

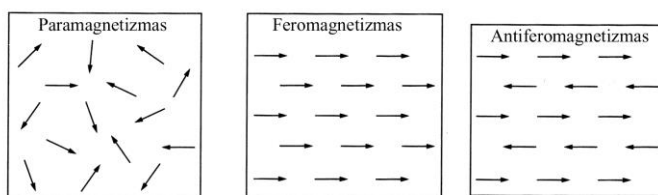
9. PEREINAMŲJŲ ELEMENTŲ JUNGINIŲ MAGNETINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

Įvadas

Jei medžiaga turi tik suporuotus elektronus, ji bus diamagnetikas. Magnetinis laukas tokiose medžiagose indukuoja magnetinius momentus, orientuotus priešinga magnetiniam laukui kryptimi, tad medžiaga silpnai atstumiama magnetinio lauko. Kadangi visos medžiagos turi suporuotų elektronų, diamagnetizmo reiškinys yra universalus ir būdingas visom medžiagoms, bet diamagnetikuose jis dominuoja. Medžiagos, turinčios nesuporuotų elektronų, be silpno diamagnetizmo, pasižymi ir kitomis specifinėmis magnetinėmis savybėmis, jos dar vadinamos magnetinėmis medžiagomis. Nesuporuoti elektronai medžiagoje yra lokalizuoti metalų katijonuose ir nulemia katijono magnetinio dipolio momentą. Dažniausiai tai pereinamųjų d-elementų ir lantanoidų katijonai, tad jų junginių tarpe turime daugiausia magnetinių medžiagų.

Magnetinės medžiagos klasifikuojamos į kelias grupes (Pav. 1):

-paramagnetikai – medžiagoje skirtingų atomų ar jonų nesuporuotų elektronų sukiniai ir magnetiniai dipoliai orientuoti atsitiktinai ir suminis magnetinis momentas lygus nuliui.

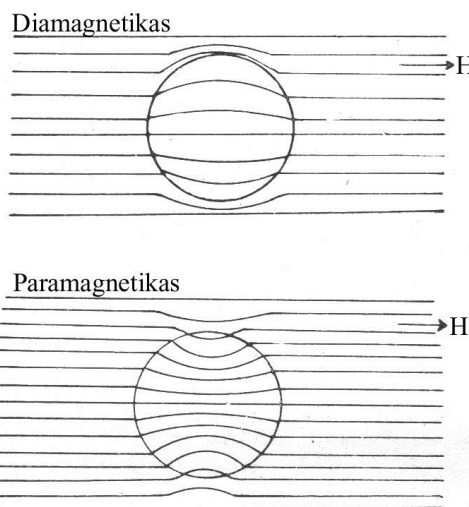


1 pav. Magnetinių dipolių orientacija paramagnetike, feromagnetike ir antiferomagnetike.

-feromagnetikai – kuriuose beveik visų nesuporuotų elektronų sukiniai ir jonų magnetiniai dipoliai išsidėsto lygiagrečiai dėl dipolių tarpusavio sąveikos. Todėl medžiaga turi suminį magnetinį momentą.

-antiferomagnetikai – kuriuose skirtingų jonų nesuporuotų elektronų sukiniai ir jonų magnetiniai dipoliai išsidėsto antilygiagrečiai, tad suminis magnetinis momentas lygus nuliui.

ferimagnetikai – kuriuose skirtingų jonų nesuporuotų elektronų sukiniai ir jonų magnetiniai dipoliai išsidėsto antilygiagrečiai, bet priešingomis kryptimis orientuotų dipolių skaičius



2 pav. Diamagnetinių ir paramagnetinių medžiagų elgesys magnetiniame lauke.

nevienodas. Tokiu atveju medžiagos suminis magnetinis momentas nelygus nuliui ir priklauso nuo priešingomis kryptimis orientuotų dipolių skaičiaus skirtumo.

