

Auhinnatõõ

*Handwritten signature*

Kaur, Poul

366 471

Käsoker töö on 1. detõ 1931a.  
tunnustatud kolmanda astme  
väärtuseks tunnustatud.  
Autor: stud. math. Paul Kaur



*Aluäärbergh*  
Tartu ülikooli Sekretär

2 11.31



0251882

Sulafis.

*Faint, illegible handwriting in red ink at the top of the page.*

*Faint, illegible handwriting in blue ink, possibly a signature or name.*



18.11.5



D321895

*Faint, illegible handwriting in blue ink at the bottom left.*

Kas metallilistes sulatistes ühe  
aatori peale langevad ruumalad on sulatiste  
krostiste piderad funktsioonid?

Oma töö puhul tänan entti hr. Perlitz'it ja hr.  
Kirkson'i, kes sulle larrismineva kirjanduse hanki-  
misel olid igapidi vastutulelikud ning ühtlasi võimal-  
dasid soodsaid töötamise tingimusi füüsika instituudis.

# Kava:

1. Sissejuhatusesks .....	lkt. 1.
2. Aatomite kuju ja suurus kristallvõre	- 2.
3. Vegard'i additiivset lause .....	- 3.
4. Homogeensete ja heterogeensete faaside vaheldumine .....	- 4.
5. Aatomite paigutus metalliliste sulatiste ruumigruppides .....	- 7.
6. Ühe aatomi pääle langeva ruumala homogeense ja heterogeense kahefaasi piirkonnas .....	- 8.
7. Ühe aatomi pääle langeva ruumala arvutamine homogeenses ja heterogeenses piirkonnas .....	- 10.
8. Käsitusele tulevad metallilised sulatised ja nende rühmitamine .....	- 12.
9. Sulatised .....	16.
I. Cu-Hg; Cu-Au; Cu-Co; Cu-Pd } Cu-Al; Ag-Al; Ni-Al; Fe-Ni; Fe-W }	16-29.
II. Cu-Be; Cu-Mg; Cu-Zn; Ag-Zn; Ag-Cd } Au-Zn; Fe-Pb; Ni-Co; Fe-Co, Fe-Zn }	31-43.
III. Cu-Mn; Fe-Mn; Cu-Sn .....	45-50.
IV. Au-Hg; Cu-Sb; Ag-Sb; Fe-Sb .....	53-56.
V. Mg-Cd .....	58.
VI. Cd-Hg; Fe-Sb .....	62-63.
VII. Sn-Sb .....	64.
10. Lõppkokkuvõte .....	65.

## 1. Sissejuhatuses.

Kui W. Röntgen aastal 1895. avastas erilised salapärased mitterähtavad kiired, mille lainepikkus ligikaudu kõigub  $150 \text{ \AA}$  ja  $0,1 \text{ \AA}$  vahel, siis vististe ei tulnud veel kellelgi mõttesse, et neid kiiri võiks kuidagi ka kasutada kristallide struktuuri määramiseks. Alles 1912. aastal M. v. Laue võrdles kindlasti esimesena teadlikult röntgeni kiirte lainepikkusi ja aatomite omavahelisi kaugusi kristallrõredes. Seejuures tuli ta otsusele, et kui taotada küllalt lühikese lainepikkusega röntgeni kiiri, siis need kristallidest läbitungides peaks tekitama interferences maksimumid. Oma kaastöölajate W. Friedrich'i ja P. Knipping'iga õnnestus temal see katse suurepõneliselt. Nii oli edaspidi kristallide struktuuri määramiseks, röntgeni kiirte abil, tee lahti. Röntgeni kiirte abil sai nii siis võimalikuks määrata elementaarrakude dimensioonid. Samuti võimaldus sel teel leida aatomite arv ja asukohad kristallide elementaarrakudes.

## 2. Aatomite kupa ja suurus kristallvõredest.

Loomulik, et aatomite asukohtade kindlaksmääramisega kristallvõredest tekkis ühtlasi ka püroaxonaal küsimus aatomite kupa ja suuruste kohta. W. L. Bragg oletas, et aatomid on kerataolised. Kristallvõres asuvad nad nii, et puutuvad üksteisi, kusjuures aatomi suurus võib vaadelda ligikaudu konstantsena (Philos. Mag. (6) 40, 177. 1920). Eriti kaua ja vaevanikkalt töötas selle küsimuse kallal Goldschmidt (Skr. Norske Vid. Akad. Math. Naturw. kl. 1926, # 8. Z. physikal. chem. 133, 397. 1928).

Tema arvamine igatahes ei olnud teataval viisil Bragg'i oletusest. Nimelt tuli Goldschmidt otsusele, et aatomi suurus konstantsena võib ainult esimeses ja õige halvasti lähenduses vaadelda. Esiteks muutub aatomi diameeter otsekoheselt, kui ta ivonoleksusse üle läheb. Peab alati kindlat vahet tegema ivon- ja aatomi diameetri vahel. Teiseks on aatomi diameeter olenev koordinatsiooniarvust. Langeb koordinatsiooniarv näiteks 12. päält  $8^{-6}$ , kuhu kahaneb seepärast aatomi diameeter 3% ümber. Ka kolmandat põhjust, mis veel aatomi diameetri päälle mõju võiks avaldada, tuleks nähtada. Siin tuleks arutusele küsimus, et kuidas mõjuvad aatomi diameetri päälle teised naaberaatomid, mis täiesti ehk osalt vaadeldavast aatomist keemiliselt erinevad.

$$d = p d_1 + (100 - p) d_2 \longrightarrow$$

Vegardi lause raxandamine annaks:

$$v \sim d^3$$

$$\therefore v \sim \{ p d_1 + (100 - p) d_2 \}^3 \longleftarrow$$

diametriite additiivsele asendamine  
 nummalade additiivusega  
 Kas "laiendatud" või algebrane? —

täiendus

### 3. Vegard'i additiivset lause.

Küsimusele, kuidas mõjuvad aatomi diameetri pääle naaberaatomid, mis keemiliselt osalt ehk täiesti erinevad vaadeldavast aatomist, katsus vastust anda H. Vegard (*Z. Physik* 5, 17. - 1921). Vegard uuris seda küsimust terve rea sulatiste juures. Neist sulatistest oli Cu-Ni metalliline. Seejuures tuli ta otsusele, et segukristalli aatomi diameetrit võime saada liitmise teel puhaste komponentide diameetrite osadest, kusjuures komponendi aatomprotsent segukristallis ja tema diameetriosa protsentides on võrdsed. See olekski Vegard'i additiivset lause sisu. Antud väite järel peaks segukristalli aatomi diameeter alati olema sulatise koostise lineaarne funktsioon.

Kui nüüd lähtuda seisukohast, mis käsitleb aatomeid kristallrõres, kui üksikuid puutuvaid keraskid, siis võib seda Vegard'i lauset veel laiendada aatomile langeva ruumala muutumise kohta sulatise kontsentratsiooni muutumisel. Saadud reegel oleks siis järgmine: Sulatistes ühe aatomi pääle langedad ruumalad on sulatiste koostise lineaarsed funktsioonid. Ka A. E. van Arkel leidis, et süsteemi Mo-W kohta, kus puhaste komponentide aatomite diameetrid üksikisest vähe erinevad, on Vegardi lause maksver (*Physica* 6, 64. 1926. *Z. Kristallogr.* 67, 235. 1928). Kuid ühe väljavõtte leidis siiski juba ka Vegard. Sulatises Au-Cu

"laiendatud" või algebrane?

$$d^5 = p d_1^5 + q d_2^5$$
$$\therefore v^{5/3} = p v_1^{5/3} + q v_2^{5/3} > p v_1 + q v_2$$

Kas  $d_2$   $v$  additiivne? Siis oleks Cu-Ni 2

Mo-W;

Kui  $d$  additiivne - siis oleks ainult Cu-Ni;

Kui  $v$  — " — — — — — Mo-W;

Kõiki juhusi on siis 2 või 1,

Cu-Ni

Mo-W

on ühe aatomi päale langer ruumala alati suurem Veg-  
lause abil määratatud väärtusest (Sk. Norske Vid. Akad. Math.  
 Naturv. Kl. 1927, Nr 14).

Sama tulemusele jõudsid hiljem ka A. E. van. Arkel ja  
 J. Basart (Z. Kristallogr. 68, 475. 1928). Nemad tulid arvamisele,  
 et süsteemis Au-Cu segukristalli aatomi diameetri vähe aste  
 on lineaarselt olenev sulatise koostisest. Kõigi nende esile  
 toodud juhuste kohta, mille puhul oli maxseer Vegardi lau-  
se võiks äelda järgmist: Metalliliste sulatiste Cu-Ni ja  
 Fe-W puhul on mõlemates metallpaardes komponendid  
 isekeskis keemiliselt ligidalt sugulased, seepärast ei ole  
 midagi imestada, et Vegardi lause neil puhtudel max-  
 seer on. Hoopis teine lugu tuleb aga ilmsiks, kui vaa-  
 delda sarnaseid metallpaare, kus komponendid keemili-  
 selt teineteisest kaugel seisavad. Sarnastel puhtudel ei ole  
 kõigepäält segukristall-rida nähtu (Lückenlos). Seega  
 esinevad homogeenised ja heterogeensed kahefaasi pürkon-  
 nad vaheldumisi. Siin tuleks aga enne selgitada mida  
 mõista homogeense faasi ja heterogeense kahefaasi vahel-  
 dumise all.

#### 4. Homogeensete ja heterogeensete faaside vaheldumine.

Valime alguses teatavad kindlad vsad lähtemetalli ja  
 sulatame neid vastavalt sobivate teise valitud metalli

Mõlemad kõnealused faasid sisaldavad üh  
esimest, ku teist komponenti, mtle-  
mad faasid on mõlemate kompen-  
tide faasid!

osadega kokku. Saadusena saame rea segu-  
 kristallid, kus teist liiki metalli on küllalt vähe, on  
 homogeenised ja samafaasi, kui lähtemetallgi. Teise kom-  
 ponendi kasvamisel jõuame viimaks küllastuse piirini.  
 Ületab aga teine komponent küllastuspiiri, siis moodustab  
 tema ülejäänik uue faasi esimese faasi kõrval. Seega oleme  
 jõudnud heterogeense kahefaasi piirkonda. Edaspidi teise  
 komponendi kasvamisel kasvab ka pundetunud faas,  
 kuna esimese komponendi faas hakkab kahane-  
 ma, kuni täielikult on teise komponendi poolt moodustatud faa-  
 sis lahunud. Oleme jõudnud sellega uue homogeenise faasi  
 piirini välja. Teise komponendi edaspidisel kasvamisel saab  
 uus homogeenne faas jälle viimaks küllastatud. Nii oleme  
 teise heterogeense kahefaasi piirini välja jõudnud. Edaspi-  
 dine käitumine on analoogne. Segures on meil tegu kahe  
 piiri-kontsentratsiooniga. Ühe piirikontsentratsiooni juures  
 algab heterogeenne kahefaasi piirkond, teise juures lõpeb  
 see. Mõlemal pool piirikontsentratsioonil asuvad homogeen-  
 sete faaside piirid, mis heterogeense kahefaasi süsteemi  
 juures ülemineku ehk ümberkoralduse piiridena esinevad.  
 Röntgenograafiliselt võib kindlaks määrata, kuidas  
 on segukristall-reas lugu ruumigruppide ja nende poolt  
 moodustatud võrede muutumisega.

Alghomogeenise faasi juures võib tähele panna järs-  
 mist asiolu, et pundetunud võõrad, teise komponendi

## isolu

aatomid lähtekomponendi ruumigruppi ei muuda, vaid on ainult tema poolt moodustatud võrega konstantne. Sarnane olukord kestab senikaua, kuni oleme jõudnud homogeense faasi küllastuspiirini. Pärilpool küllastuspiiri algab lähtekomponendi aatomite ümberpaigutus uueks ruumigrupiks. Seda on meil uues piirkonnas tegu kahe erineva ruumigrupiga; oleme jõudnud heterogeense kahefaasi piirkonda. Sarnane aatomite ümberpaigutus kestab teise komponendi kasvamisel senikaua, kuni kõik aatomid sulatise moodustavad ainult uue ruumigrupi. Lähteruumigrupi asemele on siin täiesti uus ruumigrupp tekkinud. Ülemminnes teisest küllastuspiirist jõuame nüü uue homogeense faasi piirkonda. Uue homogeense faasiga kordub jälle analoogne nähe. Lõpuks võiks siin öelda järgmist:

Homogeense faasi piirkonnas on meil alati tegu ainult ühe ruumigrupiga. Muutuda võib <sup>see</sup> ainult sulatise kontsentratsiooni muutumisel ruumigrupi poolt moodustatud võre. ~~Konstandid~~ Heterogeense kahefaasi piirkonnas on meil tegu kahe ruumigrupiga, kus puures nende mõlemate poolt moodustatud võrede konstandid võivad muutuvad olla, juhusel kui sulatise kontsentratsioon muutub, samuti võib ka üks ruumigrupp sulatise kontsentratsiooni muutumisel teises lahuda.

*Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header.*

*"Überstrukturlinien"*

*H.v. Lave andis / wörtgenografische tun-  
mens mitemate jühuste eralda-  
motes.*

*Large handwritten text block at the bottom of the page, possibly a detailed note or signature.*

## 5. Aatomite paigutus metalliliste sulatiste ruumigruppides.

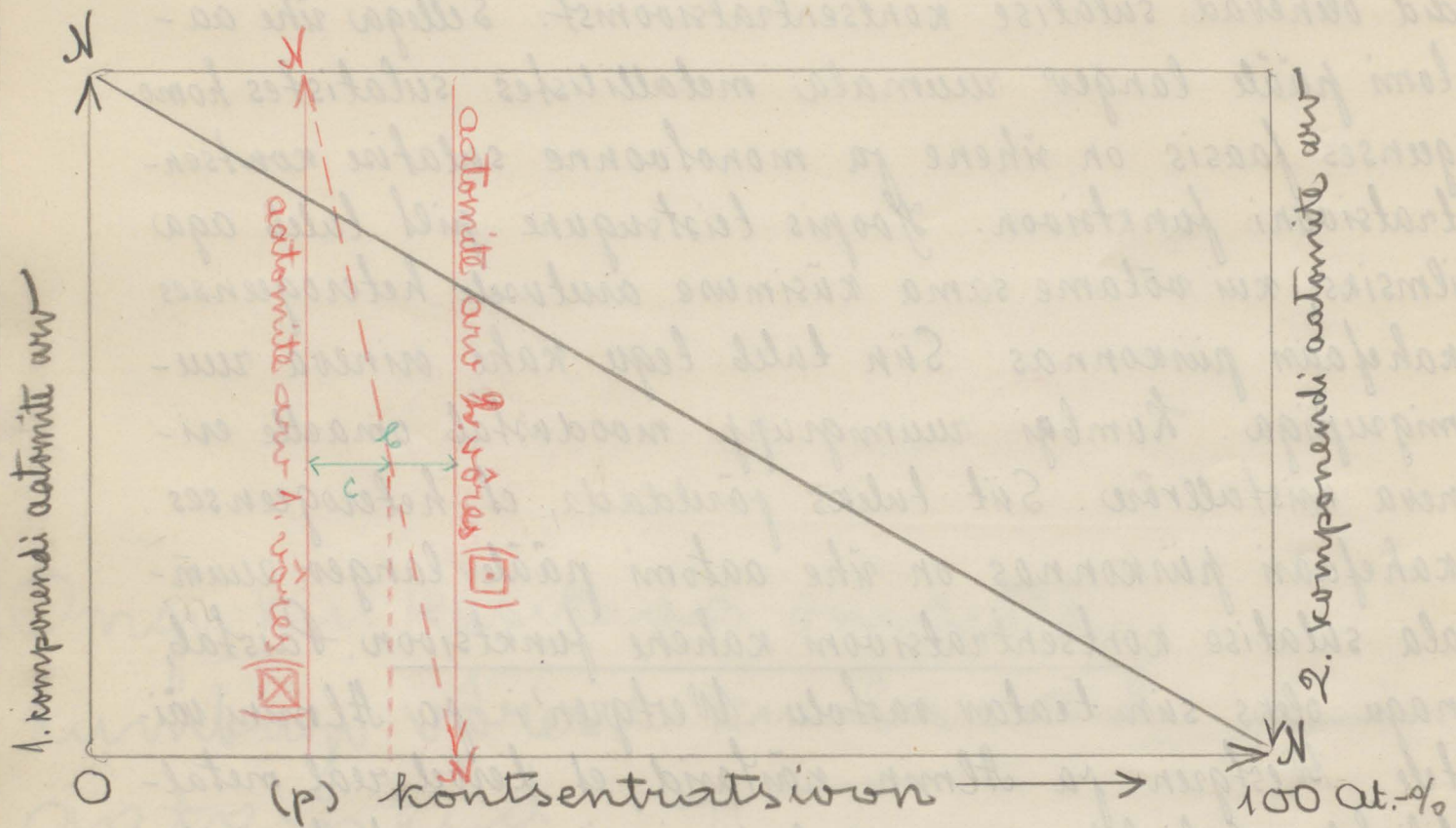
L. Vegard'i ja J. Schelderup'i avamine on, et metallilistes sulatistes ühe komponendi ruumigruppis olevate aatomite asemel saavad sulatise koostise muutumisel asetatud reeglipärastelt teise komponendi aatomid.

J. Pammannaga väidab, et kui metallilist sulatist sulamistemperatuuri juurest õige pikkamisi jahutada, siis on aatomitel aega küllaldaselt diffundeerimiseks, mille tagajärjeks peaks ruumigruppis reeglipärane aatomi paigutus olema. Röntgenograafilisel uuris seda asiolu J. v. Laue. Tema leidis, et juhusel, kui segukristalli aatomid on ruumigruppis korrapäraselt paigutatud, avastuvad röntgenogrammis erilised jooned, mida ta ülistruktuurjoonteks (Überstrukturlinien) nimetas. Neid segukristalle aga, mille juhul tulid ilmsiks ülistruktuurjooned, käsitlevad J. v. Laue, C. H. Johanson ja L. O. Linde kui kumilisi ühendeid. Nad üldavad, et korrapärane asetuse ruumigruppides ei ole sugugi metalliliste segukristallide üldine omadus (Neuburger, Röntgenographie Metalle 1-9, 1929.). Pöena tuleb igatahes sünn võtta sarnaseid juhtumeid, kus meie suudame röntgenograafilisel kindlaks määrata aatomite korrapärase asetuse segukristallide ruumigruppides.



6. Ühe aatomi pääle langev ruumala homogeenne faasi ja heterogeense kahefaani piirkonnas.

Eelpool nägime, et homogeenne faasis on vöre konstandid olenevad sulatise kontsentratsioonist. Sellega ühe aatomi pääle langev ruumala metallistes sulatistes homogeenne faasis on ühene ja monotoonne sulatise kontsentratsiooni funktsioon. Hoopis teistsugune pild tuleb aga ilmsiks, kui võtame sama küsimuse arutusele heterogeenses kahefaani piirkonnas. Siin tuleb tegele kahe erineva ruumigrupiga. Kumbgi ruumigrupp moodustab omaette erineva kristallvöre. Siit tuleks järeldada, et heterogeenses kahefaani piirkonnas on ühe aatomi pääle langev ruumala sulatise kontsentratsiooni kahe funktsioon. Paistab, nagu oleks siin teatar vastolu Westgren'i ja Almini väidetele. Westgren ja Almin näitavad, et tervel real metallistel sulatistel, kus mõnel isegi viis erinevat faasi ilmsiks tulid, on ühe aatomi pääle langevad ruumalad sulatise pidevad funktsioonid (Z. physikal. Ch. B. 5. 1929. 19-25). Vastolu, mis näib siin ilmsiks tulevat heterogeenses kahefaani piirkonnades, pole tegelikult riski olemas. Selleks, et nüüd üle saada heterogeenses kahefaani piirkonnas ühe aatomi pääle langeva ruumala ja sulatise koostise vahel valitseva funktsionaalse seose kahest, tuleb tarritusele võtta uus mõiste, millest keskmiselt



$\square \rightarrow \square$   
 $dN \sim dp$   
 $dN = k dp$   
 $k = \frac{dN}{dp} = \text{ülemineku kiir}$   
 $N = k(p_2 - p_1)$

Kahte erinevasse ruumigruppidesse kuuluvad  
 ühe aatomi pääle langeva ruumala. Kui niid kujutada  
 aatomi pääle langeva ruumala muutumist sulatise kont-  
 sentsratsiooni muutumisel graafiliselt pideva kõverana,  
 siis homogeenses pürkonnas kõver kujutab sääl esineva  
 ruumigrupi aatomi pääle langeva ruumala muutumist  
 sulatise kontsentsratsiooni muutumisel. Heterogeenses kahe-  
 faasi pürkonnas kujutab kahe erineva ruumigrupi aato-  
 mite pääle langevate ruumalade keskmise väärtuse muutu-  
 mist, sulatise koostise muutumisel. Seepuures tuleks ole-  
 tada, et heterogeenses kahefaasi pürkonnas sulatise koostise  
 pideral muutumisel, algruumigrupp muutub aatom-  
 aatomi pääle vähehaaval uueks ruumigrupiks. Olstarbe-  
kohane, nagu pärast näeme, on veel eeldada, et see muu-  
tumine on lineaarne sulatise kontsentsratsiooni funktsioon.

Kõiki neid ülpoolmainitud tarvilikke asivolusid arvesse võt-  
 tes võiks kokkuvõttes öelda, et metallilistes sulatistes ühe aato-  
 mi pääle langevad ruumalad on sulatiste koostiste piderad  
 funktsioonid. Kuudas see asi tegelikult metalliliste sulatiste  
 puures on, selle üle katsume siis selgusele jõuda, kui oleme  
 seda küsimust terve rea edaspidi esile tuudud lineaarsete  
 metalliliste sulatiste puures uurinud.

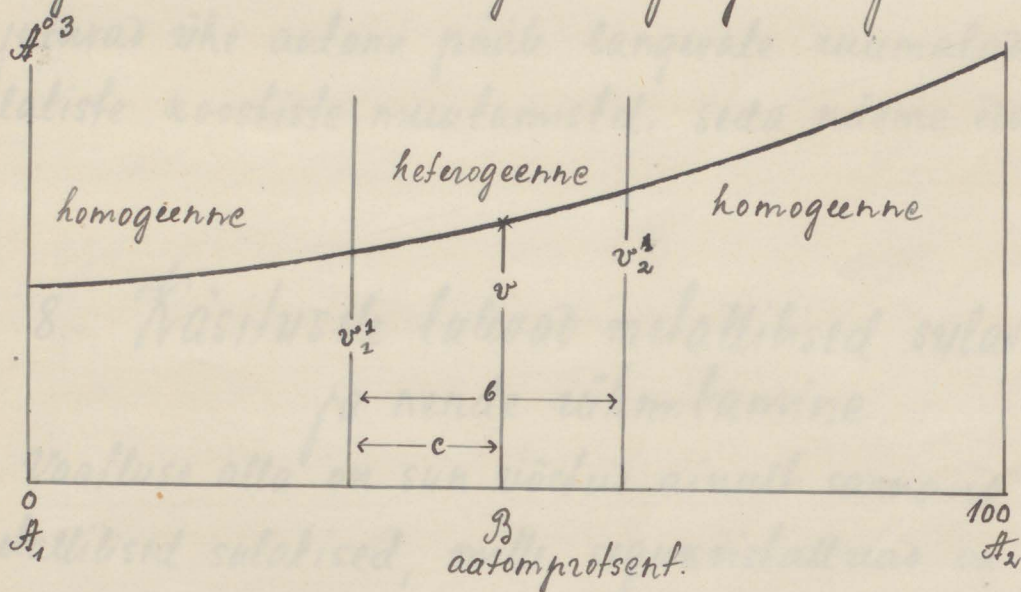
## 7. Ühe aatomi pääle langeva ruumala arvtamine homogeenses ja heterogeenses faasis.

