuri matoma 2 pav. Ištrauktas rentgeno vamzdžio blokas pavaizduotas 3 pav. Kadangi darbo metu reikės naudoti visus tris rentgeno vamzdžius (su vario, geležies ir molibdeno anodais) ir juos galima tirti bet kuria tvarka, tai darbo pradžioje nereikia ištraukti rentgeno vamzdžio bloko. Anodo medžiaga nurodyta užrašė, kuris yra virš rentgeno vamzdžio bloko rankenos (žr. 2 pav. ir 3 pav.).



1 pav. Bendras matavimo įrangos vaizdas



2 pav. Rentgeno aparato kairioji sienelė. Yra matoma rentgeno vamzdžio bloko rankena. Virš rankenos yra užrašas (vokiečių ir anglų kalbomis), kuriame paminėta rentgeno vamzdžio anodo medžiaga (šioje nuotraukoje yra rentgeno vamzdžio blokas su molibdeno anodu)



3 pav. Rentgeno vamzdžio blokas

Matavimo tvarka

1. Įjungiami rentgeno aparatas ir kompiuteris (rentgeno aparato jungiklis yra ant užpakalinės sienelės).

2. Rentgeno aparatas atidaromas. Tam reikia nuspausti ir pasukti į dešinę raudoną mygtuką, kuris yra ties rentgeno aparato durelių kairiuoju apatiniu kampu (žr. 4 pav.). Paskui dureles reikia pastumti į kairę (žr. 5 pav.).

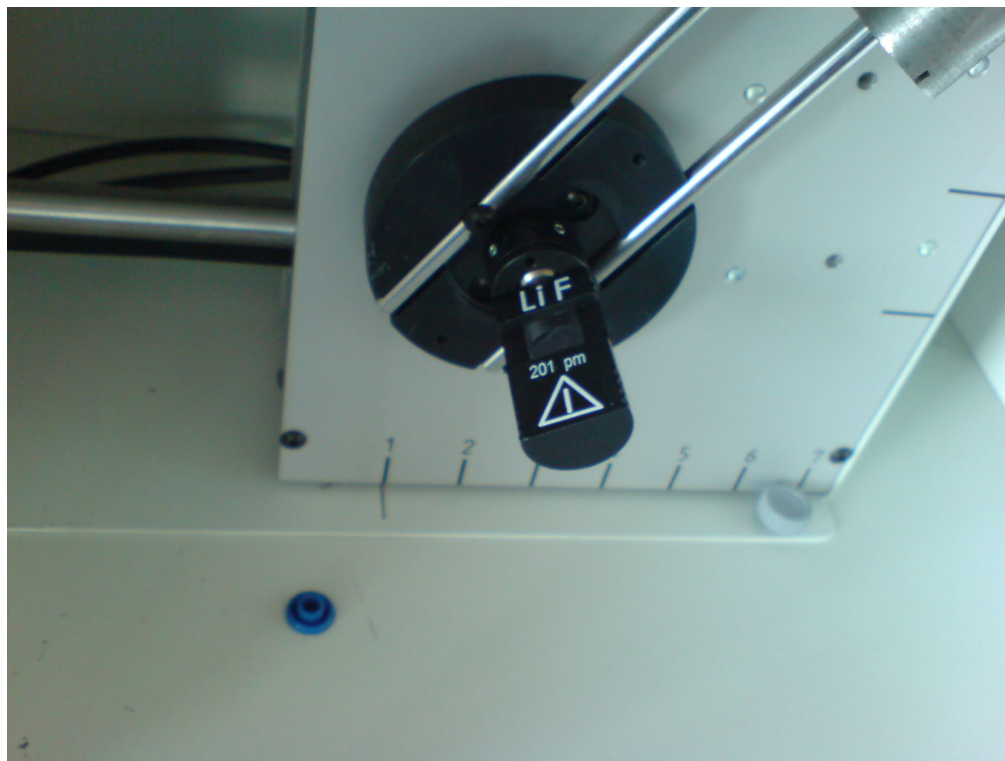


4 pav. Rentgeno aparato durelių fiksatorius (šioje nuotraukoje durelės užfiksuotos uždarytoje padėtyje)