Skirtingos medžiagos skirtingai elgiasi magnetiniame lauke. Jei medžiaga patalpinama į magnetinį lauką, kurio stipris yra H_0 , tai magnetinio lauko jėgos linijų tankis medžiagoje padidės (paramagnetikams) arba sumažės (diamagnetikams), lyginant su užduotu magnetiniu lauku (Pav. 2). Magnetinė indukcija B , t.y., pavyzdyje indukuotas magnetinis laukas, bus lygus užduoto lauko stiprumo H_0 ir pačios medžiagos indėlio (įmagnetinimo) sumai, pastarasis proporcingas atsiradusiam medžiagos magnetiniam momentui I :

$$\mathbf{B} = \mathbf{H}_0 + 4\pi\mathbf{I},$$

kur I yra medžiagos tūrio vieneto magnetinis momentas. Tiek B , tiek M priklauso nuo išorinio magnetinio lauko H_0 . Tad padalinę lygtį iš H_0 , gausime tik medžiagai būdingas charakteristikas:

$$\mathbf{B}/\mathbf{H}_0 = (\mathbf{H}_0 + 4\pi\mathbf{I})/\mathbf{H}_0 = \mathbf{1} + 4\pi(\mathbf{I}/\mathbf{H}_0) = \mathbf{1} + 4\pi\chi_v.$$

Santykis B/H_0 vadinamas medžiagos magnetine skvarba (žymėsime P). Ji atitinka lauko magnetinių jėgos linijų tankio santykiui, esant ir nesant medžiagai lauke. Santykis I/H_0 žymimas χ_v ir vadinamas medžiagos tūriniu (tūrio vieneto) magnetiniu jautriu, kuris išreiškia medžiagos sugebėjimą įsimagnetinti. Medžiagos magnetinis jautris gali būti išreiškiamas ne tik tūriniu, bet ir savituoju (masės) magnetiniu jautriu χ_g bei moliniu magnetiniu jautriu χ_m :

$$\chi_g = \chi_v/d \quad \text{ir} \quad \chi_m = \chi_g \cdot m,$$

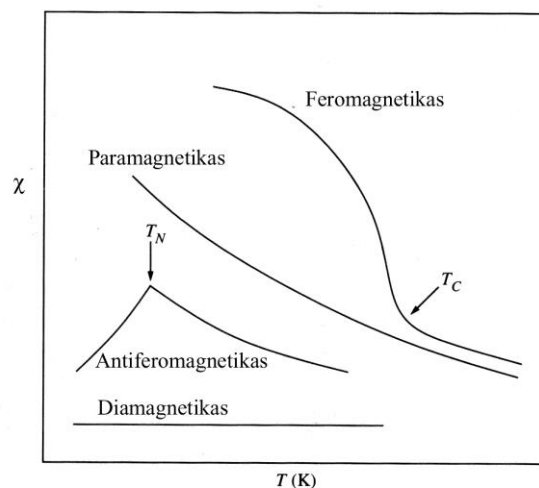
kur d yra medžiagos tankis, o m - medžiagos molinė masė. Dimensijos yra χ_v (bedimensinis dydis), χ_g (cm^3g^{-1} arba m^3kg^{-1}), χ_m ($\text{cm}^3\text{mol}^{-1}$ arba $\text{m}^3\text{mol}^{-1}$).

Skirtingos medžiagos turi skirtingas magnetinės skvarbos P ir magnetinio jautrio χ reikšmes, taip pat skirtingas jų priklausomybes nuo temperatūros ir užduoto magnetinio lauko stiprio H_0 . (Lent. 1). Diamagnetinės medžiagos pasižymi nedidelėmis neigiamomis

1 lentelė. Medžiagų magnetinių savybių palyginimas

Medžiagos tipas	Išorinio lauko efektas	Specifinis magnetinis jautris χ_g (20 °C), g^{-1}	χ priklausomybė nuo temperatūros	χ priklausomybė nuo išorinio magn. lauko stiprio
Diamagnetikas	Silpnai atstumia	$-1 \cdot 10^{-6}$	Nepriklauso	Nepriklauso
Paramagnetikas	Vidutiniškai traukia	$100 \cdot 10^{-6}$	$1/T$	Nepriklauso
Feromagnetikas	Labai stipriai traukia	$1 \cdot 10^{-2}$	Kompleksinė	Priklauso
Antiferomagnetikas	Silpnai traukia	$(0.1-10) \cdot 10^{-6}$	Kompleksinė	Priklauso