Selleks, et leida homogeenses faasis mingi sulatise ühe aatomi pääle langevat ruumala, tuleb leida esimeses elementaar-raku ruumala ja see jagada aatomite arvule, mis elementaar-rakus peituvad. Elementaar-raku ruumala on alati siis võimalik leida, kui teame võre konstandid. Anname alljärgnevas tabelis need valemid, mis edaspidi tarris tulevad elementaar-rakkude ruumala määramiseks:

Kristallsüsteemid.	Elementaar-rakkude ruumalad.
Kuubiline .....	$V = a^3$
Tetragonaalne .....	$V = a^2 c$
Rombiline .....	$V = abc$
Romboediline .....	$V = a^3 \sqrt{1 + 2 \cos^2 \alpha - 3 \cos^2 \alpha}$
Heksagonaalne .....	$V = 0,5 \cdot \sqrt{3} \cdot a^2 c$

Sinpuures  $a$ ,  $b$ ,  $c$  ja  $\alpha$  on loomulikult võre konstandid. Hoopis keerulisem on heterogeenses kahefaasi piirkonnas leida keskmiselt ühe aatomi pääle langevat ruumala. Katsume leida valemi, mis lubaks sin keskmiselt ühe aatomi pääle langevat ruumala avaldada. Avaldame esmalt selleks tarvisminevad tingimused (1) Esimeses tuleb üldada, et ühe ruumigrupi muutumine teiseks ruumigrupiks heterogeenses

kahefaasi piirkonnas on lineaarne sulatise kontsentratsiooni funktsioon. (2) Peiksiks peab olema leida heterogeense kahefaasi piirkonna ulatus aatomprotsentides. (3) Pääle selle peab olema leida veel antud sulatise kontsentratsiooni juures kumbgi liigi ruumigrupi poolt moodustatud võre konstandid. Edaspidine mõttekäik selgub alljärgneva joonise abil.



Rõhkkelpele on kantud süü üksikute segude teise komponendi väärtused aatomprotsentides. Püst-teljel loeme neis segudes ühe aatomi pääle langevate ruumalade suurusi.

Olgu need kaks metalli, mis sulatise moodustavad, A<sub>1</sub> ja A<sub>2</sub>. Antud sulatise kontsentratsioon, mille juures meie keskmiselt aatomi pääle langevat ruumala tahame leida, olgu B. Peades B juures esiletulivate kahteliiki ruumigruppide poolt moodustatud võrekonstandid ja aatomite arvud, mida sisaldavad elementaar-rakud, võime leida vastavalt aatomitele langevad ruumalad. Olgu need v<sub>1</sub> ja v<sub>2</sub>. Arvesse võttes

nüüd heterogeense kahefaasi piirkonnas toimuvad lineaarsed ümbergruppumised, võib avaldada keskmiselt ühe aatomi pääle langev ruumala järgmise seose abil:

$$v = \frac{v_1(b-c)}{b} + \frac{v_2c}{b} = \frac{v_1(b-c) + v_2c}{b} = v_1 + \frac{c(v_2 - v_1)}{b}$$

Kuidas selle seose abil leitud väärtused sobivad kõreratega mis kujutavad ühe aatomi pääle langevate ruumalade muutumisi sulatiste koostiste muutumistel, seda näeme edaspidi.

## 8. Käsitusele tulevad metallilised sulatised ja nende rühmitamine.

Vaatluse alla on siin võetud ainult sarnased binaarsed metallilised sulatised, mille segukristallruud on katkevad. Need sulatised mille segukristallruud ei ole katkevad, jäätame siin käsitamata, sest neil sulatistel esineksid ainult homogenseid faase. Homogenses faasis aga, nagu me ulpool nägime, on ühe aatomi pääle langev ruumala alati sulatise kontsentratsiooni ühene ja pidev funktsioon. Et sama arvu laiendada ka heterogeense kahefaasi piirkonna kohta, selleks tuleb teatavaid oletusi tarvitusele võtta. Setõttu on ka arusaadav, miks meid eriti just need metallilised süsteemid huvitavad, kus mõtu homogenseid ja heterogeenseid faasi erinevad. Neist süsteemidest saame kasutada neid, millel võrdlemisi suure arvu ühikute koostiste puhul on teadlaste poolt leitud



võu konstandid ja elementaarrakendesse kuuluvate aatomite arvud. Viimane asiolu on põhjuseks, miks edaspidisele vaatlusele võib tulla võrdlemisi piiratud hulk sulatisi. Üldse on vapalike andmeid saadud ainult 30. metallilise sulatise kohta. Puhta komponentide kristallvõrede järel on need sulatised seitsmesse pääärühma jaotatud. Need rühmad, kus see tarvilik, on veel alarühmadesse jaotatud. Alarühmades on sulatised sarnases järjekorras paigutatud nagu nad esinevad nimelt Ewald-Hermann'i „Strukturbericht'is". Lihtsuse mõttes tarvitame metallide nimede asemel nende keemilisi sümbole.

I. Esimesse rühma kuuluvad sulatised, mille mõlemate komponentide võred on kuubilised. See rühm uuakorda on kolme alarühma jaotatud. Esimeses alarühmas esinevad sarnased sulatised, mille mõlemate komponendid on kuubiliste tahkkesendatud võredega.  $\boxtimes \boxtimes$ . Siia kuuluvad sulatised oleksid järgmised: Cu-Ag, Cu-Au, Cu-Co, Cu-Pd; *Co-β!*  
Cu-Al, Ag-Al, Ni-Al.



Teisse alarühma kuuluvatel sulatistel on üks komponent ruumikesendatud ja teine tahkkesendatud kuubilise võrega  $\boxtimes \boxtimes$ . Käsitusele sarnastest sulatistest tuleb ainult Fe-Ni.

Kolmandas alarühmas esinevatel sulatistel on mõlemad komponendid kuubiliste ruumikesendatud võredega  $\boxtimes \boxtimes$ . Nendest on siin esitatud ainult Fe-W. *W-α!*



II. Teisse rühma kuuluvad sulatised, millel üks komponent kuubiline ja teine heksagonaalse tihedama pakkimisega.

See rühm jaguneb omakorda kahte alarühma. Esimesse alarühma kuuluvad sulatistel on üks komponent tahkkesendatud kuubilise võrega ja teine heksagonaalse tihedama pakkimisega  



Sia kuuluvad: Cu-Be; Cu-Mg; Cu-Zn; Ag-Zn; Ag-Cd; Au-Zn; Fe-Pb ja Ni-Co.

Teises alarühmas olevatel sulatistel on üks komponent kuubilise ruumkesendatud võrega ja teine heksagonaalse tihedama pakkimisega  . Need oleks: Fe-Co ja Fe-Zn.

III. Kolmandasse rühma kuuluvad sulatistel on üks komponent kuubiline, teine tetragonaalne.



Esimesse alarühma kuuluvad sulatistel on üks komponent kuubilise ja teine tetragonaalse tahkkesendatud võrega  

Siin tuleb neist kätvusele Cu-Sn ja Fe-Mn.



Teises alarühmas on üks komponent kuubilise tahkkesendatud võrega ja teine tetragonaalse ruumkesendatud võrega.  

Siin esineb neist sulatistest ainult Cu-Sn.

IV. Neljandasse rühma on paigutatud kõik need sulatised, millel üks komponent kuubiline ja teine romboedriline.

Esimeses alarühmas on üks komponent kuubilise tahkkesendatud võrega, teine liht romboedrilise võrega  

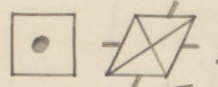
Esineb sarnastest sulatistest ainult Au-Hg.

Teises alarühmas on üks komponent kuubilise tahkkesendatud võrega ja teine erilise romboedrilise võrega  

Neist sulatistest tulevad kätvusele Cu-Sb ja Ag-Sb.

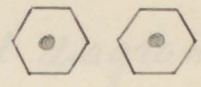
Kolmandas alarühmas on üks komponent kuubilise ruum-

kesendatud võrega ja teine eiliki romboedrilise võrega -



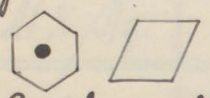
Vaatluse alla tuleb neist ainult Fe - Sb.

V. Vüendasse rühma kuuluvatel sulatistel on mõlemad komponendid heksagonaalse tihedama pakkimisega



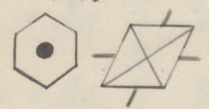
Sün esineb neist ainult Mg - Cd.

VI. Kuuendasse rühma kuuluvatel sulatistel on üks komponent heksagonaalse tihedama pakkimisega ja teine romboedrilise võrega. Esimeses alarühmas on üks komponent heksagonaalse tihedama pakkimisega ja teine lihtrombilise võrega -



Neist sulatistest esineb meil sün ainult Cd - Hg.

Teistes alarühmas olevatel sulatistel on üks komponent heksagonaalse tihedama pakkimisega ja teine eri liiki romboedrilise võrega

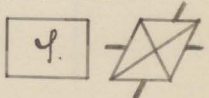


Vaatluse alla tuleb sarnastest sulatistest

Pb - Sb.

II-2

VII. Seitsmendasse rühma kuuluvatel sulatistel on üks komponent tetragonaalne ja teine romboedriline. Käntusele tuleb sün sarnastest sulatistest ainult üks, kusjuures tema üks komponent on tetragonaalse - teine eiliki rombilise võrega



See sulatis on Sn - Sb.

Ned oleks süs sulatised, mis edaspidi meil sün üldse vaatluse alla tulevad. Asume nüüd üksikult nende käsitamisele.

Käsitamata on jäänud: Fe-Zn (6), Co-Zn (7), Ni-Zn (3), Pd-Zn (3), Pt-Zn (3), Ni-Cd (3), mis esinivad W. Eismanni juures Z. physikal. ChB! 2. 1930. 77

iii                      kuni

## 9. Sulatised

### I. Cu - Ag.

Pürkkonnas 0-70 aatomprotsent. Ag. esinevad diagrammides Cu ja Ag pooned koos. Alljärgnevas tabelis on esitatud Erdal'i andmed üksikute segukristallide kohta (Ewald-Humann, Strukturbericht 505).

Tabel 1.

At% Ag	Faas.	a (Cu)	a (Ag)	I. v.	II. v.
0	Cu <input checked="" type="checkbox"/>	3,61		11,76	11,76
6,16	Cu + Ag	3,63	4,04	12,36	12,15
18,64	Cu + Ag	3,64	4,04	13,24	12,78
41,87	Cu + Ag	3,64	4,04	14,70	13,87
52,25	Cu + Ag	3,64	4,04	15,36	14,43
70,21	Ag <input checked="" type="checkbox"/>		4,04	16,48	15,32
84,13	Ag		4,06	16,73	16,21
100,	Ag		4,07	16,85	16,85

Lähtudes A. Erdali andmete iseloomust ja teiselt poolt Cu poonte puudumisest nende segude diagrammides, mis sisaldavad rohkem kui 70 aatomprots. Ag, võiks üldada, et kahefaasi pürkkond on 0-70 aatomprots. Ag. Selle mõttekäigu alusel on ka arvutatud esimesel juhul üksikutes segudes ühe aatomi pääle langevad ruumalad. Tabelis esinevad nad voolul I. v. Nende väärtused graafiliselt on kujutatud

0.240125

I Cu - Ap

Pressure 0-70 atmosphere. The amount of  
 water Cu for the point was 100 g. The amount of  
 the solid is ordered in the separate table.

Sin oloks luvitav Hansen'i oloks diagrammi

diskussioon.

11.2. Ap	3000	w (wt)	w (at)	11.2. Ap
0	Cu	3.61	11.46	11.46
5.25	Cu + Ap	3.63	11.36	11.36
12.64	Cu + Ap	3.64	11.24	11.24
41.27	Cu + Ap	3.64	11.10	11.10
52.17	Cu + Ap	3.64	10.96	10.96
70.21	Ap	3.64	10.82	10.82
84.13	Ap	3.64	10.68	10.68
100	Ap	3.64	10.54	10.54

Kõikides A. tabelis andmete iseloomust ja loetelt punkt  
 Cu poole funktsioneerit arendat sepaat diagrammides, mis isel-  
 davad vahem 70-100 atmosf. Ap, veeis vabade, et  
 rühmadesi funktsioneerit on 0-70 atmosf. Ap. Sell. mittera-  
 pu tabelid on ka andmetel iseloomust tabeli väärtused sepaat  
 mis tabelid funktsioneerit funktsioneerit. Tabelis esinevad mis  
 olemis 2. v. tabelis väärtused funktsioneerit on funktsioneerit.

teose lõpul (joonis 1), kusjuures vastav kõver kannab  
 indeksi  $\bar{I}$ . Täpselt poolt esineb Hansen'i Cu-Ag oleku-  
 diagrammis kahefaasi piirkond 4-94 aatomprotsent Ag (Ewald-  
 Neumann, Strukturbericht 504.) Ka selle piirkonna fassis on vas-  
 tarad arvutused läbiviidud. Tabelis 1 esinevad nad voolul  $\bar{II}$  v.  
 Neile vastav graafik (joon. 1.) märgitud indeksiga  $\bar{II}$ .

Kui nüüd üldada, et matemaatiliselt lihtsam kõver oleks õigem,  
 siis tuleks igatahes teise juhuse juurde peatama jääda.

Nagu näeme, on sellel juhul terves sekvantsistal ras peaaegu  
 ühe aatomi päale langer ruumala sulatise kon-  
 stise lineaarne funktsioon. Matemaatiliselt oleks see seos  
 avaldatav järgmise seose abil:  $V = 11,76 + 4,59 \cdot C$ .

v on ühe aatomi päale langer ruumala ja c aatomprots.  
 arv jagatud sajaga, lähendab 100 aatomprotsenti on ühiküks  
 võetud. See kunstlik valik on selleks läbi viidud, et valemile  
 anda lihtsamat kuju. Nagu siit näeme, on sel juhul ka

Wegard'i lause makssev. Mõlemaid graafikuid vaadeldes  
 näeme, et esimene kõver on piirkonnas 20-70 aatomprots.  
 Ag. lineaarne. Tekib küsimus, mis seda siis õieti põhjustab?  
 Heterogeenses kahefaasi piirkonnas on keskmiselt ühele aatomile  
 langer ruumala olemas mõlemas selles vahemikus esineva ruu-  
 migrupi aatomi päale langerast ruumalast ja ühe ruumi-  
 grupi teiseks muutumisest. Valim  $v = v_1 + \frac{c(v_2 - v_1)}{6}$ , mille  
 abil meie heterogeenses kahefaasi piirkonnas keskmiselt aatomi  
 päale langevaid ruumalaid arvutame, on tuletatud üldusest, et

üks ruumigrupp teiseks moodnub lineaarselt. Teiselt poolt praegusel juhtudel antud pürkonnas on kumbgis ruumigrupis ühe aatomi pääle langerad ruumalad konstantsed, nad ei ole üppuvad sulatise kontsentratsioonist. Suletõllu peavad ka mõlemad graafikud antud pürkonnas olema lineaarsed. Üks huvitav asiolu tuleb esimese kõvera juhul veel ilmsiks. Nimelt on sel juhul sulatises ühele aatomile langer ruumala alati suurem Vegard'i lause põhjal ettearvatud väärtusest. Sarnaseid juhtumeid, nagu edaspidi näeme, esineb õige vähe. Paraliselt on sulatistes leitud, et aatomile langerad ruumalad vähemad on teoreetiliselt ettearvatud väärtustest, kus juures ettearvatud väärtuse ja tegelikult leitud väärtuse differentsi nimet. kontraktsiooniks.

Missugune kõver praegusel korral õigem on, see jääb igatahes tulerikus teadlaste otsustada. Näib süiski, et teisel neist on usõigus.

## I. Cu - Au.

Harilikus olukorras on segukristallnida katketu (ückenlos). Pikaldase jahutamise juures ilmuvad diagrammides 75-60 aatomprots Cu ja 75 aatomprots. Cu juures nähtavale ülistruktuurpooned. Vastavad ühendid oleks siis AuCu ja AuCu<sub>3</sub>. AuCu<sub>3</sub> võre on kuubiline tahkkesendatud, AuCu võre tetragonaalne tahkkesendatud. Heterogeensed kahefaasi pürkonnad ei ole täpsalt kindlad. Cu-Au struktuuri on määratud mõnesuguste tingimuste juures paljude teadlaste

poolt. Tuvitame sijn C. M. Johanson'i ja F. O. Linde andmeid  
(Neuburger, Röntgenographie Metalle).

Tabel 2.

At. % Au	Taas.	a.	b.	v.
0	☒	3,60		11,76
1,8		3,64		12,06
4,4		3,65		12,16
20,9		3,75		13,18
25,0		3,75		13,18
27,0		3,77		13,40
27,4		3,75		13,18
33,3		3,79		13,61
39,8		3,83		14,04
45,0	☒	3,95	3,69	14,39
50,0		3,98	3,72	14,73
55,0		3,99	3,73	14,84
60,2	☒	3,93		15,17
66,7		3,95		15,41
69,2		3,94		15,29
75,0		3,98		15,76
83,8		4,02		16,24
100,0		4,06		16,73

Cu-Au on sarnane sulatis, millel aatomile langevad ruumalad

Hurvitaru olus olund rõvutada rõveraga,  
 mis antud jonnisel Johanson-Linde and-  
 mite alusel Arkel-Basanti andmest  
 tuletatud rõvera (lha 4. märkus).

Vrdl. G. D. Preston, Int. Met., Adv. copy 571 p. 21.  
 Haughton, Payne &

100,0		100,0		100,0
99,0		99,0		99,0
98,0		98,0		98,0
97,0		97,0		97,0
96,0		96,0		96,0
95,0		95,0		95,0
94,0		94,0		94,0
93,0		93,0		93,0
92,0		92,0		92,0
91,0		91,0		91,0
90,0		90,0		90,0
89,0		89,0		89,0
88,0		88,0		88,0
87,0		87,0		87,0
86,0		86,0		86,0
85,0		85,0		85,0
84,0		84,0		84,0
83,0		83,0		83,0
82,0		82,0		82,0
81,0		81,0		81,0
80,0		80,0		80,0
79,0		79,0		79,0
78,0		78,0		78,0
77,0		77,0		77,0
76,0		76,0		76,0
75,0		75,0		75,0
74,0		74,0		74,0
73,0		73,0		73,0
72,0		72,0		72,0
71,0		71,0		71,0
70,0		70,0		70,0
69,0		69,0		69,0
68,0		68,0		68,0
67,0		67,0		67,0
66,0		66,0		66,0
65,0		65,0		65,0
64,0		64,0		64,0
63,0		63,0		63,0
62,0		62,0		62,0
61,0		61,0		61,0
60,0		60,0		60,0
59,0		59,0		59,0
58,0		58,0		58,0
57,0		57,0		57,0
56,0		56,0		56,0
55,0		55,0		55,0
54,0		54,0		54,0
53,0		53,0		53,0
52,0		52,0		52,0
51,0		51,0		51,0
50,0		50,0		50,0
49,0		49,0		49,0
48,0		48,0		48,0
47,0		47,0		47,0
46,0		46,0		46,0
45,0		45,0		45,0
44,0		44,0		44,0
43,0		43,0		43,0
42,0		42,0		42,0
41,0		41,0		41,0
40,0		40,0		40,0
39,0		39,0		39,0
38,0		38,0		38,0
37,0		37,0		37,0
36,0		36,0		36,0
35,0		35,0		35,0
34,0		34,0		34,0
33,0		33,0		33,0
32,0		32,0		32,0
31,0		31,0		31,0
30,0		30,0		30,0
29,0		29,0		29,0
28,0		28,0		28,0
27,0		27,0		27,0
26,0		26,0		26,0
25,0		25,0		25,0
24,0		24,0		24,0
23,0		23,0		23,0
22,0		22,0		22,0
21,0		21,0		21,0
20,0		20,0		20,0
19,0		19,0		19,0
18,0		18,0		18,0
17,0		17,0		17,0
16,0		16,0		16,0
15,0		15,0		15,0
14,0		14,0		14,0
13,0		13,0		13,0
12,0		12,0		12,0
11,0		11,0		11,0
10,0		10,0		10,0
9,0		9,0		9,0
8,0		8,0		8,0
7,0		7,0		7,0
6,0		6,0		6,0
5,0		5,0		5,0
4,0		4,0		4,0
3,0		3,0		3,0
2,0		2,0		2,0
1,0		1,0		1,0
0,0		0,0		0,0

G. D. Preston on soovitud tulemuste saamiseks...

on alati suuremad kui Vegard'i lause põhjal teoreetiliselt ettearvatud väärtused (joon 1.). Muide, käver mis kujutab aatomile langeva ruumala muutumist, on võrdlemisi ladus. Matemaatilisest seisukohast tema iseloomu kohta on igatahes raske midagi üelda.

### I. Cu - Co

Cu ja Co võrd on väga väikestes piirkondades lahuvad. Olexu diagrammi järel hariliku temperatuuri juures lahub Co võres 5 aatomprots. Cu ja Cu võres 8 aatomprots. Co. Ülejäänud osas esinevad mõlemad osad <sup>üksikasjalikult</sup> koos. Sulatistes Cu-Co on Co võre alati kuubiline tahkkesendatud. Harilikult puhas Co võib esineda kuubilise tahkkesendatud võrega ja veel heksagoonaaalse tihedama pakkimisega. Alljärgnev tabel on valmistet L. Vegard'i ja H Dale andmete järel (Ewald-Kermann, Strukturbericht) 572 - 573

Tabel 3.

At % Co	Faas.	a (Cu)	a (Co)	v.
0,0	Cu ☒	3,533		11,02
25	Cu + Co	3,539	3,60	11,21
50	Cu + Co	3,539	3,60	11,66
75	Co		3,60	11,66
100	Co ☒		3,61	11,76

Tabelile vastab joon 2. Nagu sääl näeme, on ühele aatomile langeva ruumala muutumise kohta peaaegu maksim. Vegard'i lause. Matemaatiliselt võib seda seost avaldada järgmiselt:  $v = 11,02 + 0,74 c$ . Üheks põhjuseks, miks Vegard'i lause siin maksim., on kindlasti vististi asiolu, et käesolevas sulatises puhul komponentidel ühele aatomile langevad ruumalad väga vähe üksteisest erinevad.

### 1. Cu-Pd.

Cu võrus lahub ligikaudu 38 aatomprots. Pd. Pd. võrus aga 50 aatomprots. ümber Cu. Vahepeälses piirkonnas esineb kuubiline ruumkesendatud võre, mille diagrammis küllaldase soendamise tagajärjel ilmsiks tulevad ülistruktuurpöoned. Nii on siis sel juhul tegu ühendiga CuPd, millel on CsCl tüüpi võre. Samuti tulevad ülistruktuurpöoned ilmsiks 10-30 aatomprots. Pd. puures. Meil on sääl tegu ühendiga Cu<sub>3</sub>Pd.

Heterogeensete kahefaasi piirkondade üle valitsevad lahkaramised. Siin on igatahes kindel, et 45,5 aatomprots. Pd puures esineb homogeenne faas. Lehekülg 22. esinevas tabelis n. 4 on S. Holgersson'i ja E. Sedströmi andmed (Ewald-Hermann, Strukturbericht 515). Tabelile vastav kõver asub joon 2. Muvitav on see puures märkida, et osa kõverast asub ülevalpool Vegard'i sirget, teine osa allpool. Kas siin on tegu liiga suurte katseriigadega või on see asiolu tingitud selle sulat-

... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..

Cu - Pb

... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..

J. D. Preston, Phil. Mag. 12, 1931, 987-990.

tise iseloomust, seda on igatahes raske otsustada. Näib viiski, kui andmeid ligemalt vaadelda, et sarnane asiolu ei ole süiski tekkinud ratseriigade tagajärjel.

Tabel 4.

At. % Pd.	Faas	a.	v.
0, 0	⊗	3, 620	41, 86
19, 4		3, 655	12, 21
36, 4		3, 724	12, 91
45, 5	⊙	2, 988	13, 39
51, 9		3, 755	13, 24
54, 4	⊗	3, 750	13, 48
70, 2		3, 812	13, 85
100, 0		3, 897	14, 79

Muide, 55 - 100 aatomprots. Pd juures näib lineaarse olenerusega tegu olevat. Matemaatiliselt võib seda olenerust avaldada pärsimiselt  $v = 11,5 + 3,3C$ . Ülepäänud kõvera osa kohta on raske iseloomustust anda. Vegard'i lause põhjal arvatatud seos oleks  $v = 11,86 + 2,93C$ .

### F. Cu - Al

E. R. Jelle, G. Phragmén'i ja A. F. Westgren'i pärel esineb sellel sulatisel 4 erinevat homogeenet faasi.

0-20 aatomprots. Al. juures homogeenne faas, tähtsenedatud

kuubilise võrega.

31-45 aatomprots. Al. puures  $\delta'$  homog. eilise kuubilise võrega.