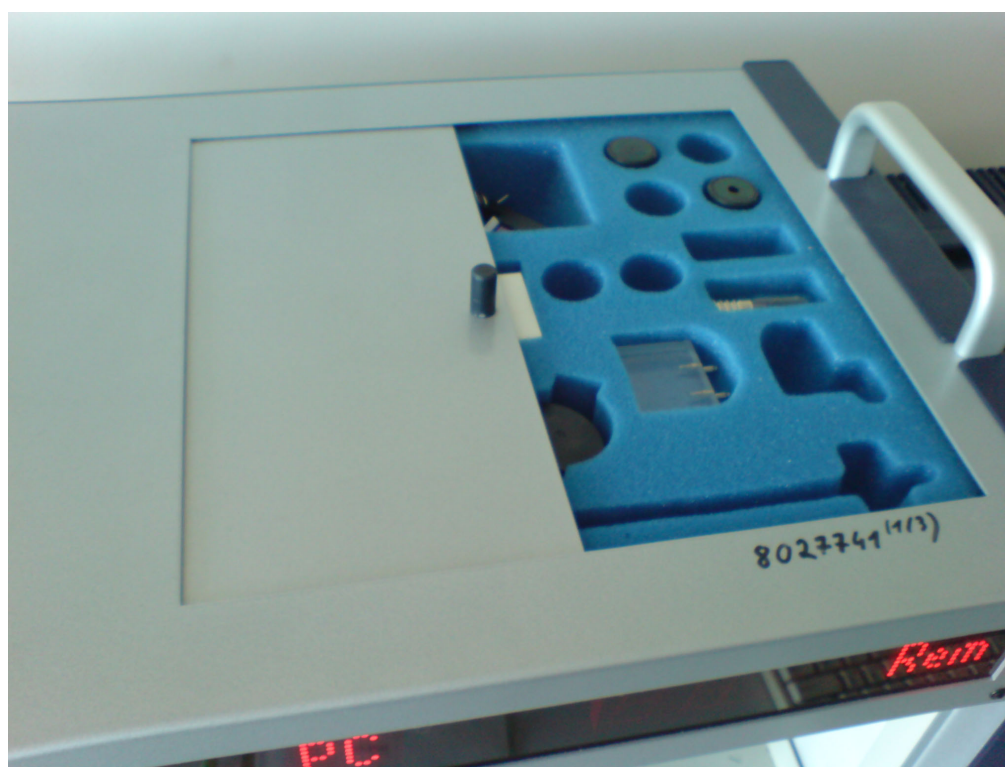


5 pav. Rentgeno aparato durelių fiksatorius (šioje nuotraukoje durelės yra atidarytos)

3. Į goniometrą įstatomas LiF kristalas. Kristalas yra plastikiniame korpuse su dviem metalinėm kojelėm, kurios turi būti įstatytos į angas, esančias ant goniometro. Kai kristalas yra įstatytas į goniometrą, jis atrodo taip, kaip parodyta 6 pav. (detektorius, kurio korpuso galas yra matomas 6 pav. dešiniajame viršutiniame kampe, gali būti ir kitokioje padėtyje). Gali būti, kad prieš pradėdant darbą kristalas jau yra įstatytas į goniometrą (tada jo liesti nereikia). Jeigu goniometre nėra kristalo, tada jo reikia ieškoti tarp rentgeno aparato priedų, kurie yra rentgeno aparato viršutinėje dalyje (žr. 7 pav.).



6 pav. Ličio fluorida (LiF) kristalas goniometro centre



7 pav. Rentgeno aparato priedų skyrius

4. Į rentgeno vamzdžio bloką turi būti įdėta 2 mm skersmens diafragma. Diafragma – tai maždaug 3 cm ilgio ir 2 cm skersmens cilindras, kuriame padarytas siauras kanalas (žr. 8 pav.). Diafragmos paskirtis – siauro lygiagretaus spinduliuotės pluošto formavimas. Diafragma turi būti tarp rentgeno vamzdžio ir kristalo, todėl ji turi būti įdėta į rentgeno vamzdžio bloko dalį, kuri yra išlindusi pro angą, esančią ant rentgeno aparato kameros kairiosios vidinės sienelės (žr. 9 pav.). Taigi, prie diafragmos galima prieiti tik iš rentgeno aparato vidaus, atidarius dureles. Gali būti, kad prieš pradėdant darbą ant rentgeno vamzdžio nėra diafragmos arba yra uždėta neteisingo skersmens diafragma (rentgeno aparato komplekte yra trys diafragmos: 1 mm, 2 mm ir 5 mm skersmens). Tada reikia surasti 2 mm skersmens diafragmą priedų skyriuje (žr. 7 pav., dešinysis viršutinis kampas) ir ją uždėti ant rentgeno vamzdžio.