magnetinio jautrio reikšmėmis ir $P < 1$. Paramagnetikams $P > 1$, o magnetinio jautrio reikšmės teigiamos. Jau minėjome, kad kai medžiagą patalpiname magnetiniame lauke, magnetinio lauko linijų skaičius paramagnetike yra didesnis, o diamagnetike – mažesnis, negu linijų skaičius vakuume. Taigi, paramagnetinės medžiagos yra magneto traukiamos, o diamagnetinės – silpnai atstumiamos. Feromagnetinėms medžiagoms būdingos didelės magnetinės skvarbos P ir magnetinio jautrio χ reikšmės, todėl jos labai stipriai traukiamos magnetinio lauko.



3 pav. Diamagnetikų, paramagnetikų, feromagnetikų ir antiferomagnetikų magnetinio jautrio kitimas keliant temperatūrą.

Skirtingo tipo magnetinių medžiagų magnetinis jautris skirtingai priklauso nuo temperatūros (Pav. 3). Daugumai paramagnetinių medžiagų galioja Kiuri (Curie) dėsnis, pagal kurį χ yra atvirkščiai proporcingas temperatūrai:

$$\chi = C/T,$$

kur C yra Kiuri konstanta, o T – temperatūra (K). Tačiau dažnai geresnis sutapimas su eksperimentiniais duomenimis gaunamas pagal Kiuri-Weiso (Curie-Weiss) dėsnį:

$$\chi = C/(T+\theta),$$

kur θ yra Weiso konstanta. Fero- ir antiferomagnetikams negalioja šie dėsniai. Feromagnetikas, kaip jau minėta, pasižymi labai didele magnetinio jautrio reikšme esant žemai temperatūrai, kuri keliant temperatūrą vis greičiau mažėja. Pasiėkus Kiuri temperatūrą T_C , feromagnetikas virsta paramagnetiku. Antiferomagnetiko χ reikšmė pradžioje didėja, keliant T , o pasiekus Nejelio (Neel) temperatūrą T_N , jis virsta paramagnetiku (Pav. 3).

Magnetines medžiagų savybes patogų nagrinėti per atomo ar jono magnetinį momentą μ , nes jis surištas su nesuporuotų elektronų skaičiumi ir su medžiagos moliniu magnetiniu jautriu. Magnetinis momentas leidžia įvertinti, kiek magnetinis yra atomas (jonas). Didesnis jono magnetinis momentas atitinka didesniam medžiagos magnetiniam jautriui. Šis sąryšis gali būti išreikštas taip:

$$\chi_M = N^2 \mu^2 / 3RT,$$

čia N – Avogadro sk., R – idealių dujų konstanta, T – absoliuti temperatūra.

Įstačius reikšmes (χ_M , $\text{cm}^3 \text{mol}^{-1}$, o T , K) gauname: $\mu = 2.83 (\chi_M T)^{1/2}$.

Čia magnetinis momentas išreikštas Boro magnetonais μ_B ($\mu_B = eh/4\pi m_e c = 9.974 \cdot 10^{-24}$ J/K, čia e – elektrono krūvis, h – Planko konstanta, m_e – elektrono masė, c – šviesos greitis).

Medžiagų magnetinį jautrį ir, tuo pačiu, magnetinį momentą galima nustatyti eksperimentiškai su magnetinėmis Guji svarstyklėmis (ar kitais būdais). Pavyzdį patalpina į nehomogenišką magnetinį lauką su tam tikru gradientu ir išmatuoja pavyzdžio svorio pakitimą, kuris proporcingas jėgai, kuria magnetinis laukas veikia pavyzdį. Po to, įvedus korekcijas pagal įvairius faktorius bei įskaičius pavyzdžio bei jo laikiklio diamagnetizmą, galima apskaičiuoti medžiagos magnetinį jautrį ir katijono magnetinį momentą μ . Taip nustatčius μ , galima paskaičiuoti nesuporuotų elektronų skaičių katijone.