66,7 aatomprots. Al. puures homogenneeritud faas, temale vastab ühend  $\text{CuAl}_2$ , millel tetragonaalse võre algrakus 12 aatomi.

$\alpha$  faas on homogeenne ainult puuri Cu aatomprots. puures.  $\delta'$  faasi puures tuleb väga huvitav asiolu ilmsiks, nimelt Al kasvamisega sulatistes väheneb aatomite arv elementaarrakus.

Sarnast juhtumit siin seletatakse kompleksse asetusel.

Nimelt võtavad sulatistes Al kasvamisel 2 Al. aatomi 3. Cu aatomi asukoht oma alla. Pääle selle leidsid E. A. Owen ja G. D. Preston, et 50 aatomprots. Al. puures esineb ühend  $\text{CuAl}$ .









Pabel 5. on  $\alpha$  faasi ja  $\text{CuAl}$  kohta käivad andmed E. Owen'i ja G. D. Preston'i omad.

$\delta'$ ,  $\delta$  ja  $\alpha$  faasi kohta esinevad andmed on E. R. Jette, G. Phragmén'i ja A. F. Westgren'i omad (Ewald-Hermann, Strukturbericht 538-842). Graafiliselt Owen'i ja Preston'i andmetele vastavad täisringid (foon. 2)

Kõver 0-30 aatomprots. Al. on lineaarne, mis on avaldatav järgmise seose abil:  $v = 11,71 + 2,8C$ . Vegard'i lausele aga vastab avaldis  $v = 11,71 + 4,81C$ .

Ülejäänud osa kohta on raske midagi üldada. foonisel näeme, et  $\delta'$  faasi piirkonnas nähtavad suurid kõikumisi. Nähtavasti on siin andmed võrdlemisi suurte vigadega, sest raske on üldada, et tõeliselt sarnased järeled kõikumised esile tulevad.

Tabel 5.





At % Al	Faas.		a	c	$\alpha$	v
0,0	$\alpha$		3,605			11,71
4,6	$\alpha$		3,619			11,85
8,9	$\alpha$		3,638			12,04
13,0	$\alpha$		3,639			12,05
16,9	$\alpha$		3,649			12,15
31,3	$\beta'$		8,704			12,59
37,0	$\beta'$		8,680			13,00
43,5	$\beta'$		8,656			13,24
44,4	$\beta'$		8,652			13,44
50,0			3,890		$94^{\circ}6'$	14,30
66,7	$\beta$		6,052	4,878		14,89
97,8	$\beta$		4,043			16,52
100,0	$\beta$		4,043			16,52

## I. Ag - Al.

Röntgenograafiliselt on leitud samad faasid mis oleku diagrammisgi esinevad. 0-20 aatomprots. Al. juures homog.  $\alpha$  faas tahkesendatud kuubilise võreaga.  $\beta'$  on ühend  $\text{Ag}_3\text{Al}$  on lagunemise võimaluseta Ag ehk Al. 25 aatomprots. Al juures esineb  $\text{Ag}_3\text{Al}$  puhtal kujul, kusjuures tema võre elementaar-rakk sisaldab 20 aatomi.  $\beta$  faas heksagonaalse tihedama pakkimisega

on homogeenne 27-43 aatomprots Al.  $\delta$  on Al võre hõõliku temperatuuri puures ilma lagunemise võimaluseta Ag. Tabelis antud andmed on A. F. Westgren'i ja A. J. Bradley oma (Ewald-Hermann, Strukturbericht 557-558). Värvavõllena erineb siin ainult üks segu, nimelt 40 aatomprots Al. puures. (Zetschr. f. phys. ch. 1929). Joomisel 3 erineb selle väärtusele vastav ringike üleri mustaks tehtud.

Tabel 6.

At % Al	Faas.	$a_1$	$a_2$	c	v.
0	$\alpha$ 	4,079			16,97
19	$\alpha$	4,056			16,68
20	$\alpha$	4,053			16,64
23	$\alpha + \beta'$	4,053	6,920		16,60
25	$\beta'$ 		6,920		16,57
27	$\gamma$ 		2,865	4,653	16,54
32	$\gamma$		2,869	4,625	16,49
34	$\gamma$		2,877	4,579	16,41
40	$\gamma$				16,41
43	$\gamma$		2,879	4,573	16,41
100	$\delta$ 	4,042			16,51

Kõver on pürkonnas 0-40 aatomprots Al puures lineaarne ja avaldatakse järgmise võrandi abil  $v = 16,97 - 1,47c$ . Vegard'i lause põhjal avaldatud seos aga oleks  $v = 16,97 - 0,46c$ .

Ka 23 aatomprots. Al puures heterogeenses kahefaasi piirkonnas arvatatud väärtus sobib suurepäraselt kõvera teiste täppidega. Ülejäänud heterogeense kahefaasi piirkonna kohta on raske midagi öelda andmete puudumise tõttu.

### I Ni - Al

Röntgenograafilisel teel on preili Löwenham süsteemi Ni Al ruvinud intervallis 0-54 aatomprots. Al (Zeitschr. f. phys. Chem. Bd. 5. 1929. 24-25). Antud süsteemil on selles ulatuses kaks homogeenset faasi;  $\alpha$  faas ligikaudu 0-30 aatomprots. Al. tahkesendatud kuubilise värga. Säälpuures võib tekkida ülistruktuuriooni sama meetodi abil nagu AuCu<sub>3</sub> puures. Pääle selle on K. Becker näidanud, et järgmises homogeeenses faasis, mille piirkond 40-54 aatomprots. Al, esinev ühend NiAl on CsCl struktuuriga.

### Tabel F

At % Al	Faas	$v$
0	$\alpha$ <input checked="" type="checkbox"/>	10,89
17	$\alpha$	11,15
22	$\alpha$	11,25
27	$\alpha$	11,36
38	$\beta$ <input checked="" type="checkbox"/>	11,64
47	$\beta$	11,80
54	$\beta$	11,87
100	Al <input checked="" type="checkbox"/>	16,51





See nimetatud faas on veel tähelepanuväärt oma kõrge sulamis-temperatuuri poolest, mis on  $200^\circ$  kõrgem kui puhta Ni oma. Kuvitar on siin veel nähe, et süsteemi Ni-Al (joon. 3) juures tuleb ilmsiks entfi suur kontraktsioon. Põhjuseks arvatakse asi-olu, et sulatis Ni-Al on moodustatud komponentidest, millest üks on ülemineku element seesmise elektrondedefektiga ja teine kuulub normaalsesse tüüpi. Vahemikus 0-55 aatomprotsent Ni on kõver lineaarne ja avaldatar järgmise seose abil:

$v = 10,89 + 1,9i C.$  Vegard'i lausele aga vastaks avaldis -  
 $v = 10,89 + 5,62 C.$  Teise osa kõvera kohta puuduvad andmed. Üldse võiks siin nüpalpu tähendada, et kõigi järgmiste sulatiste puhul Cu-Al, Hg-Al ja Ni-Al, teataras vahi-mikus kõrvad on lineaarsed. Nähtavasti on see asiolu siin kuidagi tingitud nende komponentidega, millest sulatised koostatud.

### I. Fe - Ni

$\alpha$ -Fe uumkesendatud kuubiline võre, milles lahub hari-like temperatuuri juures 25 aatomprots ümber Ni. Ni võres aga 60 aatomprots. ümber Fe. 25-40 aatomprots. Ni juures esineb heterogeenne kahefaasi pürkond, mille pürid on hra Perlitz'i poolt määratud, A. Osava andmete põhjal (tabel 8) A. Osava leidis kaks rida andmeid (Science Rep. Põhoku 15, 387-398 1926) Esimesel puhul valmistas ta preparaadid aruco-Fe ja puhtast Ni, mis sairad mitu korda ümbersulatatud, pikkamisi jahutatud,

Tabel 8

At. % Ni	Paas	a (Fe)	a (Ni)	v.
0, 00		2, 860		11, 70
5, 21		2, 865		11, 76
6, 70		2, 866		11, 77
14, 41		2, 866		11, 77
22, 13		2, 871		11, 83
25, 79		2, 876		11, 86
27, 02		2, 873		11, 86
27, 66	 	2, 877	3, 590	11, 85
29, 00		2, 873	3, 600	11, 81
29, 98		2, 875	3, 600	
30, 39		2, 879	3, 605	
31, 55		2, 877	3, 596	11, 78
32, 64		2, 875	3, 597	11, 74
34, 42		2, 877	3, 596	11, 73
35, 25			3, 596	11, 62
35, 27			3, 597	11, 64
41, 21			3, 593	11, 60
41, 33			3, 592	11, 59
52, 96			3, 589	11, 56
57, 46			3, 584	11, 51
63, 94			3, 582	11, 49
65, 75			3, 576	11, 43
73, 48			3, 586	11, 36
78, 12			3, 561	11, 29
82, 25			3, 554	11, 22
85, 58			3, 549	11, 18
91, 00			3, 541	11, 10
96, 19			3, 530	11, 00
100, 00			3, 520	10, 90





taotud, siis uuesti  $1150^{\circ}\text{C}$  soendatud ja lõpuks pikkamisi jälle jahutatud. Teisel juhul saivad samad preparaadid vedelas õhus jahutatud. Katsete andmed mõlemal juhul erinesid üksteisest õige vähe, seepärast tabel 8. on antud ainult esimesel juhul leitud andmed. Vaadeldes sin üksikute kristallide puhul aatomi pääle langevaid ruumalaid näeme, et need on suuremad kui teoreetiliselt Vegard'i lause põhjal ettearvatud väärtused (joon 4). Muuseas võib sin konstateerida veel järgmist huvitavat asioolu, et piirkonnas 0-25 aatomprots. Ni on segu kristallides ühele aatomile langevad ruumalad <sup>suuremad</sup> kui puhtas Fe. Ometi on aga puhtas Ni aatomile langev ruumala vähem kui Fe. Sarnaseid juhuiseid nagu edaspidi näeme, kordub ainult üks kord, nimelt Cu-Mn puhul. Kuidas seda asioolu seletada, ei ole igatahes praegu veel kindel. Pääle selle näeme veel, et heterogeenses kahefaasi piirkonnas leitud väärtused sobivad väga kõvera iseloomuga.

### I. Fe - W.

Fe võres lahustub umbes 4 aatomprots. W. W võres aga peaaegu Fe üldse ei lahustu. Välfaspool neid faase esinevad veel kaks vahepäälset ühendit -  $\text{Fe}_2\text{W}$  ja  $\text{Fe}_3\text{W}_2$  väga kitsaste homogunsete piirkondadega.  $\text{Fe}_2\text{W}$  elementaar-rakk on heksagonaalne ja sisaldab eneses 12 aatomi.  $\text{Fe}_3\text{W}_2$  elementaar-rakk aga romboidiliselt heksagonaalne, aatomite arv

rakus 40. Allfärgnerad andmed on H. Arnfelt'i omad  
(Ewald-Mermann Strukturbericht 526-527).

Tabel 9.

At. % W	Faas.	a	c	v
0,0		2,860		11,70
4,0		2,866		11,77
33,5		4,727	7,704	12,42
39,8		4,731	25,76	12,48
100,0		3,157		15,73

Andmete vähesuse tõttu on kõverat kaunis raske konstruuda (foon. 4). Matemaatiliselt neid andmeid rahuldavad pürkonnas 0-40 aatomprots. W kaks seost: Üks on lineaarne ja teine eksponentsiaalne.

Lineaar-seos  $v = 11,70 + 2,1c$

Eksponentsiaal-seos  $v = 11,70 \cdot 1,20^c$  (foon 14).

Teoreetiliselt ettearvatatud lineaar-seos oleks  $v = 11,70 + 4,03c$  ja  
- " - " - eksponentsiaal-seos  $v = 11,70 \cdot 1,32^c$ .


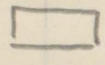


Neid avaldusi vaadeldes näeme, et ettearvatatud ja praktiliselt leitud eksponentsiaal-seosed erinevad üksteisest vähe. Sama ei saa aga meie lineaarsete seoste kohta öelda. Seepärast otsustades näib, et eksponentsiaal-seos suuremas vahemikus suudab tõelist kõverat paremini järelaimata.

Handwritten text at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side, mentioning "Alfänger" and "Strukturformel".

(1) Cu-Al'i puhul 3 vahpealsid faset.

(2) Vahpealsid

Fas

	Cu-Pd	Cu-Al	Ag-Al	Ni-Al	4	} 6
	Cu-Au	Cu-Al			2	
		Cu-Al			1	
			Ag-Al	Fe-W(2)	3	

Extremely faint handwritten text at the bottom of the page, likely bleed-through from the reverse side, containing technical details and possibly a list of references or experimental data.

Kokkuvõttes näib, et esimese rühma sulatiste juures väga vähe omadusi, mis seda rühma iseloomustavad, ilmsiks tuleb Maimone süin neid, mis esile tulevad<sup>(1)</sup> Esiteks võiks nimetada, et esimese rühma sulatiste juures väga väike arv vahetähtsuseid homogeenide faase esineb<sup>(2)</sup> Süis näeme veel, et vahetähtsuse faaside struktuur kõige sagedamini kuubiline on.




(3) Pääle selle, graafikud mis kujutavad ühele aatomile langevate ruumalade muutumist sulatiste kvostiste muutumisel on ruupelt vördlemisi lihtsad. Väljendatena vast Cu-Pd ja Cu-Al. Cu-Ag ja Cu-Co juures on nad negi sirged.

II. Cu - Be

$\alpha$  faasi, millel kuubiline tahkesendatud võre, võib karastamise tel homogeenena hoida v-15,2 aatomprots. Be.

$\gamma$  faas kuubilise ruumkesendatud võrega esineb 52 aatompr. Be juures üksi, pürkond ei ole mitte täiesti kindlaks määratud. Puhas Be heksagonaalse tihedama pakkimisega. Alljärgnevad andmed — O. Dahli, E. Holmi ja G. Masing'i omad (Ewald-Hermann Strukturbericht 529-530)

Tabel 10.





At % Be	Faas.	a	c	v
0, 0	$\alpha$ 	3, 619		11, 85
12, 5	$\alpha$	3, 575		11, 42
15, 2	$\alpha$	3, 564		11, 32
52, 3	$\gamma$ 	2, 688		9, 71
100, 0	Be 	2, 283	3, 615	8, 16

Muritar on sümpuures märkida et nende andmete järel konstrueeritud rõõver (foõn. 4) langeb täiesti ühte teoreetiliselt ettearvatud eksponentsiaalse rõõveraga (foõn. 14). Matemaatiliselt avaldub see seos järgmiselt  $v = 11,85 \cdot 0,69^c$ .

## II. Cu - Mg.

Oleku diagrammi järel Cu võres lahub paar aatomprots. Mg. Mg võres aga ei lahu üldse Cu. Pääle selle esinevad kaks vahepäälset ühendit -  $Cu_2Mg$  ja  $CuMg_2$ , mõlemad umbes ühe aatomprots. ulatuses homogeenised. Erimesel neist on võre kuubiline ja teisel rombiline, kuspuures  $Cu_2Mg$  elementaar-rakus on 24 aatomi ja  $CuMg$  elementaar-rakus 48 aatomi. Puhta Mg on võre heksagonaalse tihedama pakkimisega. Kashtame siin A. Runqvist'i, H. Arnfelt'i ja H. Westgremi andmeid (Zetschr. f. anorg. chem. Bd. 175. 1928. 43-48)

Tabel 11

At % Mg.	Faas.	a	b	c	v
0	Cu 	3,608			11,74
33		7,029			14,46
67		8,273	9,05	18,21	18,11
100	Mg 	3,203		8,196	23,08

Arvestades praegu nende väärtuste andmetega, näeme, et

Kas vovand on maxeri pükkomas (0, 100) <sup>9</sup>.

"tes zettine" definitioon!

II. Cu-Mg

Chem diagrammi jaoks Cu vovand talub paar atomiprots.  
Mg Mg vovand on 6 talu vobas Cu. Põhikõll vovand vovand  
vovand vovand vovand - Cu, Mg ja CuMg, mõlemas vovand  
vovand vovand vovand vovand vovand. Vovand vovand vovand  
vovand ja vovand vovand, vovand Cu, Mg vovand vovand  
on 24 atomi ja CuMg vovand vovand 18 atomi. Vovand Mg  
on vovand vovand vovand vovand vovand. Vovand vovand  
A vovand, A vovand, ja A vovand vovand (vovand).  
f vovand vovand vovand 12. 12. 12. 12. 12. 12. 12. 12.

v	c	e	a	Paar	100%
11,74			2,608	☒ Cu	0
14,46			7,084	☐	33
18,11	18,11	9,05	7,270	☐	67
23,03	2,190		2,203	⊕ Cu	100

Chemical composition and phase diagram of Cu-Mg system.






vahemikus 0-70 aatomprots  $Zn$  (joon 4) on tegu eksponentsiaalse seosega (joon 13)  $v = 11,74 \cdot 1,92^c$

Teoreetiliselt määratud väärtused võivad aga olla värgmine  $v = 11,74 \cdot 1,97^c$ .  
Sünn näeme, et määratud ja tõeline eksponentsiaalne seos erinevad järk-järgult väga vähe.

## II. Cu - Zn

Sulatuses Cu-Zn tuleb esile viis erinevat homogeeni faasi 0-35,4 aatomprots. Zn esineb faasina üksi kuubilise tahkkesendatuna võrega.

Tabel 12.

At % Zn.	Faas.	v.
0,0	$\alpha$ 	11,74
4,2	$\alpha$	11,84
9,1	$\alpha$	11,94
13,7	$\alpha$	12,02
18,8	$\alpha$	12,18
21,3	$\alpha$	12,22
31,7	$\alpha$	12,44
35,4	$\alpha$	12,56
46,2	$\beta$ 	12,77
61,2	$\gamma$ 	13,28
64,2	$\gamma$	13,36
66,4	$\gamma$	13,42
67,5	$\gamma$	13,47
80,0	$\epsilon$ 	13,93
82,7	$\epsilon$	13,95
100,0	$\eta$ 	15,16

43,0  $\alpha + \beta$  →

$\beta$  faas homogeenne 45-48 aatomprots. Zn, CsCl võreaga, sellega on meil tege ühendiga CuZn.

61-69 aatomprots. Zn puures on  $\delta$  faas üksi, milles esineb ühend  $Cu_5Zn_8$  - võre kuubiline. Elementaarrakk sisaldab 52 aatomi.

79-85 aatomprots. Zn. puures tuleb ilmsiks  $\epsilon$  faas heksagonaalse tihedama pakkimisega.

96-100 aatomprots. Zn puures homogeenne faas heksagonaalse tihedama pakkimisega. Tabel 12. olevad andmed on nimelt A. Westgren'i ja Almin'i omad (Zetschr. f. phys. chem. Bd. 5 1929. 24). Neile andmetele vastav graafik (joon 5) on võrdlemisi ladus.






0-80 aatomprots. Zn on maksim. eksponentsiaal seos. -  $v = 11,74 \cdot 1,21^c$  (joon 13). Teoreetiliselt ettearvatud võr-? rand on aga  $v = 11,74 \cdot 1,29^c$  Kas vahemikul (0,100)?

### II. Ag-Zn

Sulatisel Ag-Zn on faasid täiesti struktuurselt analoogsed Cu-Zn faasidele. 0-40 aatomprots. Zn puures esineb üksi  $\alpha$  faas tahkesendatud kuubilise võreaga. 48-54 aatomprots. Zn puures tuleb ilmsiks  $\beta$  faas üksi, milles esineb ühend AgZn CsCl võreaga.  $\delta$  faasis esineb ühend  $Ag_5Zn_8$  homog. piirk. 60-65 aatomprots. Zn kuubilise võreaga, mille elementaarrakk sisaldab 52 aatomi.  $\epsilon$  faas on heksagonaalse tihedama pakkimisega esineb üksi piirkonnas 71-86 aatomprots. Zn.  $\eta$  on homogeenne

ainult puhta Zn juuris, tema väre heksagonaalse tihedama pakkimisega.

Tabel 13.

At. % Zn	Faas	$v$ .
0,0	$\alpha$ 	16,95
15,0	$\alpha$	16,65
24,6	$\alpha$	16,41
25,7	$\alpha$	16,41
30,2	$\alpha$	16,30
48,0	$\beta$ 	15,70
50,0	$\beta$	15,60
62,5	$\gamma$ 	15,01
71,8	$\epsilon$ 	15,31
85,7	$\epsilon$	15,02
100,0	$\delta$ 	15,16






Tabelis olevad andmed on A. Westgremi ja H. Almin'i omad. (Zeitschr. f. phys. chem. Bd. 5. 1929. 20-21). Pürkonnas 0 - 85 aatomprots. Zn, on kõverpoon peaaegu lineaarne (joon 6) Väikesed kõrvale kaldumised tulevad esile, kuid neid võib peaaegu katserigadena võtta. Matemaatiliselt oleks see seos pärsmine  $v = 16,95 - 2,25c$ . Vegardi lause põhjal leitud võrand aga  $v = 16,95 - 1,79c$ .

## II. Ag - Cd.

Nagu Cu-Zn puhul, nii on ka Ag-Cd toa temperatuuril  
 puures viies homogeenne faasis, mis erinevad ainult piirkon-  
 dade ulatavuse poolest Cu-Zn faaridest.  $\alpha$  faas esineb üksi  
 0-44 aatomprots. Cd puures kuubilise tahkkesendatud võrega.  
 $\beta$  faasis esineb ühend AgCd, CsCl võrega. Antud faasi  
 homogeenne 19-52 aatomprots. Cd.  $\gamma$  faasis loomulikult  
 esineb kuubiline võre, mille elementaarrakus asub 52 aatom.  
 $\delta$  faasi homogeenne 57-66 aatomprots. Cd.  $\epsilon$  faasi homogeenne  
 69-83 aatomprots Cd. sulatiseb 79,51 ja 79,95 aatomprots.  
 Cd puures leidis V. M. Goldschmidt diagrammides ülistruk-  
 tuuri faasi, mille pärale ta tuli otsusele, et sellel korral on  
 tegu ühendiga AgCd<sub>4</sub>, mille võre on heksagonaalse tihedama  
 pakkimisega. (Neuburger, Röntgenographie Metalle 107) 95-100,  
 aatomprots. Cd puures esineb  $\eta$  faas üksi, heksagonaalse tihedama  
 pakkimisega. Tabel 14 on osa A. Westgren'i ja A. Almin'i  
 andmeid (Zetschr. f. phys. chem. Bd. 5. 1929. 20-21). Heterogeensete  
 kahefaasi piirkondade kohta käivad andmed on pänt:  
 Neuburger, Röntgenographie Metalle 106. Nimetatud tabelis on mil-  
 levere rida andmeid heterogeensete kahefaasi piirkondade kohta.  
 Kasutades ülpeol mainitud mõttekäiku, on siin nende andmete  
 pärale ka leitud keskmiselt ühele aatomile langevad ruumalad.  
 Kõrera konstruimisel sobivad need andmed väga hästi teiste-  
 ga (joon 6). Pääle selle võib veel tähele panna, et piirkon-  
 nas 0-52 aatomprots. Cd kõvera katserigade piirkonnas

on lineaarne, kus peures ta seos oleks järgmine  $v = 16,95 + 2,85c$ .  
 Tegardi lausele aga vastaks võnand:  $v = 16,95 + 4,51.C$ .







Tabel 14.