Pastabos: 1. Nors ant diafragmų nėra užrašytas angos skersmuo, tačiau, žinant, kad kitokio skersmens diafragmų nėra, nesunku vizualiai nustatyti, kuri iš jų yra 2 mm diafragma (jos anga yra antroji pagal dydį).

2. Du BNC kabeliai, kurie taip pat yra matomi 9 pav., yra prijungti prie minėtų nenaudojamų prietaisų. Tų kabelių nereikia liesti (jie netrukdo šiam darbui).



8 pav. Rentgeno vamzdžio diafragma



9 pav. Rentgeno vamzdžio diafragmos darbinė padėtis

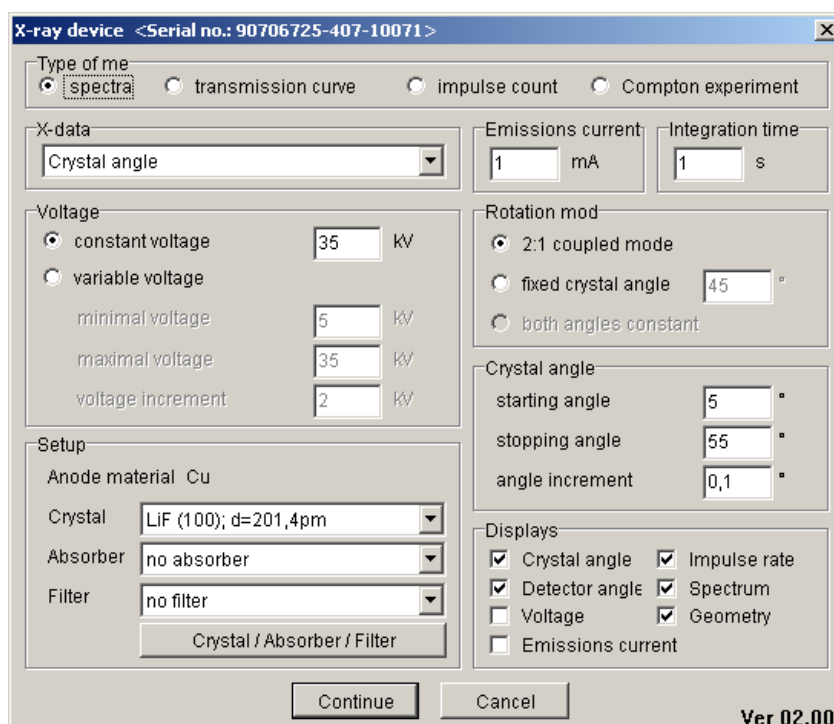
5. Rentgeno aparato drelės uždaromos (t. y. paslenkamos į dešinę iki atsirėmimo). Uždarius drelės, minėtąjį raudoną mygtuką reikia pasukti į kairiąją kraštinę padėtį, kad jis iššoktų (žr. 4 pav.). Be to, kad paskui būtų įmanoma įjungti aukštą įtampą, reikia dar kartą iki galo spustelėti tą mygtuką (nesukant). **Pastaba:** Jeigu rentgeno aparatas buvo išjungtas iš elektros tinklo arba jeigu buvo atidarytos jo drelės, tada prieš jungiant aukštą įtampą visada reikalingas bent vienas raudonojo mygtuko nuspaudimas. Priešingu atveju aukšta įtampa neįsijungs.

6. Startuojama programa „Measure“ (jos piktograma yra darbastalyje; be to, ji yra „Start Menu“ programų grupėje „PHYWE“).