Jono magnetinį momentą didžiają dalimi nulemia nesuporuotų elektronų sukinių ir elektronų orbitalinis judėjimas. Didžiausią ir dažniausiai lemiamą indėlį vis dėlto duoda elektronų sukiniai, todėl dažnai galima apsiriboti tik elektronų sukinių indėliu į jono magnetinį momentą. Tai geriausiai tinka pirmos eilės pereinamųjų d-elementų jonams. Jei turime vieną nesuporuotą elektroną jone, tai jo magnetinį momentą μ (išreikštą Boro magnetonais) nulems vieno elektrono sukiny $s=1/2$:

$$\mu_s = 2 (s(s+1))^{1/2} = 2 (1/2(1/2+1))^{1/2} = 2 (3/4)^{1/2} = (3)^{1/2}$$

$$\mu_s = 1.73$$

Jei atome ar jone yra daugiau už 1 elektronų, tada suminis magnetinis momentas bus:

$$\mu = 2 (S(S+1))^{1/2},$$

čia S – visų nesuporuotų elektronų sukinių kvantinių skaičių suma. Pvz. aukštaspinio Fe^{3+} jono su 5 nesuporuotais elektronais $S = 5 \times (1/2) = 5/2$, o $\mu = 5.92 \mu_B$.

Kadangi S tiesiogiai surištas su nesuporuotų elektronų skaičiumi n, pastarąją formulę galima pertvarkyti į

$$\mu = [n(n+2)]^{1/2}$$

Kartais medžiagai pagal šias formules paskaičiuotas atomo ar jono magnetinis momentas labai skiriasi nuo eksperimentiškai nustatyto. Tokiu atveju, geresnis sutapimas gaunamas, kai įskaičiuojamas ir elektronų orbitalinio momento indėlis į suminį atomo ar jono magnetinį momentą:

$$\mu = [4S(S+1) + L(L+1)]^{1/2},$$

kur L yra suminis nesuporuotų elektronų orbitalinis kvantinis skaičius.

Kartais papildomai tenka įskaičiuoti ir galimą elektronų sukinių bei orbitalinio momento tarpusavio sąveiką, dažniausiai lantanoidų junginiams.

Lent. 2 pateiktos eksperimentinės ir teoriškai paskaičiuotos magnetinių momentų reikšmės pirmos eilės pereinamųjų d-metalų kompleksams. Matome kad daugeliu atveju geras sutapimas gaunamas, įskaičiuojant tik elektronų sukinių indėlių.

2 lentelė. Pirmos eilės pereinamųjų d-metalų oktaedrinių kompleksų magnetinės savybės (teorinės μ reikšmės gautos, imant tik elektronų sukinių indėlių)

Centr. jonas	d elektronų skaičius	Aukšto sukinio kompleksai			Žemo sukinio kompleksai		
		Nesupor. elektronų skaičius	μ (eksp.), Boro magneton.	μ (teor.), Boro magneton.	Nesupor. elektronų skaičius	μ (eksp.), Boro magneton.	μ (teor.), Boro magnet.
Ti ³⁺	1	1	1.73	1.73	-		
V ⁴⁺	1	1	1.68-1.78	1.73	-		
V ³⁺	2	2	2.75-2.85	2.83	-		
V ²⁺	3	3	3.80-3.90	3.88	-		
Cr ³⁺	3	3	3.70-3.90	3.88	-		
Mn ⁴⁺	3	3	3.8-4.0	3.88	-		
Cr ²⁺	4	4	4.75-4.90	4.90	2	3.20-3.30	2.83
Mn ³⁺	4	4	4.90-5.00	4.90	2	3.18	2.83
Mn ²⁺	5	5	5.65-6.10	5.92	1	1.80-2.10	1.73
Fe ³⁺	5	5	5.70-6.0	5.92	1	2.0-2.5	1.73
Fe ²⁺	6	4	5.10-5.70	4.90	0	-	
Co ³⁺	6	4	-	4.90	0	-	
Co ²⁺	7	3	4.30-5.20	3.88	1	1.8	1.73
Ni ³⁺	7	3	-	3.88	1	1.8-2.0	1.73
Ni ²⁺	8	2	2.80-3.50	2.83	-	-	
Cu ²⁺	9	1	1.70-2.20	1.73	-	-	