H % Cd	Taas.	$a_1$	$a_2$	$C_2$	$C_1$	$v$
0,0	$\alpha$ 	4,078				16,95
28,8	$\alpha$	4,140				17,74
33,4	$\alpha$	4,151				17,88
39,0	$\alpha$	4,164				18,05
46,8	$\alpha + \beta$	4,178	3,323			18,28
50,0	$\beta$ 					18,38
51,4	$\beta$	3,327				18,41
55,4	$\beta + \gamma$	3,327	9,935			18,74
58,9	$\gamma$ 	9,945				18,91
62,2	$\gamma$	9,963				19,02
63,7	$\gamma$	9,968				19,05
67,1	$\gamma + \varepsilon$	9,982	3,040	4,810		19,17
71,7	$\varepsilon$ 		3,051	4,810		19,39
74,9	$\varepsilon$		3,060	4,810		19,50
79,6	$\varepsilon$		3,082	4,807		19,77
86,1	$\varepsilon$		3,091	4,810		19,90
81,7	$\varepsilon + \eta$	2,99	3,095	4,807	5,43	20,48
94,9	$\eta$ 	2,99			5,43	21,02
100,0	$\eta$	2,973			5,606	21,46

## II. Au - Zn.

Maitliku temperatuuril puures esineb sulatisel Au - Zn 6 homogeenset faasi.  $\alpha$  on riksi 0-30 aatomprots. Zn; kuubilise tahkkesendatud võreaga.  $\beta$  faas riksi 37-57 aatomprots. Zn; on CsCl võreaga, kus puures temas esineb ühend  $AuZn$ ,  $\gamma$  homogeenne, 63-69 aatomprots. Zn, kuubilise võreaga, mille elementaarüks sisaldab 52 aatomi. A. F. Bradley ja I. Thewlis'i järelle on meil sellele puhul tegu ühendiga  $Au_5Zn_3$ .  $\gamma'$  esineb 75 aatomprots. Zn puures, homogeenne ainult rümbes rühe aatomprots. ulatusel. Võre tüüpl on kuubiline, elementaarüks sisaldab 32 aatomi, kus puures tegu ühendiga  $AuZn_3$ .  $\xi$  ja  $\eta$  mõlemad heksagonaalse lähedajana pakkimisega, esimene homogeenne 84-89 ja teine homogeenne 98-100 aatomprots. Zn.

### Tabel 15.

Ast % Zn	Faas	a	c	v.
0, 00	$\alpha$ 	4, 070		16, 85
50, 00	$\beta$ 	3, 190		16, 23
56, 62	$\beta$	3, 146		15, 57
63, 82	$\gamma$ 	9, 268		15, 38
67, 79	$\gamma$	9, 223		15, 10
75, 25	$\gamma'$ 	7, 880		15, 22
86, 24	$\xi$ 	2, 809	4, 377	14, 95
88, 73	$\xi$	2, 809	4, 369	14, 93
98, 28	$\eta$ 	2, 674	4, 887	15, 13
100, 00	$\eta$	2, 662	4, 941	15, 16



Faaside piirkonnad on määratud vlekü diagrammi järel - (Neuburger, Röntgenographie Metalle 80). Selolevas tabelis esinevad andmed

on A. Westgren'i ja G. Phragmen'i omad, väärtused  $\text{Au}-\text{Zn}$ , millel võre parametri määravad E. H. Owen ja G. D. Preston — (Neuburger, Röntgenographie Metalle 83). Praegusel juhul neile andmeile vastav kõver on küpelt üige imelik (joon 7). Üheks selle põhjuseks on kindlasti asiolu, et proovisel erinevad väärtused on pärit kahelt leadlaselt. Teiseks põhjuseks loomulikult võib olla sulatise  $\text{Au}-\text{Zn}$  individuaalne omapära. Kuidas seda aega seletada, see on igatahes praegu veel lahtine.

## II. $\text{Zn} - \text{Pb}$

Oleku diagrammi järel hõõliku temperatuuril juures  $\alpha$ - $\text{Zn}$ , heksagonaalse tihedama pakkimisega, lahustab kuni 4 aatomprots.  $\text{Pb}$  oma võres.  $\text{Pb}$  tahkesendatud kuubilise võre-ga lahustub kuni 80 aatomprots  $\text{Zn}$ . Alljärgnevad andmed on E. Mc Millan'i ja L. Paulingi omad (Ewald-Kermann, Strukturbericht 571)

Tabel 16.

At % Pb	Faas	a	c	v
0,0	$\alpha$ - $\text{Zn}$ 	3,449	5,573	28,40
20,0	$\text{Pb}$ 	4,858		28,66
25,0	$\text{Pb}$	4,864		28,77
33,3	$\text{Pb}$	4,879		29,04
45,0	$\text{Pb}$	4,892		29,27
75,0	$\text{Pb}$	4,920		29,77
100,0	$\text{Pb}$	4,948		30,27



Vaadeldes neile andmetele vastavat graafikut (joon. 7) näeme, et praegusel puhul on maksim Vegard'i lause. Matemaatiliselt avaldub see seos järgmiselt:  $v = 28,40 + 1,87C$

## II. Ni - Co.

Ni-Co preparaadid said valmistatud erilistes tingimustes. Nimelt hoidis H. Osawa neid kolm tundi vesiniku atmosfääris  $1100^{\circ}C$  puures ja jahutas siis pikkamisi toa temperatuurini. Röntgenograafiline uurimine näitas, et Ni-Co on kaks homogenset faasi:  $\gamma$  faas kuubilise tahkkesendatud võrega homog. kumi ligikaudu 75 aatomprots. Co. Heterogeenne kahefaasi piirkond ei ole päris kindlaks määratud. 80 aatomprots. Co ümber algab üksik faas heksagonaalse tihedama pakkimisega. (Science. Rep. Gōhoku Univ. 19. 1930. 110-115).

Ni-Co puhul on meil jälle tegu sarnase erijuhuga, kus maksim on Vegard'i lause (joon 8).  $\alpha$  faasis 80 aatomprots. Co puures tulevad küll ilmsiks kõvalekaldumised, kuid näib, et need on süski katseriigade piirkonnas, kuigi kahtlust äratab asiolu, et kõik kesse faasi kuuluvate andmete vastavad täpid kalduvad kõik ühelepoole sirget kõvale. Matemaatiliselt võiks seda seost avaldada järgmise vānandiga:  $v = 10,79 + 0,12C$

Tabel 17.

At % Co	Faas.	a	c	v
0		3,508		10,79
10		3,570		10,81
20		3,509		10,80
30		3,574		10,85
40		3,579		10,89
50		3,578		10,89
60		3,579		10,89
65		3,579		10,89
68		3,576		10,87
69		3,577		10,88
70		3,524		10,94
72		3,521		10,91
74		3,522		10,92
75		3,521		10,91
80		2,489	4,036	10,82
84		2,493	4,024	10,83
90		2,493	4,046	10,89
96		2,492	4,052	10,90
100		2,492	4,056	10,91

## II. Fe - Co

Sulatises Fe-Co esineb kolm homogeenset faasi. Oksüümbes 77 aatomprots. Co esineb  $\alpha$  faasiksüümi ruumkesendatud kuubilise võreaga. 80-97 aatomprots. Co esineb  $\gamma$  faasiksüümitahk-

Q

Tabel 18.

At % Co	Faas	$a_1$	$a_2$	c	v
0	□				
5		2,855			11,64
10		2,854			11,62
15		2,853			11,61
20		2,851			11,59
30		2,851			11,59
34,8		2,849			11,56
45		2,844			11,50
40		2,847			11,54
50		2,846			11,53
51,4		2,846			11,53
65		2,836			11,41
70		2,828			11,31
75		2,825			11,27
76		2,825			11,27
80	⊗ □	2,824	3,545		11,14
90	⊗		3,541		11,10
93			3,534		11,03
94			3,534		11,03
95			3,536		11,05
97			3,533		11,02
98,5	⊙	2,493		4,066	10,94
99		2,493		4,062	10,93
99,5		2,492		4,062	

Walter Ekman, Z. physikal. Ch. B, 12. 1931. 67.

kesendatud võrega. 97 kuni ligikaudu 98,5 aatomprots Co esineb heterogeenne kahefaasi piirkond ja säält edasi kuni 100 aatomprots. Co ilmub II faas üksiheksagonaalse tihedama pakkimisega. Tabel 18. esinevad andmed on Jaapani teadlase A. Osawa poolt leitud (Science Rep. Tōhoku Univ. 19. 1930 115-120) 0-50 aatomprots. Co on kõver lineaarne (punn 8) ja avaldatav järgmise vānandi kaudu  $v = 11,70 - 0,35C$ . Vegard'i lausele vastav seos  $v = 11,70 - 0,80C$ . Ka ülepāānud kõvera osa on peaaegu lineaarne, kuid tõus on muutunud.

## II. Fe - Zn.

Zn lahub  $\alpha$ -Fe võres 0-15 aatomprots. Zn. 74,6 aatomprotsendil. Zn puures esineb  $\epsilon$  faasis, ühend  $Fe_3Zn_{10}$  ilma

Tabel 19

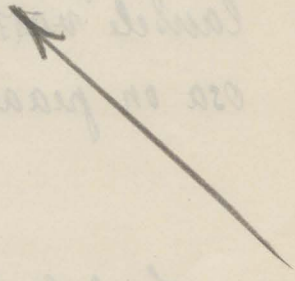
At % Zn	Faas	$a_1$	$a_2$	c	v.
0,0	$\alpha$ $\square$	2,847			11,54
2,3	$\alpha$	2,861			11,70
7,7	$\alpha$	2,863			11,73
12,3	$\alpha$	2,868			11,80
16,2	$\alpha + \epsilon$	2,883	8,900		12,06
33,0	$\alpha + \epsilon$	2,882	8,900		12,50
44,4	$\alpha + \epsilon$	2,880	8,900		12,80
74,6	$\epsilon$ $\square$ 52	8,900			13,56
87,7	$\eta$ $\hexagon$	2,788		4,481	15,08
100,0	Zn $\hexagon$	2,665		4,994	15,36

lahumise võimalusteta. Fe ja Zn võre ruumkesendatud kuubilise,

Homogeneous phase points



others



Cu-Be 15  
 Cu-Hg paar  
 Cu-Zn 35  
 Ag-Zn 40  
 Ag-Cd 44  
 Au-Zn 30  
 Pb-Tl 80  
 Ni-Co = 75

?  
 0  
 4  
 14  
 5  
 2

	80				4	
	= 75				≈ 20	

Fe-Zn 15  
 Fe-Co = 77

8  
 ≈ 1 1/2

mille elementaar-rakk sisaldab 52 aatomi.  $\gamma$  faas on heksagonaalse tihedama pakkimisega, homogeenne piirkonnas 87-92 aatomprots. Zn. Tabel 19. esinevad andmed on A. Osawa ja Y. Ogawa omad (Ewald-Hermann, Strukturbericht 562-563).

Piirkonnas 0-75 aatomprots. Zn on kõver, peaaegu lineaarne (joon 7). Väikesed kõvalkaldumised on demas, kuid seda võib katserigade arvele panna. Matemaatiliselt avaldub see seos järgmiselt:  $v = 11,54 + 2,76C$ . Vegard'i lausele vastav rõnand  $v = 11,54 + 3,82C$ .

Kokkuvõttes võib üldse sarnaste sulatiste puures, mille üks, komponent on kuubilise võreaga ja teine heksagonaalse tihedama pakkimisega, tähelepanna mõned väga huvitavad, nende sulatistele ühiseid omadusi. Esmalt võib ainult kõigi nende sulatiste puures konstateerida, et heksagonaalsete tihedama pakkimistega komponendid lahustuvad palju paremini kuubiliste võredega komponentides, kui kuubiliste võredega komponendid heksagonaalsetes. Täiend selle esineb siin rühmas teatud kompleks sulatise, millel on ühepalju faase, kuspuures vastavate faaside struktuurid on ka täiesti analoogsed. Sarnaste sulatiste hulka kuuluvad: Cu-Zn, Ag-Zn, Ag-Cd ja ühe faasi poolst erinev Au-Zn. Kõigil neil sulatistel hõilibu temperatuuri puures on 5 erinevat homogenset faasi, väljaarvatud kuufaasiline Au-Zn. Seda puure võiks veel tuua ühe puuduva faasiga sulatis Fe-Zn. Nimelt puudub sellel sulatisel tahkesendatud kuubiline faas.

Vaatamata suurele faaside arvule, on neile sulatistele vastavad kõverad võrdlemisi lihtsad, kusjuures näib, et ühele aatomile langevad ruumalad on peaaegu kõigi II rühma kuuluvate süsteemide juures sulatiste koostiste pidevad funktsioonid. Ainult  $\text{Au-Zn}$  juures esinevad mõned erilised hüpped. Üheks sarnase asiolu põhjuseks süin on kindlasti see, et andmed  $\text{Au-Zn}$  kohta on pärit kahelt lahustõõsaralt teadlaselt. Kupude juures võib tähele panna huvitavaid kumapärasusi: esiteks on kolme esimese II rühma kuuluva sulatise puhul kas täiesti ehk osaliselt tegu eksponentsiaalseostega:  $\text{Cu-Be}$ ,  $\text{Cu-Mg}$  ja  $\text{Cu-Zn}$ . Järgneva kolme sulatise juures vastavad kõverad osalt lineaarselt,  $\text{Ag-Zn}$ ,  $\text{Ag-Cd}$  ja  $\text{Au-Zn}$ . Edasi, kahe sulatise juures on maksim. Vegard'i lause:  $\text{Fe-Pb}$  ja  $\text{Ni-Co}$ , kusjuures võib tähelepanu juhtida asiolule, et nende kahe sulatise puhul vastavad komponendid on täiesti sama võrdedega.  $\text{Pb}$  ja  $\text{Ni}$  on mõlemad tahkkesendatud kuubiliste võrdedega,  $\text{Fe}$  ja  $\text{Co}$  võivad jälle esineda kas heksagonaalsete tihedamate pakkimistega või tahkkesendatud kuubiliste võrdedega. Järeldäanud kahe sulatise  $\text{Fe-Co}$  ja  $\text{Fe-Zn}$  juures on kõverad osalt lineaarsed.

### III. $\text{Cu-Mn}$

Röntgenograafiliselt on seda süsteemi Elis Persson uurinud. (Zetschr. f. phys. Chem. Bd. 9. 1930. 25-42). Tema leidis, et kõrge temperatuuri juures stabiilset  $\gamma$ - $\text{Mn}$  modifikatsiooni, kui ta vähese hulgaga  $\text{Cu}$  segatud on, võib karastamise teel harilikult toa tempe-

ratuuri puures stabiilsena hoida. Sarnastes tingimustes lahustub üle 16 aatomprots Cu. r-Mn võres. Cu võres lahustub 80 aatomprots ümber Mn. r-Mn - tetragonaalse tahkesendatud võrega. All järgnevas tabelis on antud pääle muude andmete veel üksikute segede puures karastamise ehk hõõgumise temperatuur ja hõõgumisaeg tundides.

Tabel 20.

At. % Mn	Faas	Karastamis- tempet.	hõõg- aeg	a	c	v
0,0	⊗	570	½	3,607		11,72
16,9		820	5	3,670		12,36
34,8		600	1	3,713		12,79
41,5		800	1	3,730		12,97
59,0		800	1	3,740		13,08
73,8		880	1	3,745		13,13
77,0		820	5	3,742		13,10
84,0	⊗	850	2	3,738	3,713	12,97
86,5		890	1	3,755	3,660	12,90
90,2		1000	3	3,763	3,629	12,87
90,7		940	1	3,763	3,617	
92,7		1030	½	3,761	3,595	12,76
96,4		1040	3	3,771	3,556	12,63
100,0						12,58

Heterogeense kahefaani piirkonna olemasolu ei ole kindel. Nimelt tuleb siin järgmine huvitar asiolu ilmsiks:  $\delta$ -Mn faasis, sulatistes Mn karastamisel läheneb umbes 80 aatomprots. Mn puures  $\frac{c}{a}$  vähele. Silt tuleks järeldada, et Cu faas läheb pidevalt üle  $\delta$ -Mn faasiks, ilma et vahetääl heterogeenset kahefaani piirkonda üldse esineks. Elis Pusson ei suutnud seda katseliselt tõestada, jättes sellega käesoleva küsimuse lahtiseks. Einar Öhman aga väidab, et see üleminek on kindlasti pidev. (Zetschr. f. phys. Chem. Bd. 8. 1930. 86)

Tabel 20. vastava kõvera (joon. 9) see osa, mis rästab  $\delta$ -Mn faasile, on peaaegu lineaarne ja avaldatav järgmise võrandi abil.  $v = 15,27 - 3,14c$ . Vegard'i lausele rästab seos  $v = 11,72 + 0,91c$ . Kõver on niisi huvitar oma kahe esilefulera esilise omaduse poolst. Esiteks on sulatistes Cu-Mn aatomile langer ruumala alati suurem kui ettearvatatud väärtus. Teiselt poolst veel haruldasem omadus, et 26 - 100 aatomprots. Mn on vähele aatomile langer ruumala suurem kui kumbagil puhtal komponendil.

### III. Fe - Mn.

Kuubilise tahkesendatud  $\delta$ -Fe modifikatsioon on 900-1411°C puures stabiilne. 15. kuni ligikaudu 70 aatomprots. Mn võib sulatistes  $\delta$ -Fe modifikatsiooni karastamise tel toa temperatuuri puures stabiilsena hoida. Hoopis raskem on  $\delta$ -Mn faasi karastamise tel toa temperatuuri puures stabiilsena hoida. Sulatistes Fe-Mn 78,5 aatomprots. Mn puures valmistatud preparaat, mille karastamise temperatuur 1150°C, ilmutas diagrammis  $\delta$ -Mn

jooni ühes  $\beta$ -Mn poonega. Kui nüüd võrrelda puhta  $\alpha$ -Mn ja antud segu võrekonstante, siis näeme, kui eeldame võrekonstantide muutumist lineaarselt, et umbes 70 aatomprots. Mn juures peaks  $\frac{c}{a} = 1$ .

Tabel 21

At. % Mn	Faas	$a(\alpha\text{-Fe})$	$a(\alpha\text{-Mn})$	$c(\alpha\text{-Mn})$	$v$
0,0	⊗	3,562			11,32
15,2		3,582			11,49
22,9		3,595			11,62
30,7		3,604			11,70
46,6		3,621			11,90
56,1		3,635			12,01
63,9		3,647			12,13
78,5	⊗		3,705	3,619	12,42
100,0			3,776	3,525	12,56

70 }  
91 }  $\alpha + \gamma$   
15,2 }

Sit tuleks eeldada, et kuubiline  $\alpha$ -Fe võre läheb pidevalt üle tetragonaalseks  $\alpha$ -Mn võreks, ilma et heterogeenset kahefaasi piirkonda üldse esineks. Kas see üleminek on pidev või pideetu, seda semini igatahes ei ole veel suudetud praktiliselt lähendada.  $\alpha$ -Mn modifikatsioonid kõrval esinevad madalama temperatuuril juures veel  $\alpha$ -Mn ja  $\beta$ -Mn modifikatsioonid.  $\alpha$ -Mn on kuubilise võrega, mille elementaarrahus 58 aatomi.  $\beta$ -Mn on ka kuubilise võrega, kuid elementaarrahu sisaldab ainult 20 aatomi.

Preparaadid mis said tund aega hoitud  $800^{\circ}\text{C}$  puures ja siis vees karastatud, kus puures Mn hulka nendes vähemalt oli 63 aatomprots. kõik röntgenograafilise uurimise puures diagrammides ainult  $\beta$ -Mn faasi.  $700^{\circ}\text{C}$  puures 24 tundi hoitud ja siis vees karastatud preparaadid ilmutavad diagrammides ainult  $\alpha$ -Mn faasi.  $700^{\circ}\text{C}$  puures  $\alpha$ -Mn ja  $\gamma$ -Fe heterogeenne kahefaasi piirkond oleku diagrammi järel 51-67,5 aatomprots. Mn.  $800^{\circ}\text{C}$   $\beta$ -Mn ja  $\gamma$ -Fe heterogeenne kahefaasi piirkond oleku diagrammi järel 63-67 aatomprots. Mn. Stõlematel juhusel on heterogeensed kahefaasi piirkonnad temperatuurist sõltuvad. Näesolevad andmed on Einar Öhman'i oma (Zetschr. f. phys. Chem. Bd. 8. 87-110 1930).  $\alpha$ -Mn ja  $\beta$ -Mn faasi kohta andmed alljärgnevas tabelis.

Tabel 21a

At % Mn	$\alpha$ ( $\alpha$ -Mn)	$\alpha$ ( $\beta$ -Mn)	$\nu$ ( $\alpha$ -Mn)	$\nu$ ( $\beta$ -Mn)
100,0	8,904	6,305	12,17	12,53
91,4	8,890	6,297	12,11	12,48
78,5	8,877	6,286	12,06	12,42
68,0		6,258		12,25
66,0		6,251		12,21
63,9	8,864		12,01	








Vastavad kõverad (joon. 9).  $\alpha$ -Mn faasile vastav kõver on

lähitud indeksiga  $\bar{I}$  ja  $\beta$ -Sn faasile vastav kõver indeksiga  $\bar{II}$ .  
 Nagu joomiselt näeme, on sulatise  $\delta$ -Fe -  $\delta$ -Sn vastav graafik täiesti lineaarne ja avaldatav järgmise seose abil.  $v = 11,32 + 1,4c$ .  
 Puhta  $\delta$ -Fe ühele aatomile langev ruumala on leitud ekstrapoleerimise teel  $v = 11,32$ , temale vastav võreparameeter  $a = 3,562$ .

### III. Cu - Sn

Süsteemi Cu-Sn puures esinevad faasid on analoogsed struktuurselt Cu-Zn faasidega.  $\alpha$  faas kuubilise tahkkesendatud võrega, homogeenne 0-9 aatomprots. Sn.  $\beta$  faas ruumkesendatud kuubilise võrega, tuleb ette kõrgema temperatuuri puures, hariliku temperatuuri puures aga homogeensena, teda võib hoida ainult karastamise teel.  $\delta$ -faasis esineb ühend  $Cu_{21}Sn_8$  kuubilise võrega, mille elementaar-rakk sisaldab 416 aatomi, homogeenne 20 aatomprots. Sn puures õige kitsas piirkonnas. Aatomi asetused selle faasi puures samad nagu  $Cu_5Zn_8$  ja  $Cu_9Al_4$ .  $\epsilon$ : ühend  $Cu_3Sn$  väga kitsa homogeense piirkonnaga heksagonaalse tihedatna pakkimisega.  $\eta$ : ühend CuSn heksagonaalse võrega, mille elementaar-rakus 4 aatomi, homogeenne ainult teatava Cu ülejääsi puhul, 45,6 aatomprots. Sn puures vordlemisi kitsas piirkonnas.  $\zeta$  faas Sn tetragonaalse ruumkesendatud võrega, mille elementaar-rakus 4 aatomi. Tabel 22 on  $\alpha$  faasis (foon 9) täidetud ringidega andmed H. Weiss'i omad (Ewald-Hermann Strukturbericht 5/6)

Tabel 22.

At % Sn	Faas	a	c	v.
0,0	$\alpha$ 	3,608		11,74
2,2	$\alpha$	3,627		11,92
3,3	$\alpha$	3,635		12,00
5,0	$\alpha$	3,652		12,18
7,0	$\alpha$	3,680		12,46
8,0	$\alpha$	3,693		12,60
15,0	$\beta$ 	2,970		13,10
20,0	$\gamma$ 	17,910		13,81
25,0	$\epsilon$ 	2,755	4,319	14,20
45,6	$\eta$ 	4,190	5,086	19,33
45,6		20,850	25,100	
100,0	Sn 	5,840	3,160	26,90

Muuliku ringikestega andmed A. Westgren'i ja G. Phragmen'i omad (Zetsch. f. Anorg. Chemie Bd. 175. 1928. 80-90).  $\eta$  faasis täidetud ringikestega andmed on pärit J. D. Bernal'ti, kes leidis et  $\eta$  faas heksagonaalne on, kusjuures elementaar-rakk sisaldab 530 aatomi. (Ewald-Hermann, Strukturbericht 548). Tabeli andmete valik on väga ladus. Üks defekt tuleb siin süsiki ilmsiks, nimelt on 45,6 aatomprots. Sn. juures esineva  $\eta$  faasi struktuuri määranud Westgren ja Bernal. Nende poolt leitud andmete põhjal arvutatud aatomite laagerd ruumalad erinevad üksteisest


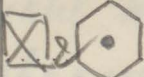


üle  $1 \text{ \AA}^3$ . Suurake on katseveaks liialt suur. Pääle selle on veel Bernal'i poolt leitud  $\delta$  faasis aatomile langer ruumala erinev Westgren'i poolt leitud väärtusest üle  $0,5 \text{ \AA}^3$ . Millest sarnased lah-  
kuminekud on tekkinud, selle kohta puudub selgus.