7. Programa paruošiama darbui. Tam pasirenkamas meniu „Gauge“ punktas „X-Ray Device“. Tada atsidaro matavimo parametrų dialogo langas (žr. 10 pav.), kuriame reikia užduoti tokius matavimo parametrus:

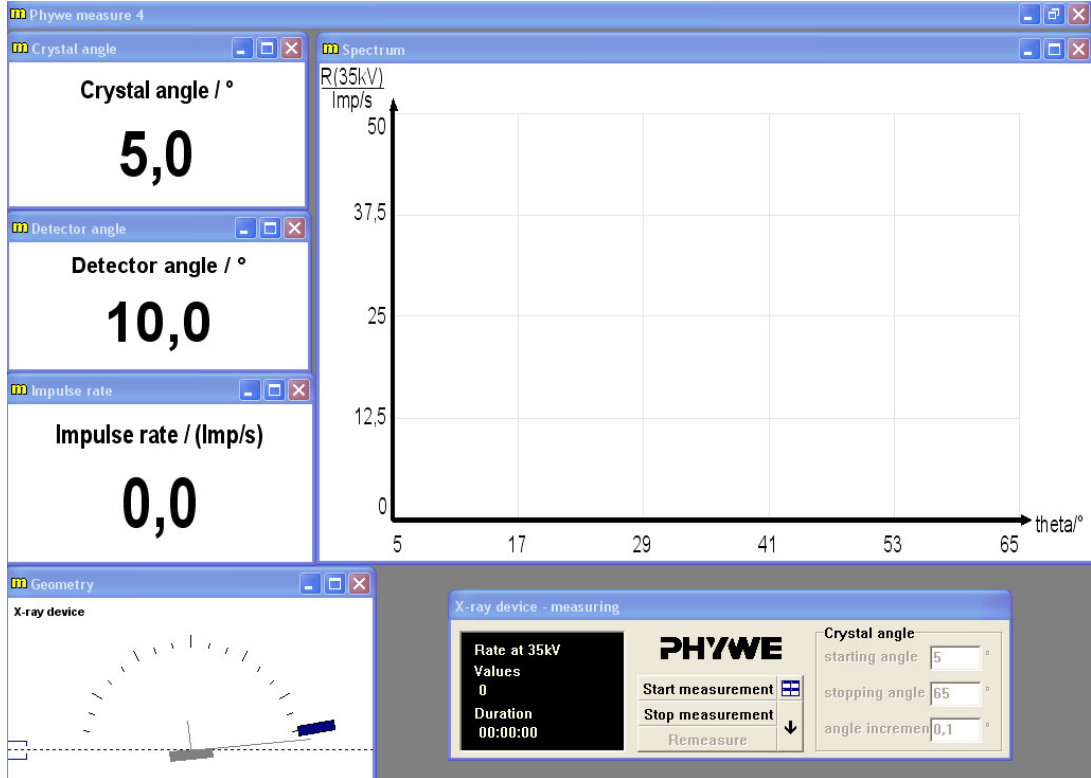
Parametro pavadinimas	Parametro vertė	Parametro prasmė
Type of measurement	Spectra	Nusako matavimų tipą (šiuo atveju – spektras)
X-data	Crystal angle	Nusako, kas turi būti atidėta ant abscisių ašies
Emissions current	1 mA	Rentgeno vamzdžio anodo srovė
Integration time	1 s	Fotonų skaičiavimo trukmė kiekvienam kampui
Constant / variable voltage	Constant voltage	Nusako veiką (šiuo atveju – nuolatinė įtampa)
Voltage	35 kV	Rentgeno vamzdžio greitinimo įtampos vertė
Rotation mode	2:1 coupled mode	Nusako, kad kristalas ir detektorius sukami kartu
Starting angle	5°	Pradinis spindesio kampas θ
Stopping angle	55° Cu anodo atveju, 80° Fe anodo atveju, 65° Mo anodo atveju	Galutinis spindesio kampas θ
Angle increment	0,1°	Greitimų spindesio kampo θ verčių skirtumas
Crystal	LiF	Kristalas (šis parametras neturi įtakos rezultatams)
Absorber	no absorber	Sugėriklis (šiuo atveju nenaudojamas)
Filter	no filter	Monochromatizavimo filtras (nenaudojamas)
Displays	Crystal angle Detector angle Impulse rate Spectrum Geometry	Šioje parametrų grupėje reikia pažymėti dydžius, kurie turi būti atvaizduojami matavimų metu.