Darbo aprašymas

1. Matavimo principai ir įranga

Šiame darbe įvairių medžiagų magnetinis jautris įvertinamas, panaudojant paprastas elektronines svarstyklas ir neodimio magnetus. Įrangos schema ir bendras vaizdas duoti Pav. 4. Ant elektroninių svarstyklių (svėrimo tikslumas 1 mg) yra padėtas plastikinis cilindras su dangčiu, ant kurio padėti šonais suglausti du neodimio magnetai (2,5 x 5.0 x 0.6 cm). Stipriausias nehomogeniškas magnetinis laukas gaunamas ties jų suglaudimo linija. Lauko ekranavimui nuo svarstyklių po magnetu yra pakištos dvi minkštos geležies plokštės.

Svarstyklės uždengtos plastikiniu gaubtu su skylė viršuje, į kurią įstatomas apvalus laikiklis su plokščiadugniu stikliniu mėgintuvėliu tiriamai medžiagai. Laikiklis tiksliai įeina į gaubto skylę ir orientuoja mėgintuvėlį taip, kad jo centras būtų tiksliai ties magnetų suglaudimo linija, apie 1 mm atstumu nuo magnetų.

Magnetinė jėga, kuria magnetas veikia medžiagą yra tiesiog proporcinga medžiagos magnetiniam jautriui ir gali būti įvertinta, elektroninėmis svarstyklėmis matuojant medžiagos svorio pokytį. Paramagnetinė medžiaga traukiama magneto, tad jos svoris sumažės proporcingai jos magnetiniam jautriui, diamagnetinių medžiagų atveju (magnetas atstumia) svoris nežymiai padidės.

Mūsų atveju svarstyklės matuoja ne medžiagos svorio pokytį, bet magnetų, kurie padėti (per tarpinį cilindą) ant svarstyklių lėkštelės. Tai tas pats, nes jėga, kuria magnetai veikia medžiagą, yra lygi jėgai, kuria medžiaga veikia magnetus, tik priešingos krypties. Iš medžiagos svorio pokyčio, išmatuoto su šia įranga, negalime tiesiogiai apskaičiuoti medžiagos magnetinį jautrį, tačiau tai įmanoma lyginant su svorio pokyčiu standartinei medžiagai, kurios magnetinis jautris yra žinomas.

Abiejų medžiagų (standartinės ir tiriamos) svorio pokyčiai magnetiniame lauke turi būti išmatuoti vienodomis sąlygomis, imant panašius medžiagų kiekius ir tuos pačius geometrinius matavimo parametrus. Be to, turi būti atmetas svorio pokytis dėl matavimo indo diamagnetizmo. Šiame darbe standartine (st) medžiaga naudojama Moro druska $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, kurios savitasis magnetinis jautris yra $\chi_g^{\text{st}} = 31.6 \cdot 10^{-6} \text{cm}^3 \text{g}^{-1}$. Tiriamos medžiagos specifinis magnetinis jautris χ_g apskaičiuojamas pagal formulę:

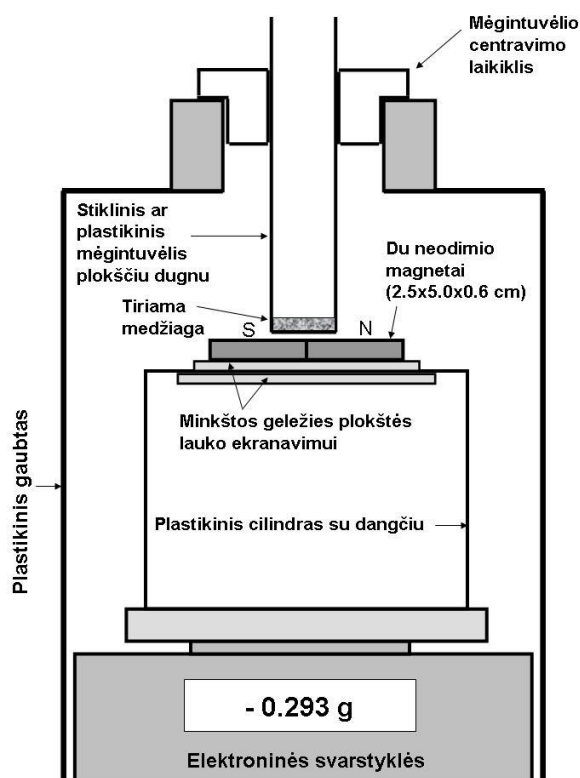
$$\chi_g = \chi_g^{\text{st}} (\text{W}^{\text{st}}/\text{W}) (\Delta\text{W}/\Delta\text{W}^{\text{st}}),$$