Kui nüüd üldiselt kokkuvõttes vaadelda III rühma kuulu-  
vaid sulatise, siis näeme, et kõigi süa rühma kuuluvate sulatis-  
te kohta on raske midagi ühiselt öelda. Nüpalju võib süski  
tähelepanna, et kõigi, s.o. arvatult kolme juhuse juures näi-  
vad aatomile langerad ruumalad sulatiste koostiste pide-  
vad funktsioonid olerat. Pääle selle võiks veel tähelepanu  
pühkida süsteemidele Cu-Mn ja Fe-Mn; Siin, nagu juba  
nende sulatiste juures üksikult mainitud sai, paistab üks  
enti humitar nähe ilmsiks tulerat. Nimelt näib, et sulatiste  
Cu-x-Mn ja x-Fe-x-Mn puhul üks homogeenne faas  
läheb pidevalt üle teiseks, ilma et vahepääl heterogeenset  
kahefaasi piirkonda üldse esineks. Näib, et x-Mn aatomid  
asuvad pärpest Cu või Fe tahkkesendatud kuubilisse võre-  
desse väimaks küllastuvad. Nende ja edaspidiste Mn aatomi-  
te juundetulekul hakkavad kuubid väljarehima, kus juures  
kuubiline tahkkesendatud võre muutub pidevalt tahkkesen-  
datud tetragonaalseks võreks. Edaspidised uurimised iga-  
takes näitavad, kas sulatistes, kus x-Mn esineb, üheks kom-  
ponendiks ja teiseks mingi metall kuubilise tahkkesendatud  
võreaga, üks homogeenne faas teiseks alati pidevalt üle läheb,  
või on see makses ainult Cu ja x-Fe korral.

### IV. Au - Mg.

Maailiku temperatuuri juures esineb neli kindlat homogeenset faasi, millest kaks struktuurselt tuntud on. Au vāres lahustub 0-17 aatomprots. Mg. 19,7-29,7 aatomprots. Mg. esineb homogeenne faas heksagonaalse lihedajna pakimisega. Puhas Mg. romboidilise vāuga, mille demontaanrak sisaldab vihe aatomi. Tabelis olevad andmed on H. Palst leidnud (Ewald-Hermann strukturbericht 561-562).

### Tabel 23.

Af % Mg.	Faas.	a	c	$\alpha$	v.
0		4,070			16,85
3,9		4,080			16,98
6,4		4,083			17,02
9,8		4,093			17,14
12,3		4,101			17,23
14,8		4,107			17,31
17,0		4,106			17,31
19,7		2,904	4,758		17,37
24,7		2,908	4,791		17,54
29,7		2,919	4,801		17,71
100,0		3,009		70° 33'	23,45.

Vaadeldes nendeli andmete le vastavat graafikut, nāeme et

käesoleval juhul nende tuntud kahefaasi piirkonnas on aatomi-  
 le langeva ruumala muutus salalise kvastise lineaarne funktsi-  
 on (foon 10). Matemaatiliselt avaldaks see seos järgmiselt:  
 $v = 16,85 + 3C$ . Peenemõõtmiselt Vegard'i lause põhjal arvutatud  
 väänd aaga omaks kuju  $v = 16,85 + 6,6C$ .

IV. Cu - Sb.

Cu värs hantiku temperatuuri puures lahustub 0-4 aatom-  
 prots. Sb. Järgmine homogeenne faas esineb 19-25 aatom-  
 prots. Sb, heksagonaalse tihedama pakkimisega. 30 aatom-  
 prots. Sb puures esineb Cu<sub>2</sub>Sb tetragonaal-võrega, mille  
 elementaar-rakk sisaldab 6 aatomi. Sb on eriti romboedri-  
 lise võrega, mille elementaar-rakk sisaldab 8 aatomi, kuspuures  
 tema võres üldse ei lahustu Cu. Alljärgnevas tabelis esinevad  
 A. Westgren'i, G. Hagg'i ja S. Eriksoni andmed (Zetschn. phys.  
 Chem, Bd. 4. 1929. 453-461)

*Handwritten notes:*  
 Kivimäe & Kauri  
 Jõnis, Phil. Mag.  
 9.19.28. 995

Tabel 24.

At% Sb.	Faas	a	c	$\alpha$	v.
0,0	$\alpha$ $\boxtimes$	3,608			11,74
4,0	$\alpha$	3,660			12,26
19,0	$\epsilon$ $\hexagon$	2,720	4,320		13,84
25,0	$\epsilon$	2,750	4,349		14,25
25°		2,770	4,367		14,51
33,3	$\zeta$ $\square$	3,990	6,170		16,37
100,0	$\zeta$ $\boxtimes$	6,226		87°24'	30,08





Päale ülpool mainitud teadlaste, uurisid käsolevat sulatist 25 aatomprots. Sb puures Morris, Jones ja Evans. Nad leidsid, et sääl peaks esinema ühend  $Cu_3Sb$  heksagonaalse tihedama pakkimisega (Ewald-Hermann, Strukturbericht 596). Graafikus on neile andmetele vastav ringike täidetud (foon 10). Kõvera iseloomu ligemalt uurides näeme, et praegusel korral on tegu teoreetiliselt ettearvatud eksponentsiaal seosega -  $v = 11,74 \cdot 1,01^c$  (foon 13). Teised andmetele vastavad täpid sobivad kõik teoreetilise kõveraga, ainult 25 aatompr. Sb puures ei taha Westgren'i ega ka Evans'i poolt leitud saadus hästi sobida eksponentsiaal-seosega.

#### IV. Ag - Sb.

Ag võres lahustub hõlpsasti temperatuuri puures kuni 5 aatomprots. Sb. 10-16 aatomprots. Sb esineb homogeenelt  $\epsilon$  faas heksagonaalse tihedama pakkimisega.  $\epsilon'$  on homogeenne 20-25 aatomprots. Sb puures. Võre on rombilise struktuuriga, elementaar-rakk sisaldab 4 aatomi. Sb. võres Ag üldse ei lahustu. Tabel 25. olevad andmed on H. Westgren'i, G. Mägg'i ja S. Eriksoni omad (Zitseh. phys. chem. Bd. 4. 1929. 461). Andmetele vastav kõver on täiesti kunapärane (foon 11). Matemaatiliselt avaldub ta järgmise eksponentsiaalse seose abil:  $v = 16,95 \cdot 1,54^c$  (foon 13).

Teoreetiliselt määrutatud väärtus  $v = 16,95$ .  $1,77^\circ\text{C}$

Tabel 25.







At % Sb	Faas	a	b	c	$\alpha$	v.
0	$\alpha$ 	4,078				16,95
5	$\alpha$	4,113				17,39
10	$\xi$ 	2,921		4,775		17,68
13	$\xi$	2,934		4,780		17,89
16	$\xi$	2,959		4,786		18,14
20	$\xi'$ 	2,981	5,196	4,802		18,59
22	$\xi'$	2,983	5,216	4,808		18,70
24,5	$\xi'$	2,985	5,237	4,820		18,83
25	$\xi'$	2,988	5,239	4,842		18,99
100	Sb 	6,226			$87^\circ 21'$	30,07

#### IV. Fe - Sb.

$\alpha$ -Fe vääres lahustub 3. aatomprots. ümber Sb.  $\xi$  faas on homogeenne.  $600^\circ\text{C}$  juures, piirkonnas 43-46 aatomprots. Sb; heksagonaalse vööga, elementaarüksus aatomite arv on muutlik.  $\xi$  faasis esineb ühend  $\text{Fe Sb}_2$ , homogeenne ainult 66,7 aatompr. Sb juures, rombiline vööga, mille elementaarüksus 6 aatomi.  $\eta$  on puhta Sb vööga lahutamise võimaluseta. Siin kasu-

tatarad andmed on G. Mägg'i omad (Ewald-Hermann Struktur. 577-578).

Tabel 26.

At % Sb	Faas	a	b	c	$\alpha$	v.
0,00	$\alpha$ 	2,860				11,70
3,00	$\alpha$	2,886				12,02
43,91	$\epsilon$ 	4,105		5,145		16,76
45,12	$\epsilon$ 	4,095		5,138		16,96
46,00	$\epsilon$ 	4,079		5,131		16,99
66,70	$\zeta$ 	3,189	5,819	6,520		20,23
100,00	Sb 	6,226			$87^{\circ}24'$	30,07

Neile vähestele väärtustele vastab väga lihtne kõver (joon 11).  
Matemaatiliselt võib 0-67 aatomprots. Sb. - seda seost aval-  
dada pärgmise eksponentsiaal võrandiga  $v = 11,70 \cdot 2,57^c$ .  
Teoreetiliselt ettearvatatud seos  $v = 11,70 \cdot 2,57^c$   
Siin näeme, et teoreetiliselt ja praktiliselt leitud seosed  
erinevad üks teisest õige vähe.

Kokkuvõttes võib kõigi neljandasse rühma kuuluvate  
sulatiste kohta väelda, et sin kõigil juhtudel on tegu sar-  
naste kõveratega, millele vastavaid seoseid leatavas piir-  
konnas ehk lühes ulatuses võib matemaatiliselt avaldada.  
Pääle selle kõigi nende juhtuste juures, kus sulatistes tei-  
ne komponent on Sb, Cu-Sb, Ag-Sb ja Fe-Sb, tuleb



kas teatavates piirkondades või terves ulatuses tege eksponentsiaal-seostega. Ainsa defektina tuleks siin märkida, et süsteemis Cu-Sb <sup>25?</sup> 33 aatomprots. Sb puures leitud väärtuste põhjal arvutatud aatomile langer ruumala ei taha kuigi hästi sobida vastava eksponentsiaal-seosega. Võib ju olla, et siin tõeliselt sarnane kõvalekalle esineb. Selle poolt iga-ahes näägit asiolu et selle sulatise kontsentratsiooni puures isegi kahe teadlase poolt leitud andmetele vastavad aatomile langerad ruumalad ei taha kumbgi sobida selle seosega. Lõpuks võiks veel nimetada, et süsteemidel Cu-Sb, Hg-Sb ja Fe-Sb esinevad kõigil nihelalju homogeeniseid faase, kuid struktuurilt on nad süiski erinevad, selle puures võib lähe-panna, et Sb võres teiste komponentide võred ei lahustu üldse.)

### V. Cd-Mg.

Süsteemi Cd-Mg uuris U. Dehlinger ja nimelt kahel ensugusel viisil (Zetsch. f. anorg. Chem. Bd. 194. 1930. 223-238) Entens hoidis ta struktuurimääramiseks tarrisminevad proovid 4 nädalat 300°C puures ja karastas viis päärees. Seepuures ta leidis, et Cd võres lahustub 0-25 aatomprots. Mg ja Mg võres 0-68 aatomprots. Cd, Cd ja Mg on mõlemil võred heksagonaalsete tihedamate pakkimistega. Vastavad andmed tabel 27. Neile andmetele vastav kõver (joon 12, indeksiga I). Teisel puhul struktuuri määramiseks tarrisminevad proovid said 4 nädala pooksul


sulamise punktist kuni toa temperatuurini, aeglaselt jahutatud.

Tabel 2f.

At% Mg	Faas	a(Cd)	c(Cd)	a(Mg)	c(Mg)	v
0		2,96	5,63			21,36
20		2,96	5,63			21,36
30		2,95	5,59	3,06	4,98	20,81
33		2,95	5,59	3,07	5,01	20,77
40		2,95	5,59	3,08	5,02	20,67
42				3,09	5,03	20,80
55				3,10	5,05	21,01
65				3,14	5,10	21,77
80				3,18	5,15	22,55
100				3,19	5,16	22,74

Vastavad andmed alljärgnevas tabelis 2fa.



Tabel 2fa

At% Mg	Faas	a(Cd)	c(Cd)	a(Mg)	c(Mg)	v
25		2,93	5,52			20,52
33		2,94	5,55			20,77
50		2,94	5,54			20,73
50*				3,07	4,97	20,38
65		2,93	5,53	3,10	5,02	20,72
75				3,13	5,07	21,51

Joomisel vastar kõver indeksiga II märgitud. Pääle selle kons-  
 tateris Dehlinger mõne proori puures õige huvitavat fakti.  
 Nimelt leidis tema, et kui 50. aatomprots. Mg puures sulatist  
 tugevasti taquda, siis see Cd struktuuriga preparaadil muutub  
 omalt värelt Mg väreks. Tabelis 27a on neile andmetele vastar  
 aatomprots. Mg märgitud pärjmise lähisega\*. Sulatises 33 aa-  
 tomprots. Mg puures kordub taqumise taqapärjel sama nähe,  
 kuid pilt ei ole enam nii käielik. Väre muutumisega tuleb veel  
 üks väga imelik nähe esile. Nimelt väheneb sulatises 50 aa-  
 tomprots. Mg puures taqumise taqapärjel aatomile langer  
 ruumala üle  $0,5 \text{ \AA}^3$ . Sulatises 65 aatomprots. Mg  
 puures tuleb veel üks iseärasus ilmsiks. Sääil preparaat  
 näitab kepikeste osas Cd vöret nhes ülistruktuur poontega,  
 $a = 2,93$  ja  $c = 5,53$ . Keppi sest vöetud preparaat aga näitab  
 Mg vöret  $a = 3,10$  ja  $c = 5,02$ . Siin on üldusel, et sulatises  
 65 aatomprots Mg puures enireks kumbgi vöre elementaar-ranke  
 nhepalpa, arvutatud aatomile langer ruumala. Graafikul  
 näeme tise kõvera puures, et sama oletuse pärle arvutatud  
 väärtus sobib kaunis hästi teiste andmetega. Pääle selle  
 esinevad veel kaks vahepäälset ühendit CdMg<sub>3</sub> ja Cd<sub>3</sub>Mg.  
 Enne Dehlinger'i on seda süsteemi veel uurinud G. Natta.  
 (Ewald-Hermann Strukturbericht 565-566). Ka teua poolt val-  
 mistatud preparaadid said karastatud külmas vees. And-  
 mete iseloomu pärle näib, et heterogeenne kahefaari püri-  
 kond esineb 20-70 aatomprots. Mg puures.

Järgnevas tabelis 276 esinevad Natta andmed.

Tabel 276

At % Mg	Faas	a(Ca)	e(Ca)	a(Mg)	e(Mg)	v.
0		2,98	5,63			21,66
5		2,99	5,62			21,76
15		2,99	5,64			21,82
30		3,01	5,65	3,14	5,10	22,09
50		3,01	5,34	3,14	5,10	21,45
70				3,15	5,12	21,98
80				3,15	5,12	22,08
100				3,20	5,20	23,04




Näide andmetele vastav kõver on märgitud indeksiga III. Kui nüüd vaadelda käesoleval juhul neid kolme kõverat, siis näeme, et kõik nad erinevad üksteisest väga suurel määral. Kindel on, et katserigadena neid erivari süsiki ei saa võtta. Sellest tuleks eeldada, et aatomile langev ruumala, vähemalt praegusel juhul, ei ole ainult suhteliselt erinev, vaid erineb ka pääle selle veel nendest tingimustest, mille juures raskar preparaat on valmistatud. Eriti teravalt tuleb see nähe sulalises 50. aatomprots. Mg juures ilmsiks, kus kaotud preparaadi aatomi pääle langev ruumala erineb hariliku preparaadi aatomile langevast ruumalast

üle  $0,5 \text{ \AA}^3$ . Pääle selle tuleb siin ilmsiks, et kõigi nende kolme puhuse puhul kõverad õige keerulised on. Kuju poolt näivad need kõverad süiski kõik kaunis sarnased olevat.

### vi. Cd-Mg.

Manliku temperatuuril puures eksisteerivad kaks kindlat <sup>tahket?</sup> homogeenet faasi piirkondadega 0-20 aatomprots. Mg ja 36-65 aatomprots. Mg. Esimeses piirkonnas eksisteerib Cd võre heksagonaalse lihedaõna pakkimisega. Teises piirkonnas asub ruumkesendatud tetragonaalne võre. Hõlmates piirkondades, vaatamata nende suurusele, ei muutu võrekonstandid märgatavalt sulatise kontsentratsiooni muutumisel. Alljärgnevas tabelis esinevad B.F. Sehl'i andmed (Ewald-Kermann, Strukturbericht 569-570)

Tabel 28.







Mt % Mg.	Faas	a	c	$\alpha$	v
0		2,98	5,63		21,66
20		2,98	5,63		21,66
36		3,93	2,90		22,39
65		3,93	2,90		22,39
100		3,01		$70^{\circ} 33'$	23,45

Vaadeldes sulatist Cd- $\text{Hg}$ , näeme, et teema puhaste komponentide aatomile langevad ruumalad erinevad märkamatult üks teisest. Vaatamata sellele analüüsi näeme aga, et homogeenses faasis sulatise kontsentratsiooni muutumisel nhele aatomile langev ruumala püsib konstantena. (joon 12). Missugused sümptomid põhjused sulatises seda esile kutsuvad, ei ole igatahes praegu selgunud.

## VI. $\text{Te} - \text{Sb}$ .

$\alpha$ - $\text{Te}$ , võre heksagonaalse tihedama pakkimisega. Temas lahustub kuni 8 aatomprots.  $\text{Sb}$ .  $\beta$ - $\text{Te}$ , kuubilise tahkkesendatud võrega - stabiilne ainult üle  $226^\circ \text{C}$ . Kasvab aga  $\text{Sb}$  kuni 11 aatomprots., siis võime  $\beta$ - $\text{Te}$  faasi homogeensena hoida ainult temperatuuril jures väga kitsas vahemikus.  $\gamma$ - on vahepealne ühend,  $\text{Te}_7\text{Sb}_2$  lahustamise võimalusteta  $\text{Te}$  või  $\text{Sb}$ , rombilise ruumkesendatud võrega, mille elementaarvaks 54 aatomi.  $\text{Sb}$  võres lahustub kindlasti vähem kui 25 aatomprots.  $\text{Te}$ . Need on E. Persson'i ja A. Westgren'i andmed - (Sverald-Hermann-Strukturbericht 600) alljärgnevas tabelis esinevad veel

Tabel 29.

At % $\text{Sb}$ .	Faas	$a$	$c$	$\alpha$	$v$
0,0	$\alpha$ 	3,45	5,513		28,40
11,0	$\beta$ 	4,84			28,38
22,2	$\gamma$ 	11,59			28,83
28,0		3,86			28,76
31,0		3,85			28,53
100,0	$\text{Sb}$ 	6,23		$87^\circ 24'$	30,08

G. Barth'i poolt leitud väärtused. Tema leidis, et 31 aatomprots. Sb ja 28 aatomprots. Sb puures esinevad vahetäälised ühendid  $Sb_{11}$ ,  $Sb_3$  ja  $Sb_{23}$ ,  $Sb_9$ , mõlemad ruumkesendatud kuubiliste väredega. Westgren ja Persson väidavad, et mõlemad need ühendid on eutektilised. Graafikul (joon. 12) on Barth'i andmed märgitud väli mustade ringikestega. Muide, praegusel juhul vähestel andmetel tõttu, mis erinevad ka veel kitsas piirkonnas, on kõvera neljakuu kohta midagi raske ennustada.

VII. Sn - Sb

Sn faasis lahustub 0-8 aatomprots. Sb.  $\beta$ -faasi homogeenne piirkond 40-54 aatomprots. Sb. kuubilise värega, mille

Tabel 30.

At % Sb	Faas	$a_1$	c	$a_2$	$\alpha$	$v$
0	$\alpha$ 4.	5,818	3,177			26,88
6	$\alpha$	5,830	3,183			26,97
20	$\alpha + \beta$	5,836	3,186	6,126		27,73
45	$\beta$ 8.			6,124		28,71
50	$\beta$			6,120		28,65
52	$\beta$			6,115		28,58
80	$\beta + \delta$	6,220		6,110	86° 30'	29,51
93	$\delta$ <del>8.</del>	6,215			86° 36'	29,86
96	$\delta$	6,225			86° 54'	30,02
98	$\delta$	6,220			87° 00'	29,96
100	$\delta$	6,220			87° 24'	30,02

Substituted andmeterya

het. faasidete

hom. faasidete

Älterweise alus

Cu-Ag

Cu-Co

Ag-Cd

✓ Fe-Ni

Ag-Cd

Fe-Zn

Cd-Mg

Sn-Sb

8

Cu-Au

Cu-Pd

Cu-Al

Ni-Al

Cu-Zn-Oswen & Preston, Proc. Phys. Soc.

London 36. 1923. 52-56  
(43.0 at% Zn.)

Fe-W

Cu-Pb

Cu-Mg

Cu-Sn

Ag-Zn

Cu-Zn

Tl-Pb

Ni-Co

Fe-Co-Osawa, Sci. Rep. Tohoku Univ.

19. 1930. 115-121. (80% Cu-Mn)

Fe-Mn-Ohman, Z. physical. Ch. B. 8. 1930. 96 (7.0; 9.1; 15.2 at% Mn.)

Cu-Hg

Cu-Sb-Howells & Morris-Jones, Phil. Mag. 9. 1930. 995-996 (12 at% Sb.)

Ag-Sb

Fe-Sb

Cu-Hg

Tl-Sb

22

Pabst, Z. physical. Ch. B. 3. 1929. 450 (20% Hg.)

Pb-Bi Solomon & Jones, Phil. Mag. 11. 1931. 1095 (20% Bi.)

14

Verl. Hg

17

elementaar-rakus 8 aatomit, kusjuures temas esineb ühend SnSb. 8 faas on Sb võre; homogeenne piirkonnas 90-100 aatomprts. Sb. Tabel 30 on E. G. Bowen'i ja W. Morris Jones'i andmed. (Phil. Mag. <sup>12</sup> 77. 1931. 441-462). Nende andmete järel konstrueeritud võre on väga sarnane Cu-Pd vastava võreaga. Kas see sarnasus on juhuslik, või on ta mõnel muul põhjusel esile kutsutud, ei ole igatahes praegu teada. Pääle selle võiks veel nimetada, et see võre tehes oma ulatuses asub ülevalpool Vegard'i lausele vastavat sirget. Muide, üksikute seade puhul leitud aatomile langevad ruumalad sobivad väga hästi. Igatahes sarnasid defekte ei tule ilmsiks, mis kuidagi lubaks võre pidetust üldada.

### 10. Lõppkokkuvõte.

Metalliliste sulatiste hulka, mis siin käsitletud, ei ole mitte väga suur; seetõttu ei tohi ka ju päris kindlasti üldada, et korrapärasused, mis nende süsteemide puhul maksivad on, oleks üldised. Pääle selle on suure hulga sulatiste kohta nende seast kaunis vähe andmeid. Iseäranis kahvatsemiseväärt on olukord, et just heterogeensete kahefaasi piirkondade kohta on võrdlemisi vähe tarrisminevaid andmeid leitud. Üldiselt aga paistab, et kõikide sulatiste juures maksab oletus, et ühele aatomile langevate ruumalade muutumised on sulatiste

lisanite hulcadest

võrreldes tavalisemini erinõueti andmeid  
puhtest komponentidele,

võre muutus → suuremaks

koostiste pidevad funktsioonid. Kuid üksikult neid süsteeme vaadeldes näeme, et sääl süski pidevuse mõttes tulevad mõnel juhul erilised defektid ilmsiks. Nimelt just neil juhtumel, kus ühte süsteemi sama sulatise kontsentratsiooni juures on uurinud mitu teadlast, kuid andmed, mis nad leidnud, on mõnel juhul niivõit erinevad üksteisest, et seda kuidagi viisi ei saa katsevigade arvele kirjutada. Sarnaseid defekte võime järgmiste sulatiste juures tähele panna:  $\text{Cu-Sn}$ ,  $\text{Cu-Sb}$  ja eriti  $\text{Mg-Cd}$ .