Galutinis kampas priklauso nuo anodo medžiagos. Anodo medžiaga nurodyta užrašė, kuris yra virš rentgeno vamzdžio bloko rankenos (žr. 2 ir 3 pav.). Be to, anodo medžiaga nurodyta programos lange (žr. 10 pav.).

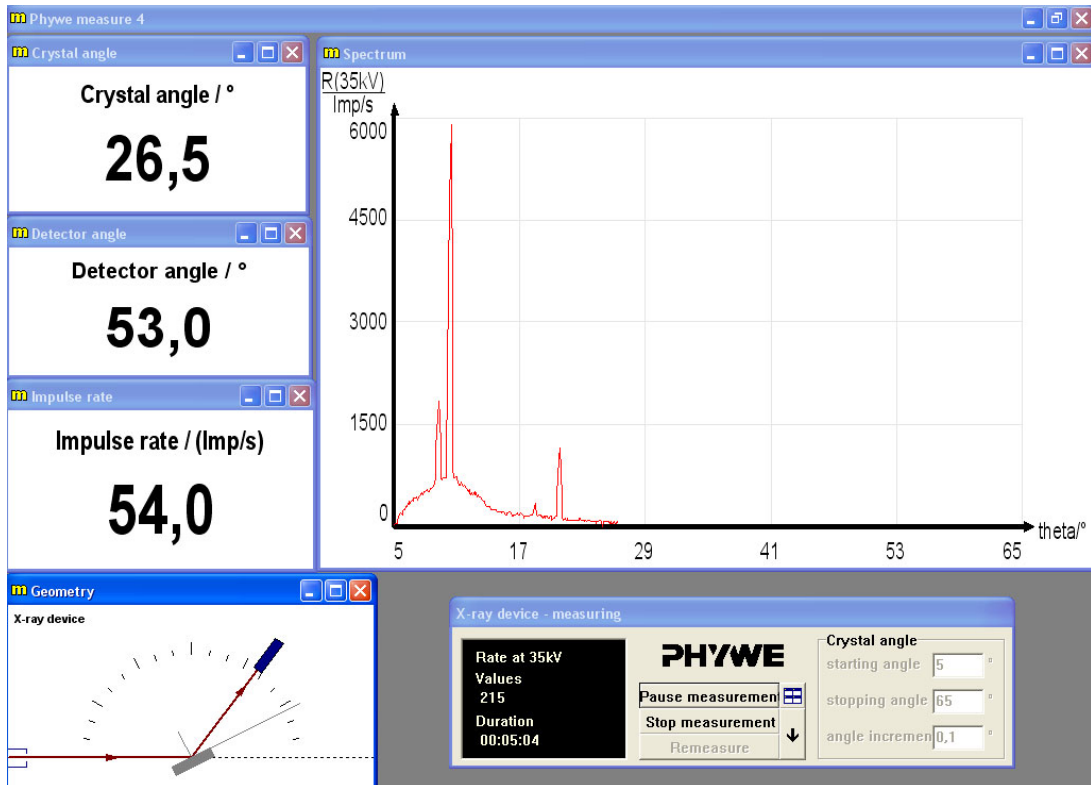


10 pav. Matavimo parametrai

8. Pele nuspaudžiamas mygtukas „Continue“. Atsidariusiame lange pele nuspaudžiamas mygtukas „Start measurement“ (žr. 11 pav.). Laukiama, kol baigsis matavimai. Matavimo metu kompiuteris atvaizduoja goniometro ir kristalo geometriją, kristalo paviršiaus ir detektoriaus kampus spinduliuotės kritimo krypties atžvilgiu (jie yra lygūs atitinkamai θ ir 2θ), per 1 s detektuotų fotonų skaičių ir visų matavimo rezultatų grafiką (žr. 12 pav.).



11 pav. Matavimo programos lango pradinis vaizdas



12 pav. Matavimo programos lango vaizdas matavimo metu

9. Pasibaigus matavimams, reikia spustelėti programos mygtuką „Stop measurement“. Tada atsidaro naujas langas, kuriame pavaizduota galutinė skaičiavimo spartos priklausomybė nuo spindesio kampo.