kur W^{st} ir $\Delta\text{W}^{\text{st}}$ yra atitinkamai matavimams paimtos standartinės medžiagos svoris ir jo pokytis magnetiniame lauke, o W ir ΔW – tas pats tiriamai medžiagai. Nustatyta tiriamos medžiagos savitojo magnetinio jautrio χ_g reikšmė perskaičiuojama į molinį magnetinį jautrį χ_M ($\text{cm}^3 \text{mol}^{-1}$), padauginus χ_g iš medžiagos molinės masės. Metalų jono magnetinį momentą μ (išreikštą Boro magnetonais) apskaičiuoja pagal minėtą formulę:

$$\mu = 2.83 (\chi_M T)^{1/2},$$

kur T yra temperatūra (K). Palyginus gautą magnetinio momento reikšmę su teorinėmis (pask.) reikšmėmis, duotomis Lent. 2, galima spręsti apie nesuporuotų elektronų skaičių metalo jone. Nesuporuotų elektronų skaičių galima apskaičiuoti ir pagal formulę:

$$\mu = [n(n+2)]^{1/2}$$



4 pav. Medžiagų magnetinių savybių tyrimo įrangos schema ir bendras vaizdas.

Šiame darbe turi būti atlikti trys eksperimentai:

- 1) Nustatomi dviejų neorganinių medžiagų (pereinamųjų d-metalų junginių) magnetiniai jautriai, paskaičiuojamas katijonui tenkantis nesuporuotų elektronų skaičius, palyginama su teoriniais duomenimis.
- 2) Tiriamas aukštatemperatūrio superlaidininko $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ magnetinio jautrio kitimas superlaidaus virsmo metu, įvertinamas jo diamagnetizmas superlaidžiam būvyje.
- 3) Tiriamas d-metalų jonų magnetinių savybių kitimas tirpale kompleksų susidarymo metu.

2. Pereinamųjų metalų junginių magnetinio jautrio matavimas.

Iš laboranto gaunamos dvi neorganinės medžiagos. Išmatuojami standartinės (Moro druskos) ir abiejų tiriamų medžiagų svorių pokyčiai magnetiniame lauke. Šiems tyrimams naudojamas didesnio diametro mėgintuvėlis. Eksperimentas atliekamas taip.

a) Įjungiamos svarstyklės. Įjungimo metu visas svoris, uždėtas ant svarstyklių lėkštelės (cilindras+geležies plokštelės+magnetas), automatiškai prilyginamas nuliui ir svarstyklės rodo svorį 0.000 g.

b) Mėgintuvėlis su centravimo laikikliu įstatomas į matavimo įrangą taip, kaip parodyta paveiksle 4. Patikrinama, kad mėgintuvėlio dugno centras būtų tiksliai virš magnetų suglaudimo linijos. Dėl mėgintuvėlio (stiklo) diamagnetizmo, svarstyklės parodo kažkokį nedidelį svorį. Nuspaudžiamas svarstyklių mygtuką “Tare”, svarstyklės vėl parodo svorį 0.000 g. Taip eliminuojamas svorio pokytis dėl mėgintuvėlio diamagnetizmo.

c) Mėgintuvėlis su laikikliu išimamas iš matavimo įrangos ir tuščias pasveriamas ant kitų svarstyklių (1 mg tikslumu). Tada atsargiai į jį įpilama apie 0.5-1 g Moro druskos ir medžiaga suspaudžiama mėgintuvėlio dugne į plokščią sluoksnį, panaudojant specialų plastikinį strypą plokščiu galu. Ištraukus strypą, vidinės mėgintuvėlio sienelės apvalomos, jei reikia, nuo likusių medžiagos dalelių. Tada vėl pasveriamas.