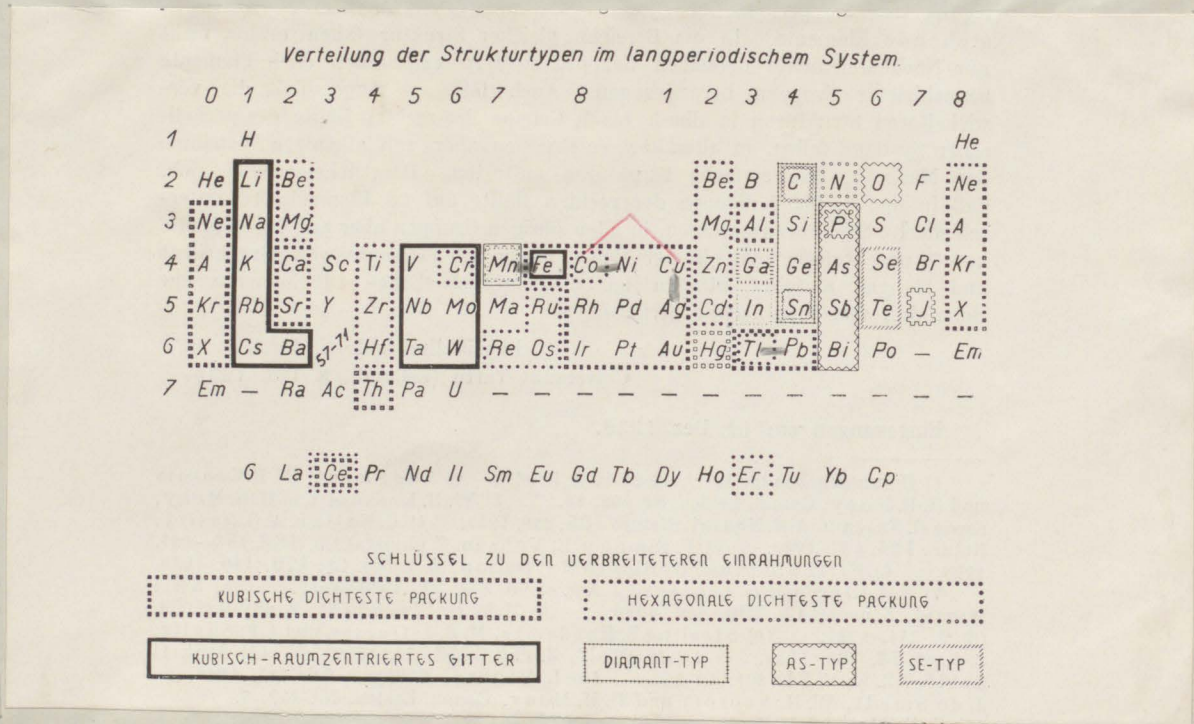
Näisuguse olukorra juures on ainult üks võimalus veel olemas. Tuleks eeldada, et vähemalt mõnes sulatises sama kontsentratsiooni juures aatomile langeva ruumala on olemas teatud määral preparaadi valmistamise viisist. Eriti lubab seda oletust põhendada Dehlinger'i poolt  $\text{Mg-Cd}$  juhul kahel viisil 50 aatomprots.  $\text{Cd}$  juures valmistatud preparaadi uurimise tagajärjed. Süsteemis  $\text{Mg-Cd}$  50. aatomprots.  $\text{Cd}$  juures tuli kahel viisil preparaadi valmistamise tagajärjel, pääle aatomile langeva ruumala tuntava muutumise, veel võre muutus esile. Sarnase oletuse põhjal on võimalik igatahes ka neid defekte selgitada, mis esile tulevad  $\text{Cu-Al}$  ja  $\text{Au-Zn}$  vastavate kõvete juures, teiste teadlaste andmete kasutamisel. Teiselt poolt võib süin mainida, et alati ei ole igatahes sarnaseid lahkuminekuid esile tulnud sama, kahte moodi valmistamise tõttu. Näiteks  $\text{Fe-Ni}$  juures Osawa uuris samu preparaate



ükskord toa temperatuuris puures ja teine kord vedela õhu temperatuuris puures. Saadused erinesid üksteisest niivõrd vähe, et seda erinevust võib kindlalt katsevigade piirkonda lugeda. Kuivõrt need mõlemad analüüsi põhjendatud, seda igatahes on võimalik siis kindlaks teha, kui saaks teadlaste poolt vastavate andmete leidmise puures ka niivõrd katsevead määratud. Kahjuks aga on seni väga vähestel juhtudel katsevead määratud. Sellega on kõverate konstrueerimisel sageli võimalik veigi liiga julgelt toimitud. Põhjuseks on igatahes asiolu, et nende kõverate konstrueerimise puures on lähtutud seisukohast, et nad peaks väärtlemisi lihtsad saama. Vaadeldes nüüd edasi, kuidas on loogu heterogeenses kahefaasi piirkondades kõverate pidevusega, siis näeme, et oletus vähe ruumigrupi lineaarselt teiseks muutumise kohta näib vähemalt nende süsteemide puures maxseer olevat, mille kohta siin oli võimalik seda teooriat rakendada. Need süsteemid olks: Cu-Ag, Cu-Co, Ag-Al, Ag-Cd, Fe-Zn, Cd-Mg ja Sn-Sb. Kõigi nende sulatiste puhul näeme et heterogeenses kahefaasi piirkondades selle teooria põhjal arvutatud aatomite langemad ruumalad sobivad väga hästi naabruses homogeensetes faasides olevate vastavate väärtustega. Nende süsteemide pärale otsustades võib üelda, et heterogeenses kahefaasi piirkondades on vastavad kõverad alati pidevad, kui veel meletuleb. Alpool mainitud



oletust, et üks ruumigrupp muutub teiseks lineaarselt, siis võib veel öelda, et kõverad on pidevad ka homogeensete faaside ja heterogeensete kahefaasi piirkondi eristavates täppides. Kõike seda arvesse võttes võib öelda, et sama katse tingimuste juures on nhe aatomi pääle langevad ruumalad alati sulatiste kuostiste pidevad funktsioonid. Vaatleme nüüd edasi, kuidas oli nende süstemide puhul lugu Vegard'i lause maksrusega. Kõigi nende 30 süsteemi puhul oli Vegardi lause enamvähem maksse ainult 5. sulatise juures, need oleks: Cu-Ag, Cu-Co, Fe-Pb, Ni-Co ja Fe-Mn. Märitav on siin juures märkida, et kõigi nende süstemide juures iga sulatise komponendid arvavad struktuurtüüpide tabelis, ristseis naabruses, väljapaaritud Cu-Co.



Pääle selle, väljaarvatud Cu-Ag, on igal üksikul süsteemil puhaste komponentide atomile langevad ruumalad teineteisest vähe erinevad. Üldse võib siin tähelepanna asiolu, et sarnaste süsteemide puhul, kus puhaste komponentide atomile langevad ruumalad teineteisest vähe erinevad, kõverad väga vähe lahkumised on Segard'i sirgest, nänt<sup>3</sup> Ag-Al, Fe<sup>4</sup>-Ni, Fe<sup>8</sup>-Co. Nende süsteemide juures aga komponendid asuvad struktuurtüüpide tabelis jälle võrdlemisi üksteise lähedal. Väljavõttena siin esineb ainult Ag-Al. Vaatame nüüd edasi punkte, kus atomile langevad ruumalad sulatistes on alati vähemad kui ettearvatatud väärtused. Sarnaseid sulatise, nagu näeme, esineb siin kõige rohkem s.o. 14: Ag-Al, Ni-Al, Fe-W, Cu-Be, Cu-Ag, Cu-Zn, Ag-Zn, Ag-Cd, Fe-Zn, Cu-Sn, Au-Mg, Cu-Sb, Ag-Sb ja Fe-Sb. Selgitada seda nähet võib järgmiselt: Nimelt siin sulatiste võrdel oleval erinev omadus kokkutõmbuda, mille tagajärjel atomile langev ruumala on alati vähem kui ettearvatatud väärtus. Pääle nende esineb veel 5 sulatist, mille puhul on tegelikult atomile langevad ruumalad teoreetiliselt ettearvatatud väärtustest suuremad, Cu-Au, Fe-Ni, Fe-Co ja Cu-Mn ning Sn-Sb. Siin näeme, et teiseks komponendis kõigi nende sulatiste puhul on kas Fe või Cu, väljaarvatud Sn-Sb. Siin tulevad ilmsiks võrede paisu-

mised sulatistes, mille tagajärjel aatomile langevad ruum-  
 alad on alati suuremad kui ettearvatud väärtused.  
 Pääle nende puhude on siin veel terve rida sarnaseid,  
 kus osa aatomile langevast ruumaladest on vähemad kui  
 ettearvatud, ja teine osa jälle suuremad. Sarnaseid puh-  
 tumeid on siin 5: Cu-Pd, Au-Zn, Cu-Al, Ag-Cd ja  
Cd-Hg. Nagu sütt näeme, ei ole võimalik ühtegi neist  
 reeglitest üldistada. Kõige rohkem tuleb küll neid puh-  
 tumeid ette, kus aatomile langevad ruumalad on vähe-  
 mad kui ettearvatud väärtused, neid üldistada seda  
 süski ei saa, sest teised puhud summas moodustavad  
 süski suurema osa sulatistest. Struktuuritüüpide tabeli  
 järele ei ole nende süsteemide puures, väljaarvatud need  
 puhud, kus maksver Vegard'i lause, ka mingit erilist  
 reeglipärasust näha. Võtame nüüd veel käsutsele küri-  
 mise, kuidas on lugu nende vaadeldavate seoste mate-  
 maatilise väljendamisega. Vegard'i lause puhul on loo-  
 mulikult tegu lineaarseostega. Edasi näeme, et õige mit-  
 mel puhul on tegu eksponentsiaalsetega: Cu-Be ja  
 Cu-Sb. Mõlemates sulatistes on Cu üheks komponendiks.  
 Pääle nende on teatavas piirkonnas eksponentsiaal-seos  
 maksver pärjmiste sulatiste puures: Fe-W, Cu-Ag, Cu-Zn,  
 Ag-Sb, Fe-Sb. Struktuuritüüpide tabelisse vaadates näe-  
 me, et Be, Ag, ja Zn kõik arvud ühel veerul, nad on  
 kõik heksagonaalsete tihedamate pakkimistega. Üldiselt

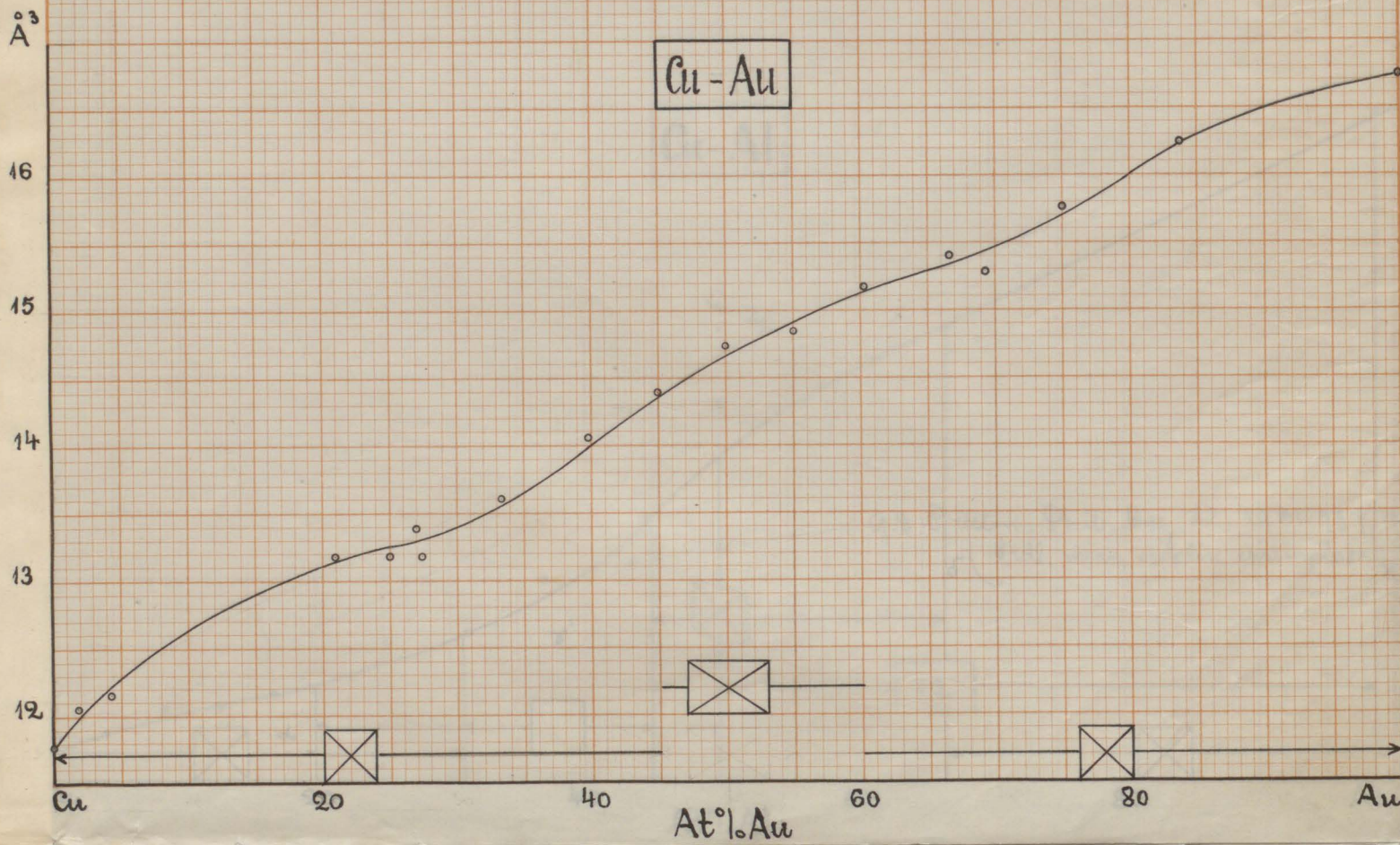
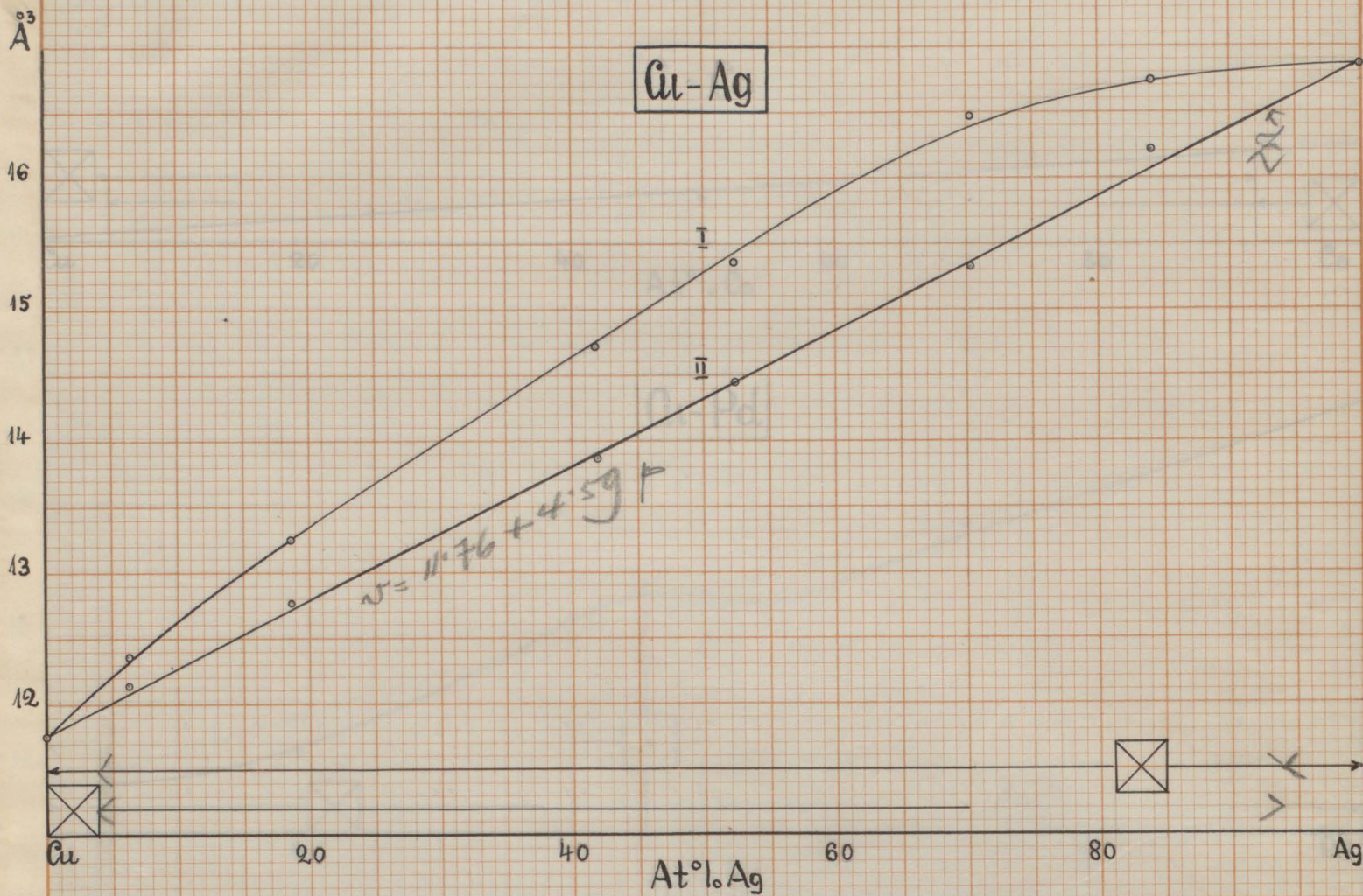
võib üelda, et just enni nende sulatiste juures näib sageli eksponentsiaal-seostega tegu olevat, kus üheks komponendiks on kas Cu või Sb. Pääle nende juhtude esineb veel terve rida sarnaseid sulatisi, kus osalt makses lineaarne seos: Cu-Pd, Cu-Al, Ag-Al, Ni-Al, Ag-Zn, Ag-Cd, Fe-Zn, Fe-Co, Cu-Mn, Au-Hg ja Cd-Hg.

Süü näeme, et peaaegu kõigil juhtudel on tegu vähemalt teatavas piirkonnas kas lineaarse seosega või eksponentsiaal-seosega. Juurde võiks siin märkida, et nende sulatiste juures, kus aatomile langes ruumala on vähem kui teoreetiliselt ettearvatud väändusest, terves piirkonnas lähendab eksponentsiaal kõver igatahes parumini tõelist kõverat kui sirge. Kui nüüd aga lõpuks esitada küsimus, kuidas siis õieti tuleks põhpendada sarnaseid aruteluid, et mõnel juhul on meil kõverate juures tegu paisumise nähetega, teisel jälle kahanemisega ja teatavatel korral ei erine kumbagi neist nähetest, vaid makses on Vegard'i lause. Selle küsimuse pääle võib kahjuks ainult osaliselt vastata. Nimelt põhjuseks mis sarnasend nähteid erile loob, on kindlasti sulatistes aatomite vahel valitsevad jõud, mis aga on erinevad komponentidest. Kahjuks aga seni ei ole veel selgitatud, missugused jõud sulatistes aatomite omavahel valitsevad ja kuidas need ilmuvad on ainult osalt nende jõudude tagajärjel ilmsiks tulevaid seoseid matemaatiliselt s.o. sarnaseid juhtumeid, kus makses

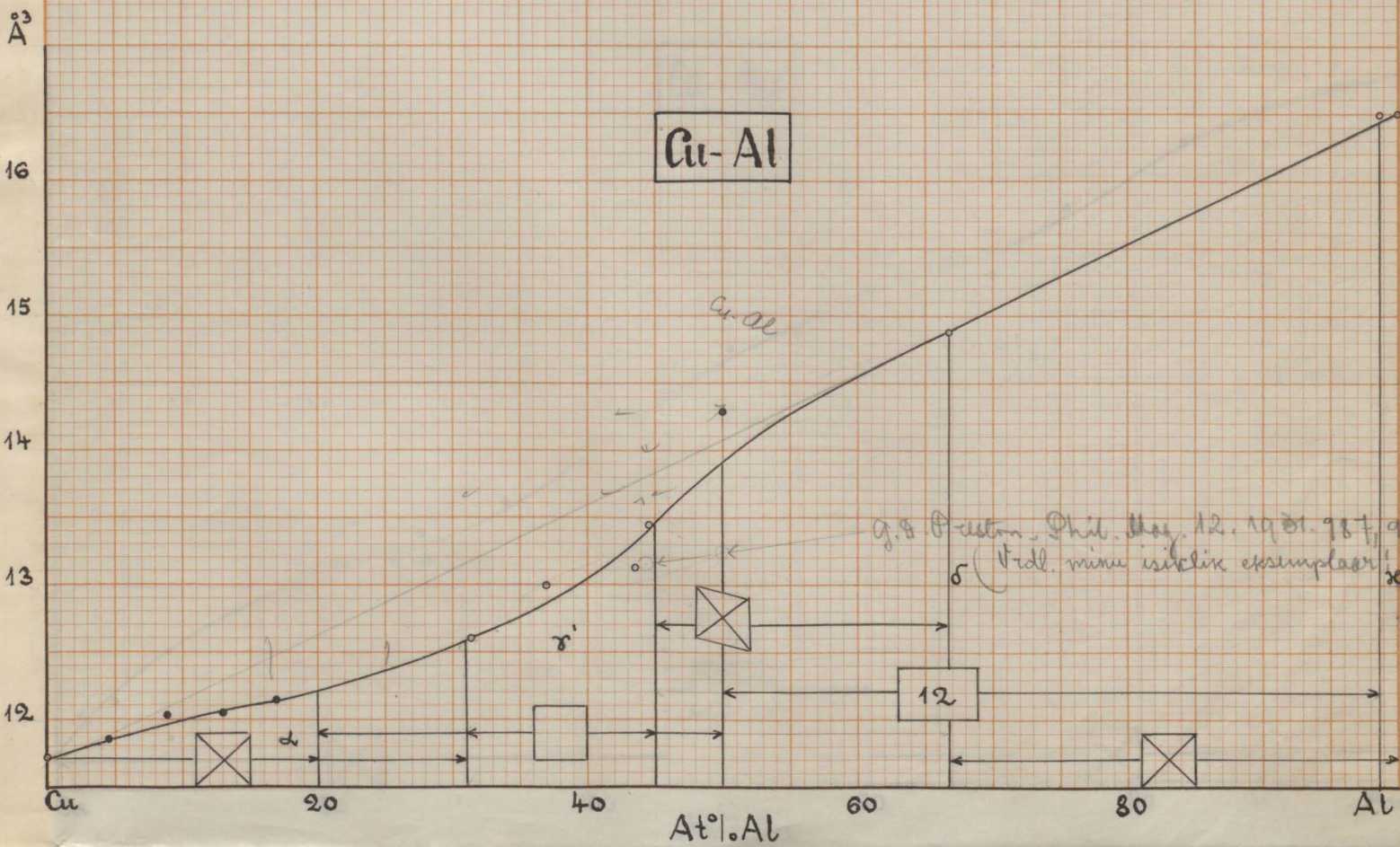
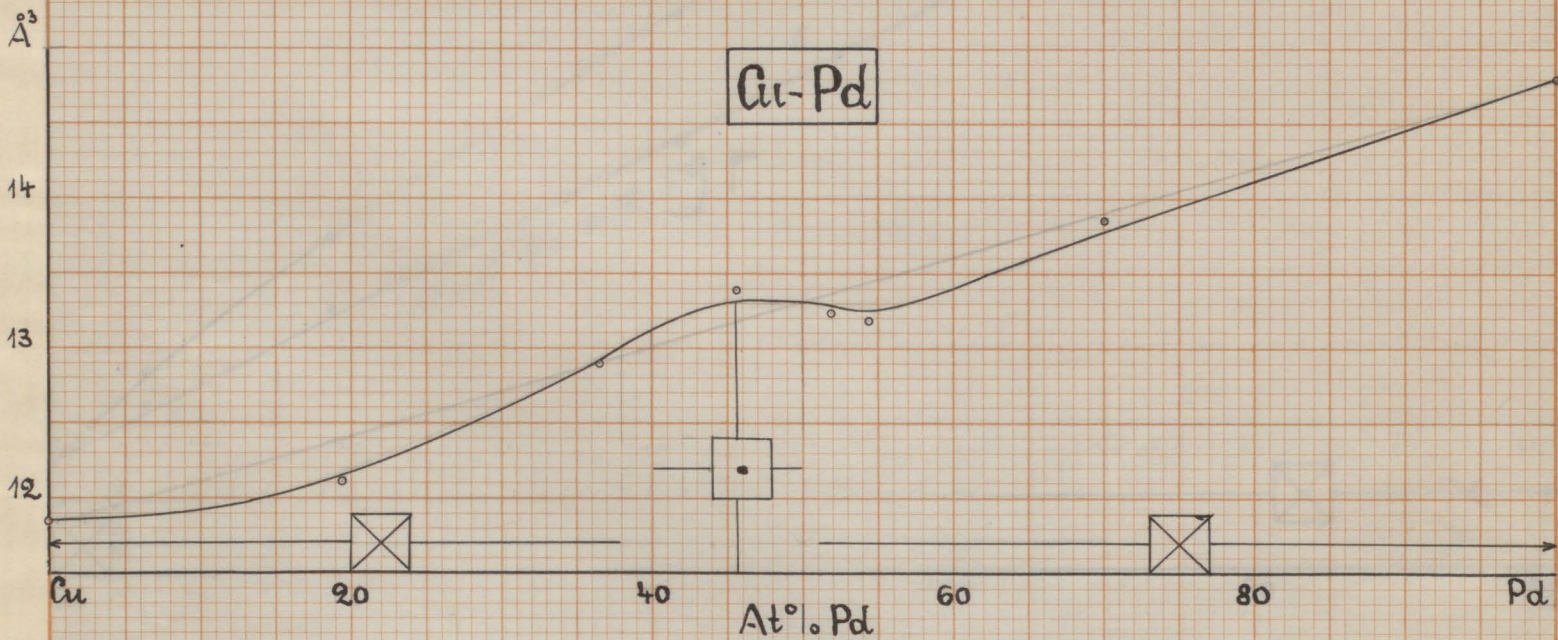
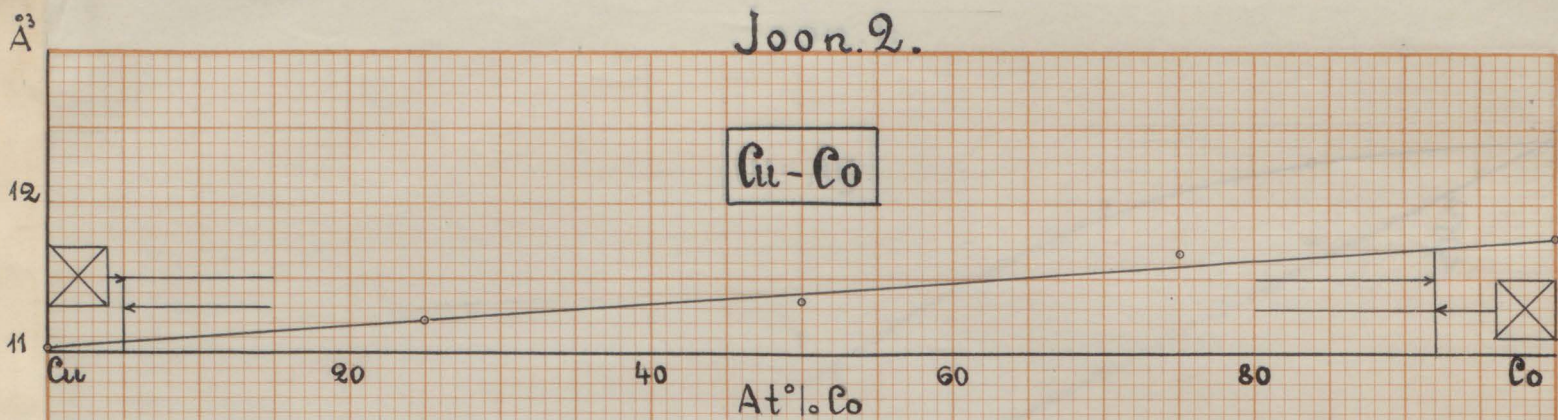
Vegard'i lause. Käsitlerna töö puhul olime seepärast ka  
 püüdnud avaldada aatomile langevate ruumalade ja  
 sulatiste kontsentratsioonide vahel valitsevaid seoseid  
 matemaatiliselt, nii palju kui see vähegi võimalik oli.  
 Loodame, et tulevikus ükskord need küsimused saavad  
 täiesti lahendatud. Neile lahendustele oleks siis igata-  
 hes veel sõna kaasaraäkida küsimuse juures, kas on  
 ühele aatomile langevad ruumalad sulatiste kaastiste  
 pidevad funktsioonid?