10. Gautasis grafikas išsaugomas. Tam atliekama meniu komanda „Measurement/Export data...“. Atsidariusiame dialogo lange „Export data“ reikia pažymėti laukelius „Copy to clipboard“ ir „Export as metafile“. Po to reikia sukurti Microsoft Word failą ir atlikti Word meniu komandą „Edit/Paste“. Galima dar paredaguoti grafiką, įterpiant paaiškinančius užrašus (tai galima atlikti ir „Word“ aplinkoje, ir programoje „Measure“, naudojant pastarosios programos meniu komandą „Measurement/Labels...“).

11. Matavimų duomenys išsaugomi teksto faile (skaičių stulpelių pavidalu) vėlesnei analizei. Tuo tikslu vėl atliekama meniu komanda „Measurement/Export data...“, tačiau šį kartą reikia pažymėti laukelius „Save to file“ ir „Export as numbers“. Po to reikia įvesti failo vardą (su plėtiniu). Tame faile duomenys išdėstyti dviejų stulpelių pavidalu: pirmajame stulpelyje – kampas θ , o antrajame – atitinkama skaičiavimo sparta.

12. Atliekant matavimus su Mo ir Fe rentgeno vamzdžiais, reikia ne tik išmatuoti visą spektrą, bet ir papildomai išmatuoti siauresnes to spektro sritis, siekiant ištirti K_{α} linijos smulkiąją (dubletinę) sandarą. Tam reikia pakartoti 7–11 punktus, uždavus siauresnį kampų intervalą (tokį, kad jis apimtų tik vieną tiriamąją smailę) ir ilgesnę vieno matavimo trukmę (kad matavimai būtų tikslesni). Atliekant matavimus su Mo rentgeno vamzdžiu, taip reikia ištirti ketvirtosios eilės K_{α} smailę. Tada 7 punkte parametras „Integration time“ turi būti 5 s, „Starting angle“ – 44° , o „Stopping angle“ – 46° . Visi kiti parametrai lieka tokie patys, kaip anksčiau (žr. lentelę 7 punkte). Atliekant matavimus su Fe rentgeno vamzdžiu, reikia papildomai ištirti antrosios eilės K_{α} smailę. Šiuo atveju 7 punkte parametras „Integration time“ turi būti 5 s, „Starting angle“ – 72° , o „Stopping angle“ – 76° . Visi kiti parametrai lieka tokie patys, kaip anksčiau (žr. lentelę 7 punkte). Atliekant matavimus su Cu rentgeno vamzdžiu, smulkiosios sandaros tirti nereikia, todėl šis punktas praleidžiamas.

13. Pakeičiamas rentgeno vamzdžio blokas ir pakartojami 5, 7 – 12 punktai (jeigu šalia rentgeno aparato nėra reikalingo rentgeno vamzdžio bloko, tada reikia kreiptis į darbo vadovą arba laborantą). Prieš ištraukiant rentgeno vamzdžio bloką, rentgeno aparatą reikia išjungti (programos uždaryti nebūtina), paskui atidaryti rentgeno aparatą ir nuimti diafragmą. Įdėjus kitą rentgeno vamzdžio bloką, reikia vėl uždėti tą pačią diafragmą. Tokiu būdu reikia atlikti matavimus dar su dviem rentgeno vamzdžiais (iš viso yra trys rentgeno vamzdžiai). Ištraukimo pradžioje (pirmieji 5 – 10 mm) reikia prilaikyti pakeltoje padėtyje fiksatorių, kuris yra po vamzdžio bloko rankena (šalia to fiksatoriaus yra balta vertikali rodyklė; žr. 2 ir 3 pav.). **Dėmesio!** Kadangi rentgeno vamzdis yra stiklinis, su rentgeno vamzdžio bloku reikia elgtis ypač atsargiai (netrankyti), kad neskiltų rentgeno vamzdis.

14. Rentgeno aparatas išjungiamas, failas su penkiais grafikais atspausdinamas. **Pastaba:** Spausdintuvas, kuris šiuo metu naudojamas laboratorijoje, nėra tinklo spausdintuvas. T. y. jis prijungtas ne tiesiog prie kompiuterinio tinklo, o prie kompiuterio, kuris prijungtas prie kompiuterinio tinklo. Jeigu sistema negali užmegzti ryšio su spausdintuvu, tai gali reikšti, kad tas kompiuteris arba spausdintuvas nėra įjungtas.

15. Ant lapų su atspausdintais grafikais pasirašo darbo vadovas arba laborantas.