d) Įstatome mėgintuvėlį į matavimo įrangą ir užrašome svarstyklių parodymą. Dėl medžiagos paramagnetizmo, svarstyklės rodys neigiamą svorio reikšmę. Ištraukiant ir vėl įstatant mėgintuvėlį svėrimas pakartojamas tris kartus ir išvedamas svorio vidurkis. Moro druska išpilama iš mėgintuvėlio, jis gerai išplaunamas distiliuotu vandeniu ir gerai išsausinamas filtro popieriumi.

e) Išmatuojami tiriamų medžiagų svorių pokyčiai, pakartojant procedūros punktus b-d su kiekviena tiriama medžiaga. Pabaigoje mėgintuvėlis išplaunamas ir išsausinamas.

Pagal aukščiau nurodytą formulę apskaičiuojami medžiagų savitieji magnetiniai jautriai, o juos padauginus iš molinių masių, gaunami moliniai magnetiniai jautriai. Tada apskaičiuojami katijonų magnetiniai momentai ir nesuporuotų elektronų skaičius. Darbo aprašyme turi būti nurodyti visų svėrimų rezultatai.

3. Aukštatemperatūrio superlaidininko magnetinių savybių tyrimas

$YBa_2Cu_3O_{7-x}$ pereina į superlaidų būvį, atšaldžius jį iki skysto azoto virimo temperatūros (77.3 K). Jei superlaidininko kokybė gera, jo superlaidus virsmas vyksta apie 90-92 K. Normaliame būvyje jis yra šiek tiek paramagnetinis, o superlaidžiam būvyje jis tampa labai stipriu diamagnetiku, visiškai išstumiančiu magnetinio lauko linijas (tuo pagrįstas superlaidininko levitacijos virš magneto reiškinys). Tyrimams naudojama $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ tabletė, gauta darbe “Aukštatemperatūrio superlaidininko sintezė ir tyrimas“. Naudojamas mažesnio diametro mėgintuvėlis. Elektroninės svarstyklės yra prijungtos prie kompiuterio, tad šio tyrimo duomenys gali būti registruojami, panaudojant LabView programą, kuri, tuo pačiu metu, monitoriuje duoda ir grafinį vaizdą koordinatėse svoris (y-ašis) – laikas (x-ašis). Tyrimas atliekamas taip.

a) Daroma taip pat, kaip nurodyta skyrelio 2 a) punkte. Atidaroma ir paleidžiama veikti duomenų surinkimo programa kompiuteryje, tada joje paleidžiamas brėžti grafikas (laikas/svoris).

b) Daroma taip pat, kaip nurodyta skyrelio 2 b) punkte.

c) Mėgintuvėlis išimamas iš matavimo įrangos ir į jį atsargiai nuleidžiama iki dugno superlaidininko tabletė, *prieš tai pasverta ant kitų svarstyklių (1 mg tikslumu)*. Mėgintuvėlis su tablete vėl įstatomas į matavimo įrangą. Dėl superlaidininko silpno paramagnetizmo normaliam būvyje svarstyklės parodys kažkokią nedidelę neigiamą svorio reikšmę. Užrašome tabletės svorį.

d) Neišimant mėgintuvėlio iš matavimo įrangos, tabletė prispaudžiama stikline lazdele ir, šalia įstačius nedidelį piltuvėlį, per jį įpilama nedaug skysto azoto (apie 1.5-2 cm aukščio nuo dugno). Ataušus tabletei žemiau superlaidaus virsmo temperatūros, dėl atsiradusio superlaidininko diamagnetizmo svarstyklių matuojamas svoris pradeda greitai didėti ir stabilizuojasi ties kažkuria reikšme. Išgaravus iš mėgintuvėlio visam skystam azotui, tabletė pradeda atšilti ir kažkuriuo momentu prasideda virsmas iš superlaidaus į normalų būvį. Prieš pat šį virsmą, svoris dar kažkiek padidėja, o prasidėjus virsmui, svoris greitai krenta apytikriai iki pradinės reikšmės, išmatuotos punkte c). Kuo geresnė superlaidininko kokybė, tuo didesni svorio pokyčiai ir tuo greičiau jie vyksta. Kompiuteryje sustabdomas grafiko brėžimas ir surinkti duomenys užregistruojami Excel failo formoje. Po to failas atidaromas su Excel programa, padaromas grafikas, atspausdinamas ir duodamas pasirašyti dėstytojui ar laborantui. Tai bus "originalus" grafikas, reikalingas darbo gynimui. Grafike pažymimi ir paaiskinami visi svorio pokyčiai.