vt " 91

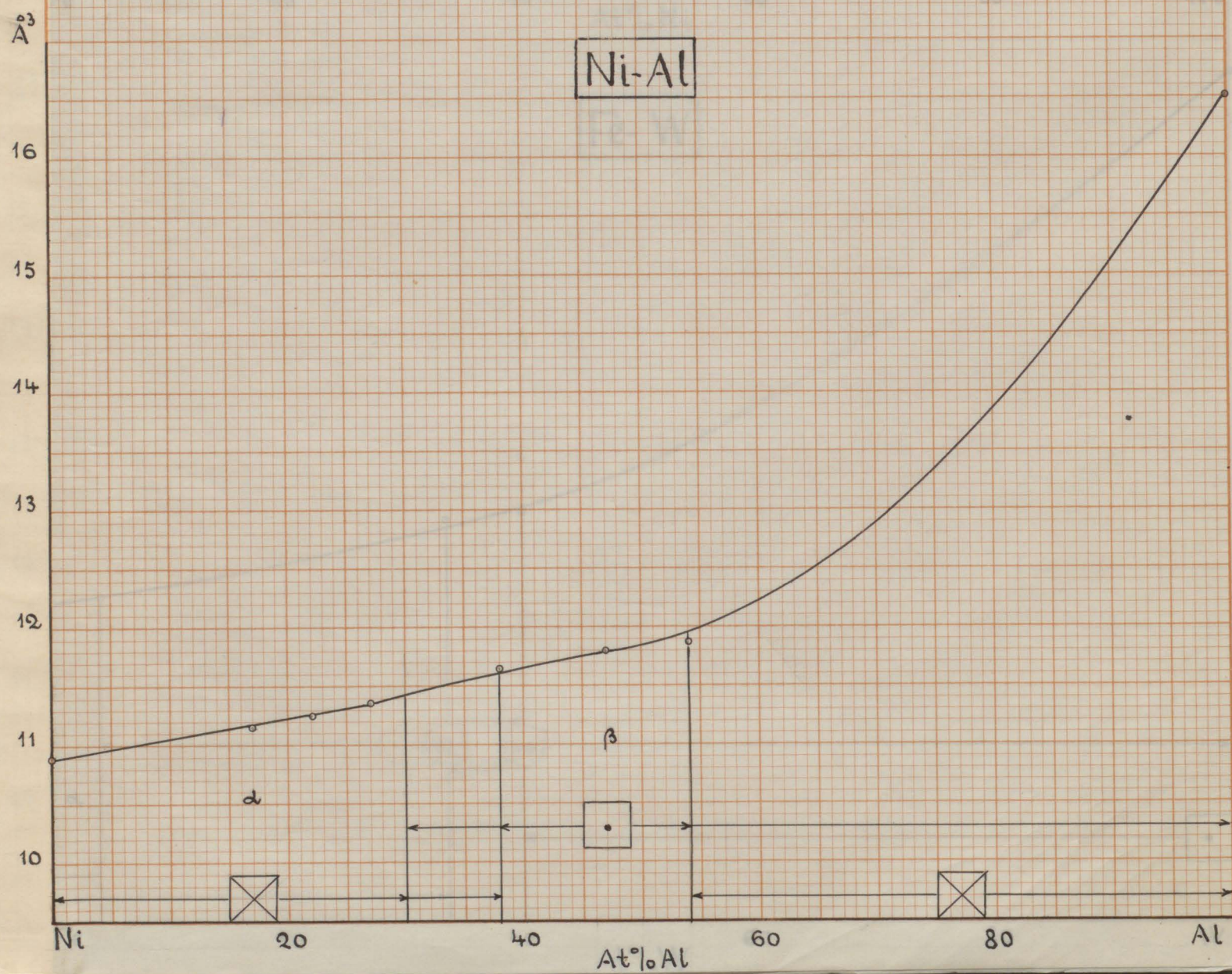
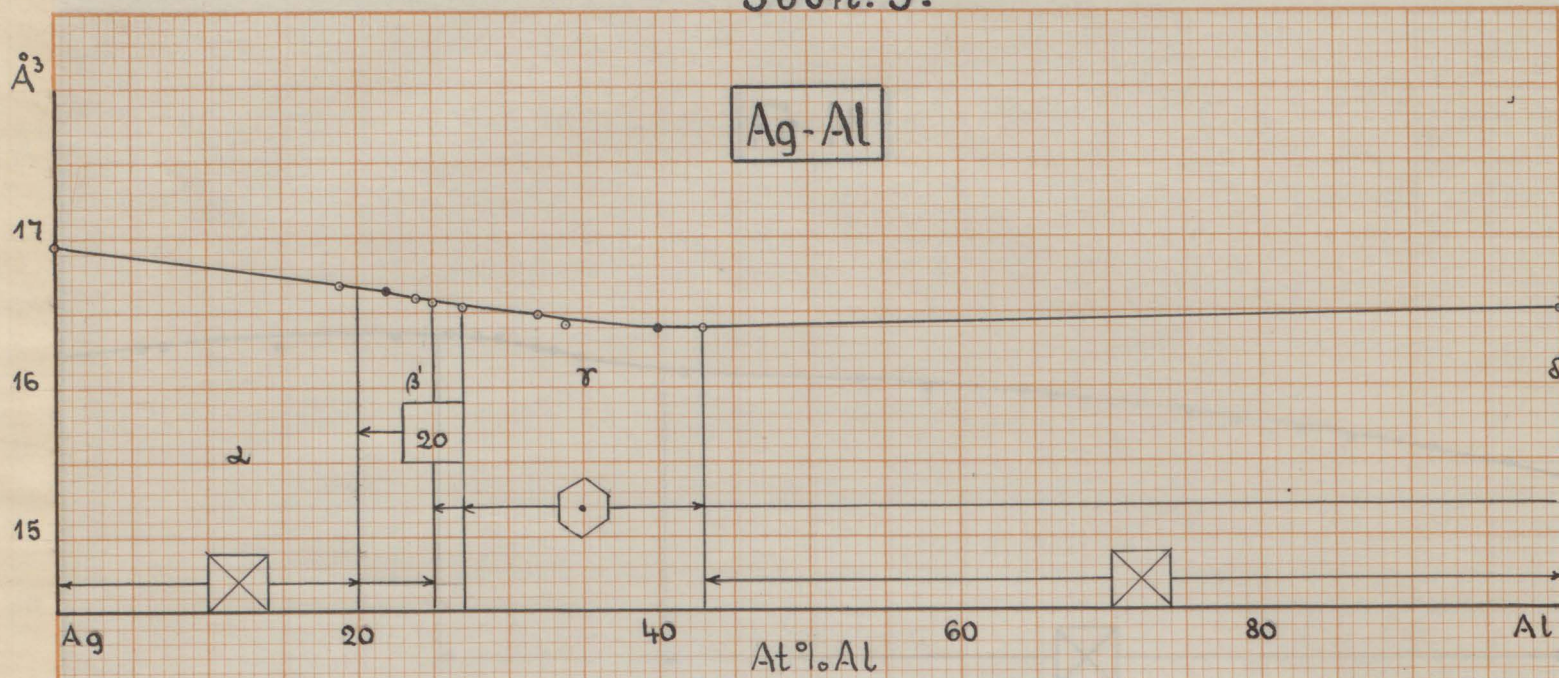
Joon.1.



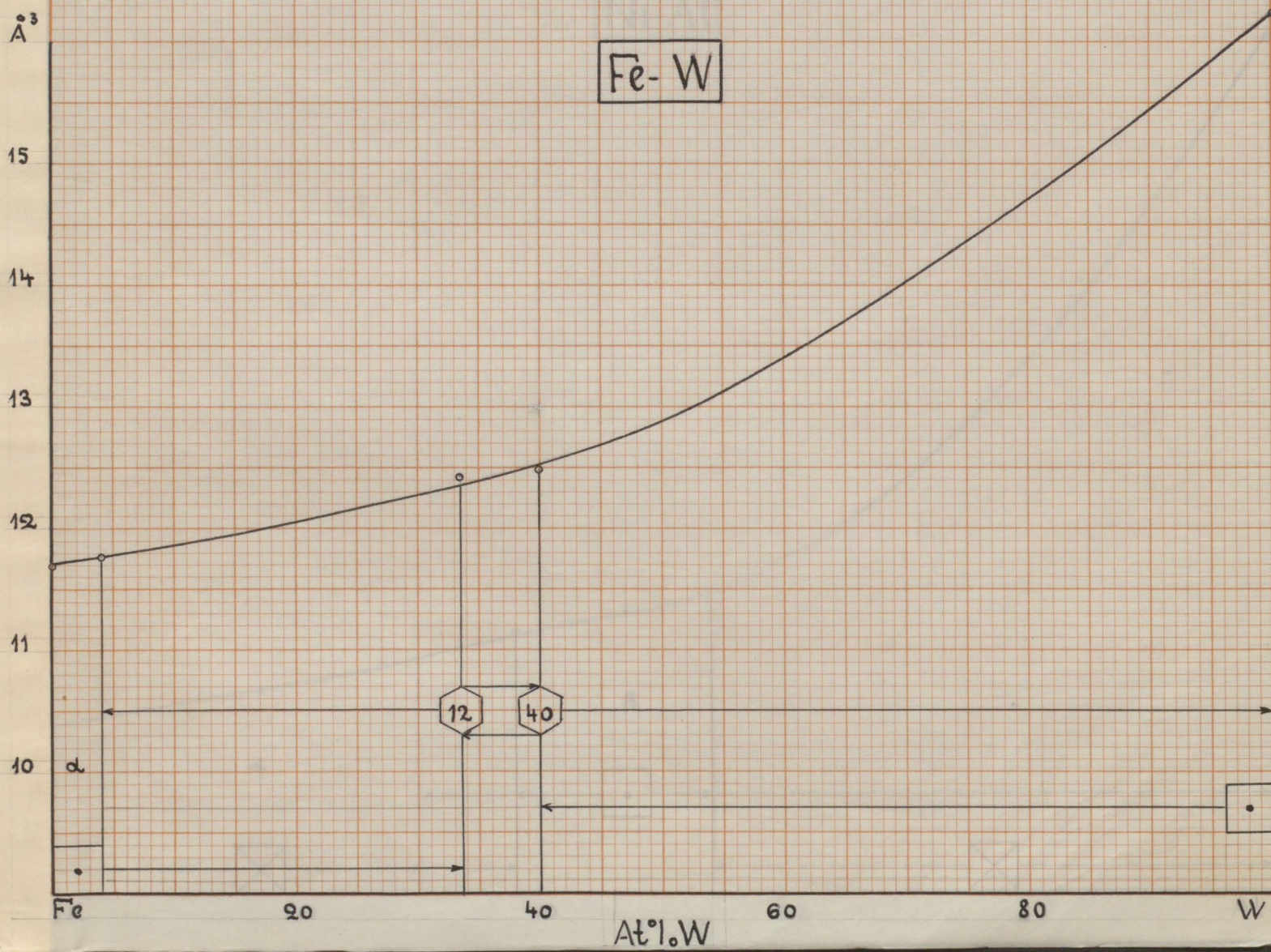
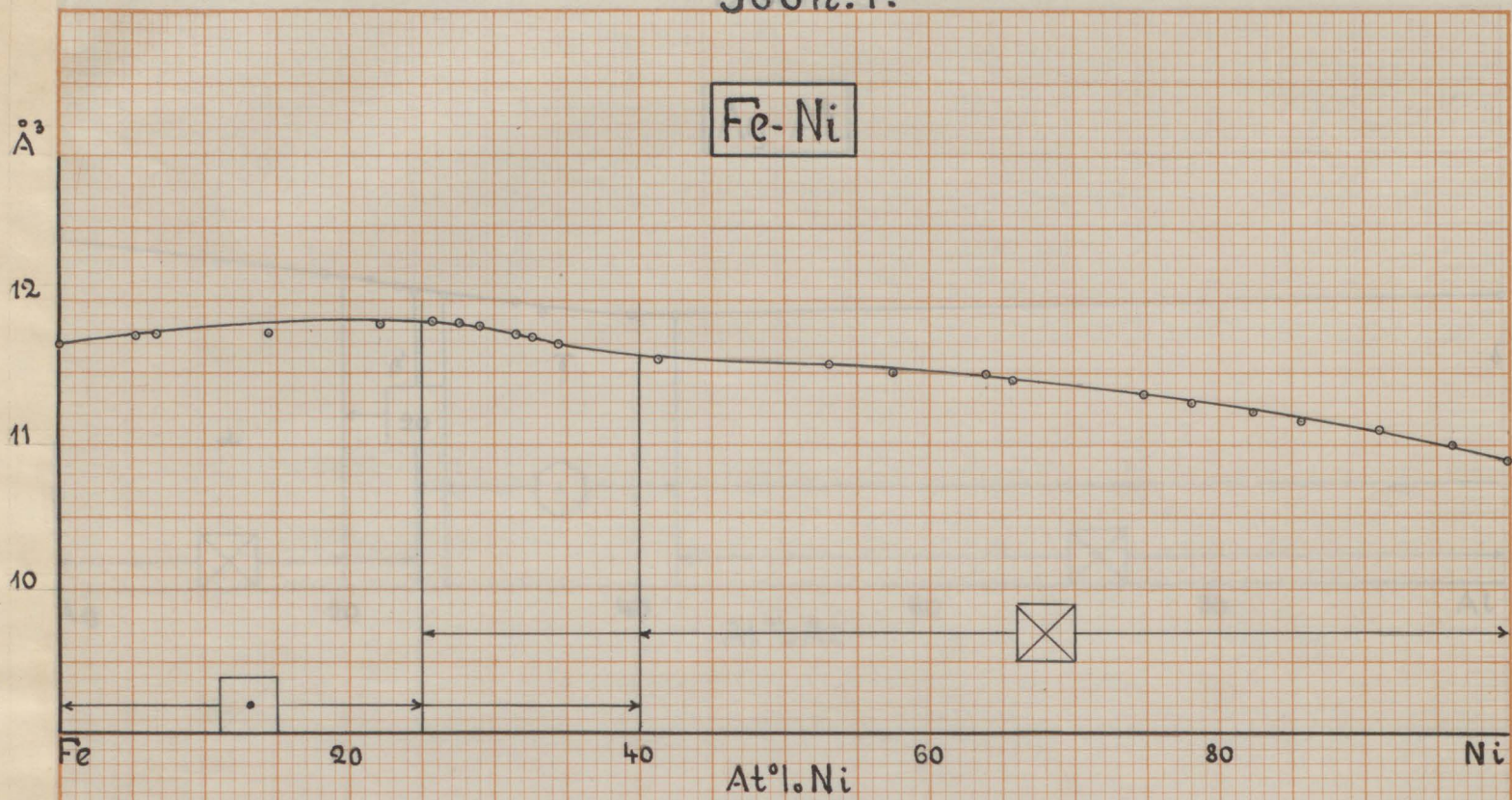
Joon. 2.



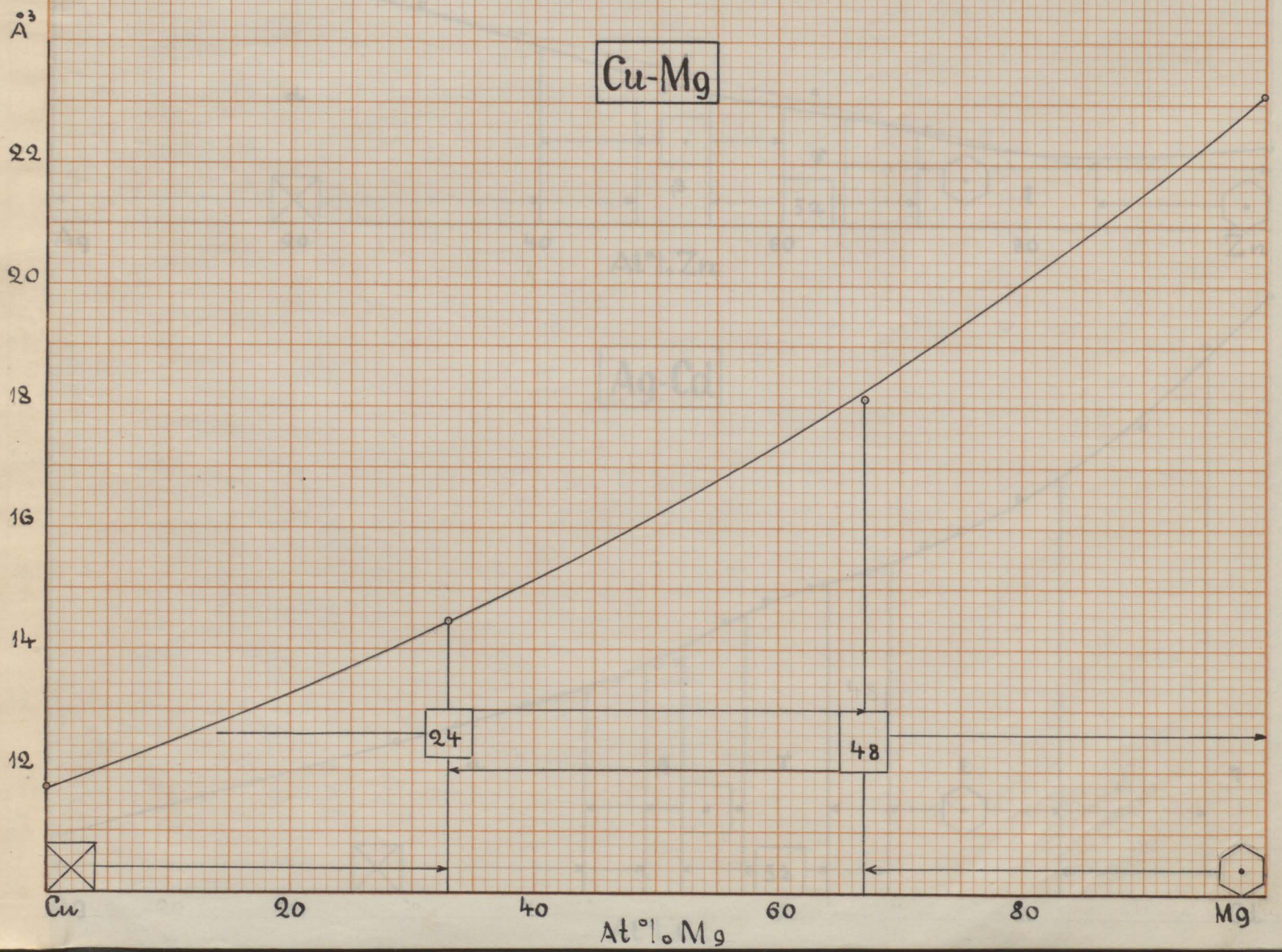
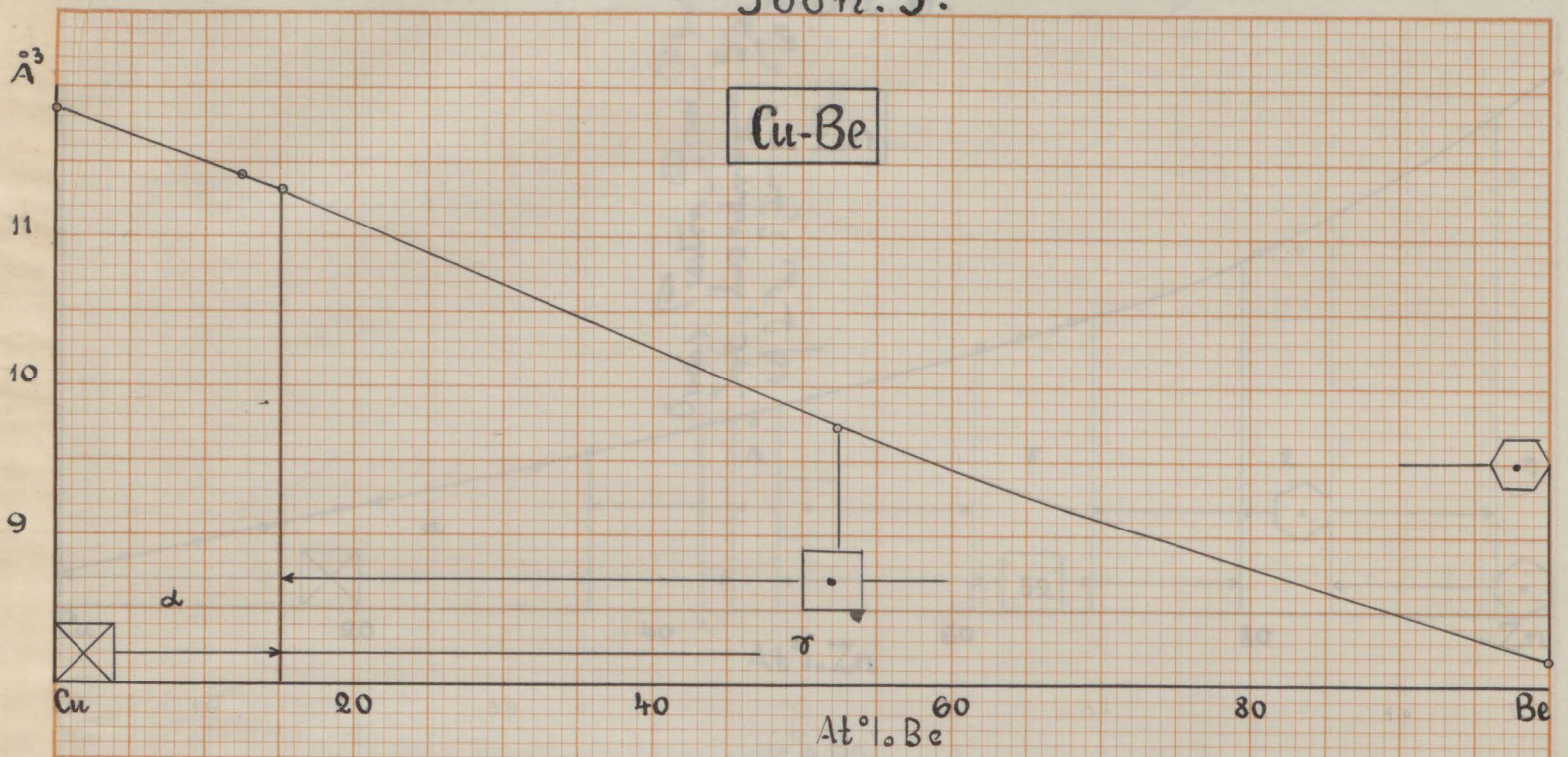
Joon. 3.