Darbo aprašyme turi būti padaryta išvada apie superlaidininko kokybę, kuri palyginama su krizinės virsmo temperatūros (T_c) matavimo rezultatais, gautais darbe "Aukštatemperatūrio superlaidininko sintezė ir tyrimas".

4. Medžiagų magnetinių savybių tyrimas tirpaluose

Darbe aprašyta įranga gali būti panaudota jonų magnetinių savybių tyrimui tirpaluose, taip pat magnetinių savybių pokyčiams tirti, vykstant kompleksų susidarymo reakcijoms tirpale. Šiame eksperimente reikia ištirti Fe^{2+} jonų magnetinių savybių pokyčius, kompleksuojant juos su 1,10-fenantrolinu. Darbui naudojamas didesnio diametro mėgintuvėlis. Darbas atliekamas taip.

a) Daroma taip pat, kaip nurodyta skyrelio 2 a) punkte.

b) Daroma taip pat, kaip nurodyta skyrelio 2 b) punkte.

c) Neišimant mėgintuvėlio iš matavimo įrangos, į jį su pipete įpilama 1 ml 1M geležies (II) druskos vandeninio tirpalo. Užsirašoma dėl Fe^{2+} jonų (tiksliau akva kompleksu) paramagnetizmo sumažėjusio svorio reikšmė. Į tą patį tirpalą su pipete įpilama 2 ml 1.5 M 1,10-fenantrolino alkoholinio tirpalo ir stebimas svorio pokytis, užsirašomas naujas svoris. Tirpalas indelyje atsargiai pamaišomas su stikline lazdele ir vėl užrašomas svoris.

d) Atliekamas kontrolinis bandymas, kuriuo įvertiname tirpiklių (vandens ir alkoholio) diamagnetizmą. Mėgintuvėlis išplaunamas ir išsausinamas, įstatomas į matavimo įrangą, jei reikia, nuspaudžiame mygtuką "Tare" ir pakartojamas c) punktas, bet imant ne medžiagų tirpalus, o tokius pat kiekius tirpiklių, užsirašomi svorių pokyčiai.

Paaiškinami visi svorių pokyčiai.

5. Klausimų temos darbo gynimui

- 1) Magnetinės medžiagų savybės, jų sąryšis su elektronine sandara.
- 2) Magnetinių savybių tyrimo metodai.
- 3) Pereinamųjų d-metalų kompleksų magnetinės savybės, aukšto ir žemo sukinio kompleksai

6. Literatūra

- 1) J.E. Huheey, E.A. Keiter, R.L. Keiter "Inorganic chemistry, Principles of structure and reactivity", HarperCollins College Publishers, 1993, p. 459-468.
- 2) Catherine E. Housecroft, Alan G. Sharpe Inorganic Chemistry, Pearson Education Limited, 2001, p. 474-481.
- 3) Shriver D.F., Atkins P.W. Inorganic Chemistry, third edition, Oxford University press, 1999 ir vėlesni, p. 231-233.
- 4) Y. Itami, K. Sone. Journal of Chemical Education, 79/8, 2002, p. 1002-1004.
- 5) A. Cortel. Journal of Chemical Education, 75/1, 1998, p. 61-63.
- 6) K.C. Berg, K.J. Chapman. Journal of Chemical Education, 78/5, 2001, p. 670-673.
- 7) Ch. Malerich, P.K. Ruff, A. Bird. Journal of Chemical Education, 81/8, 2004, p. 1155-1160.