Joon.4.

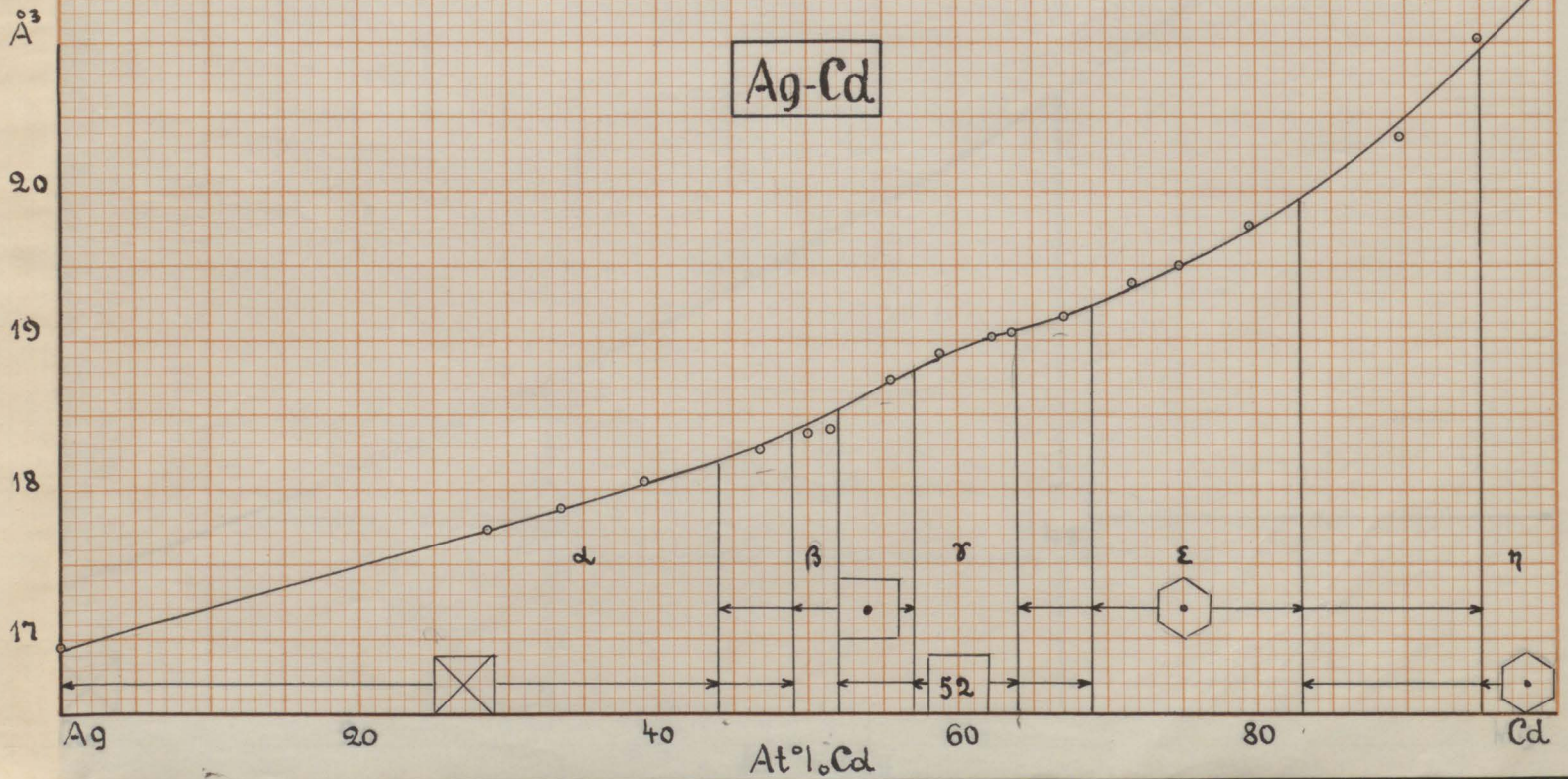
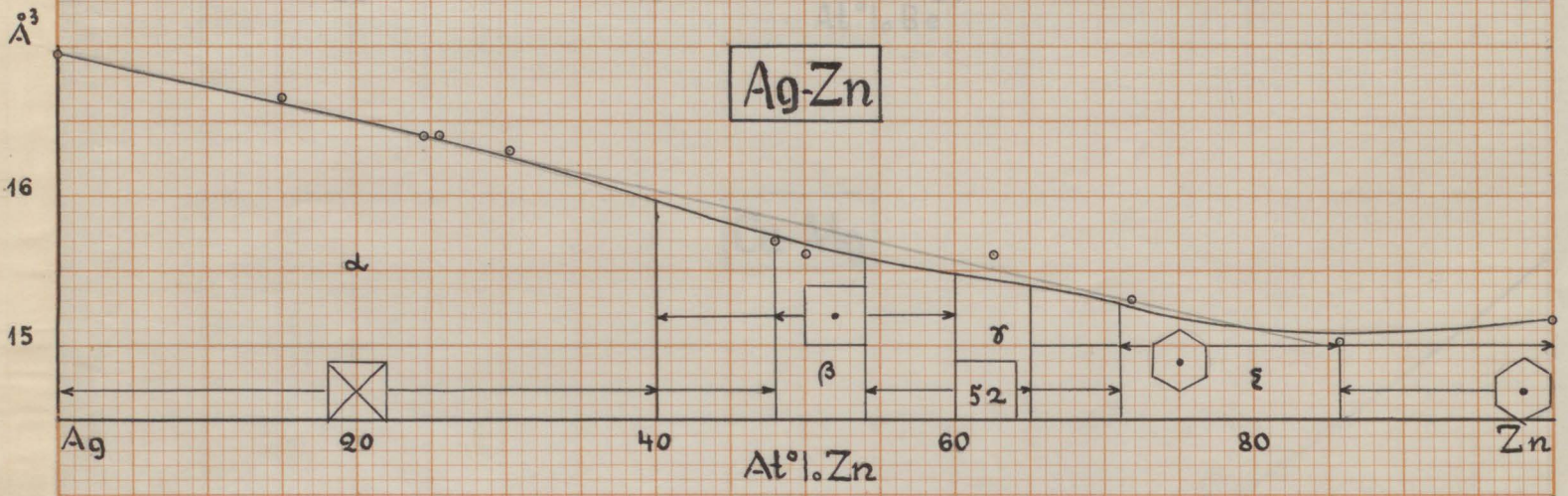
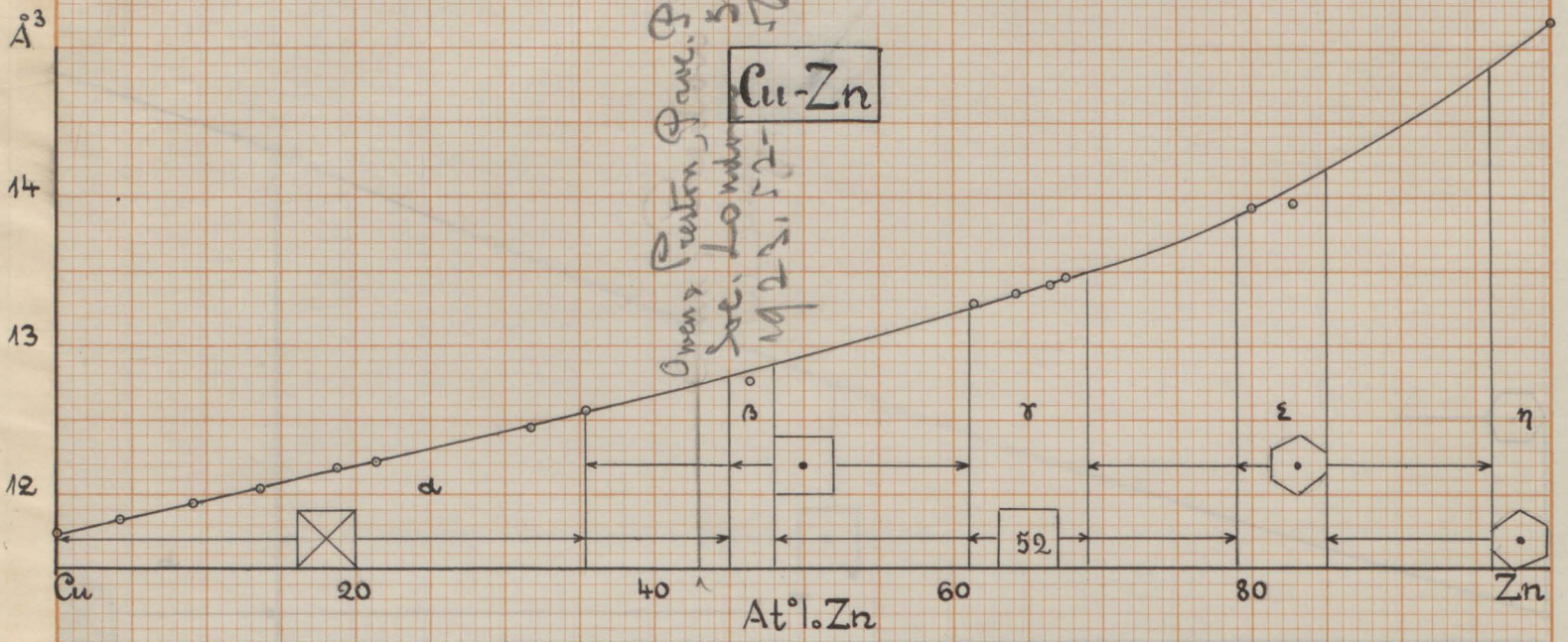


Joon 5.

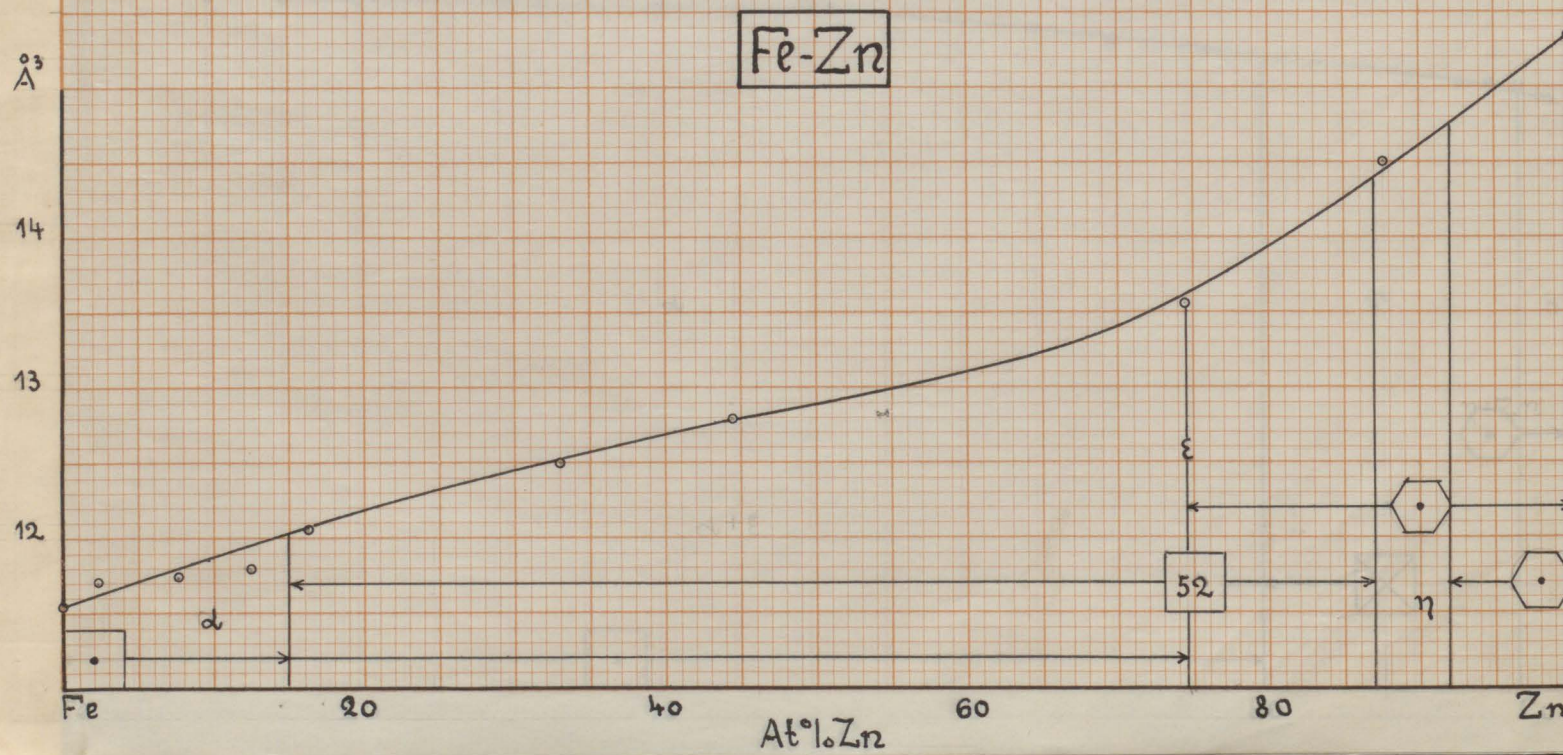
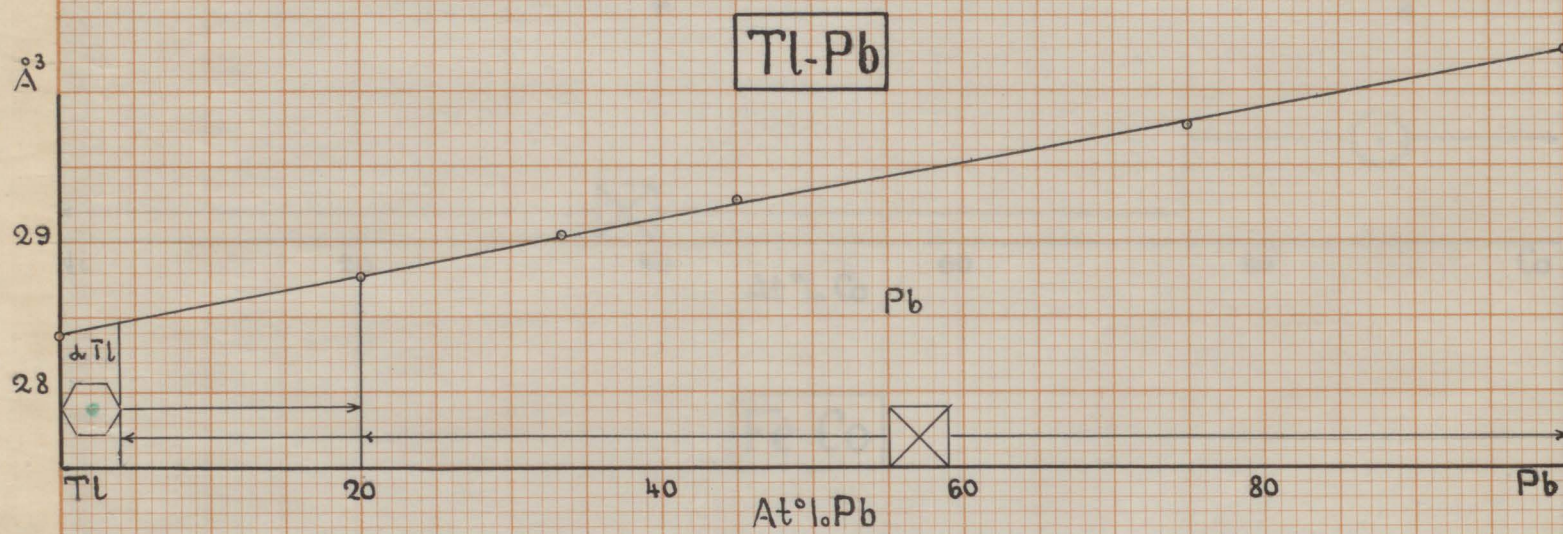
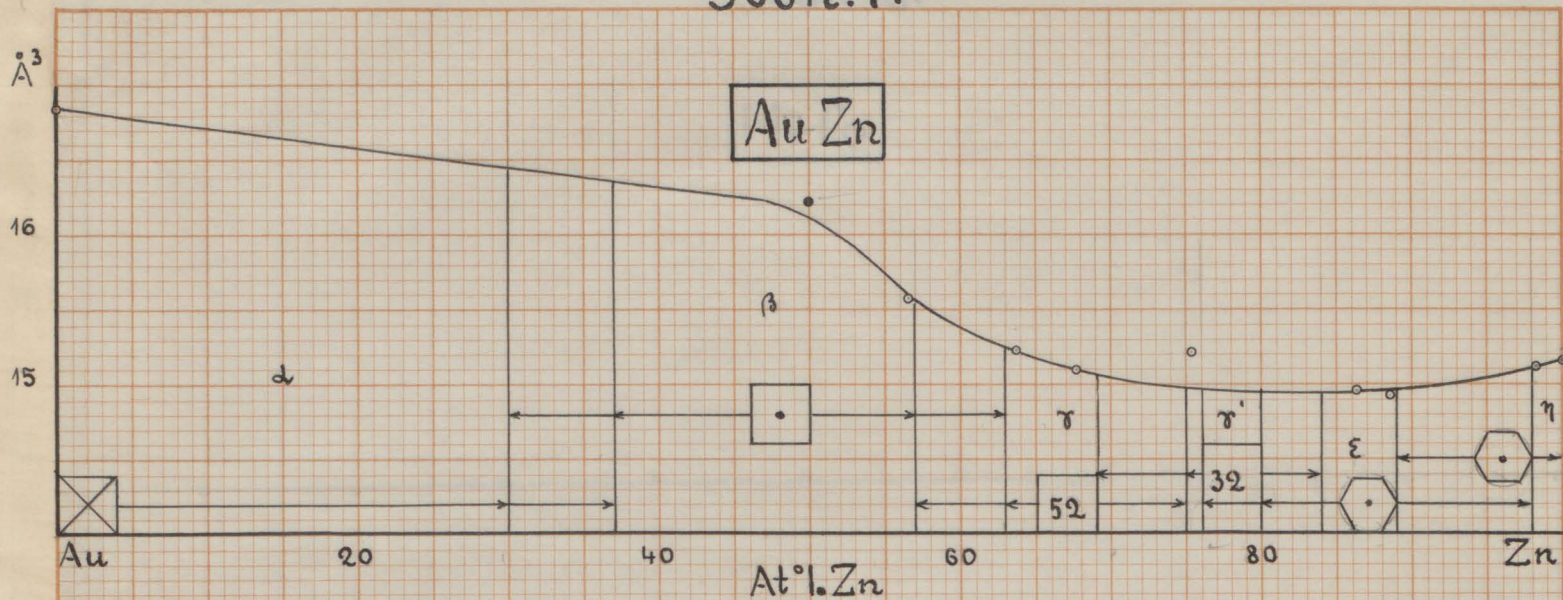


Joon. 6.

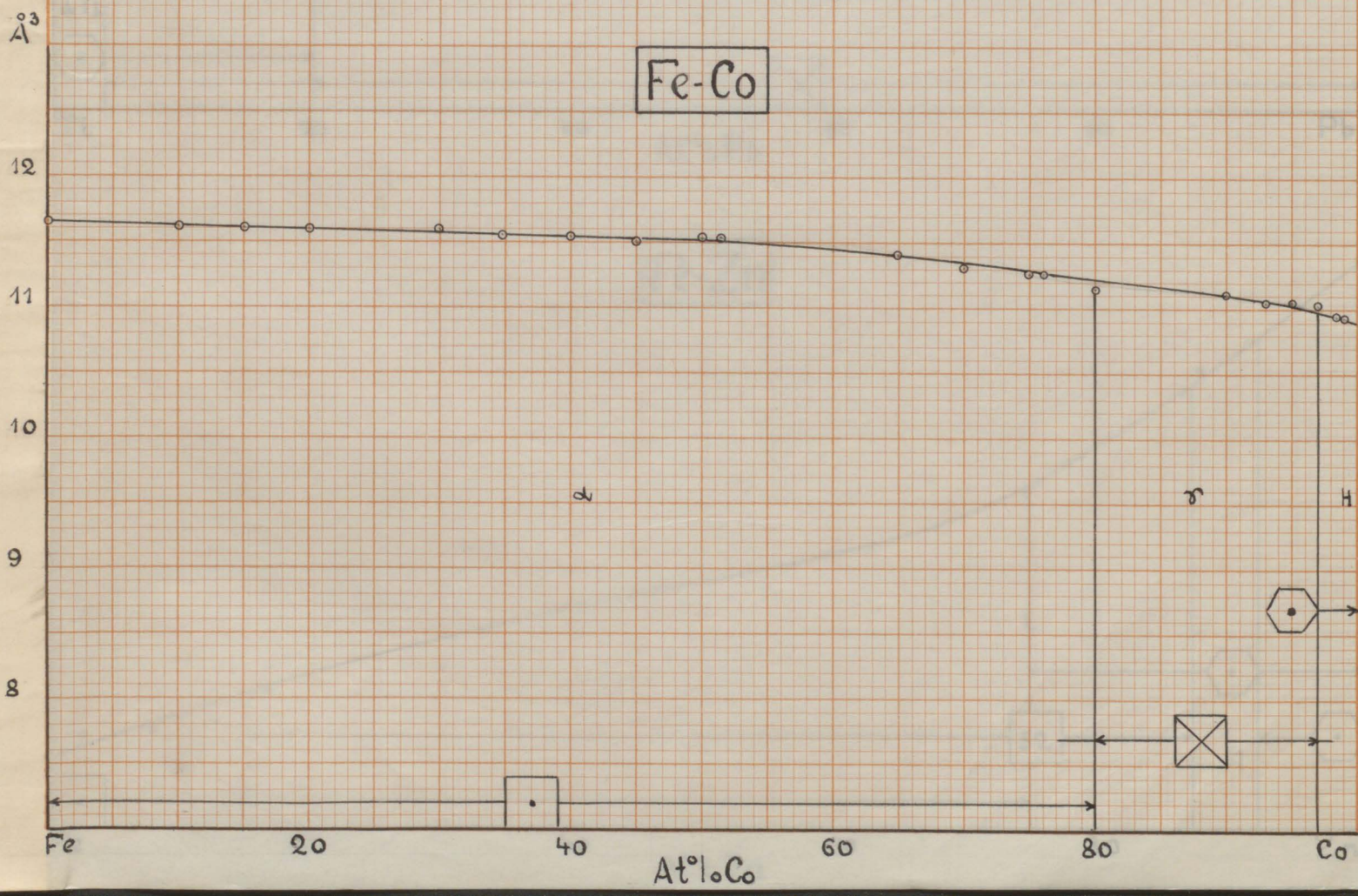
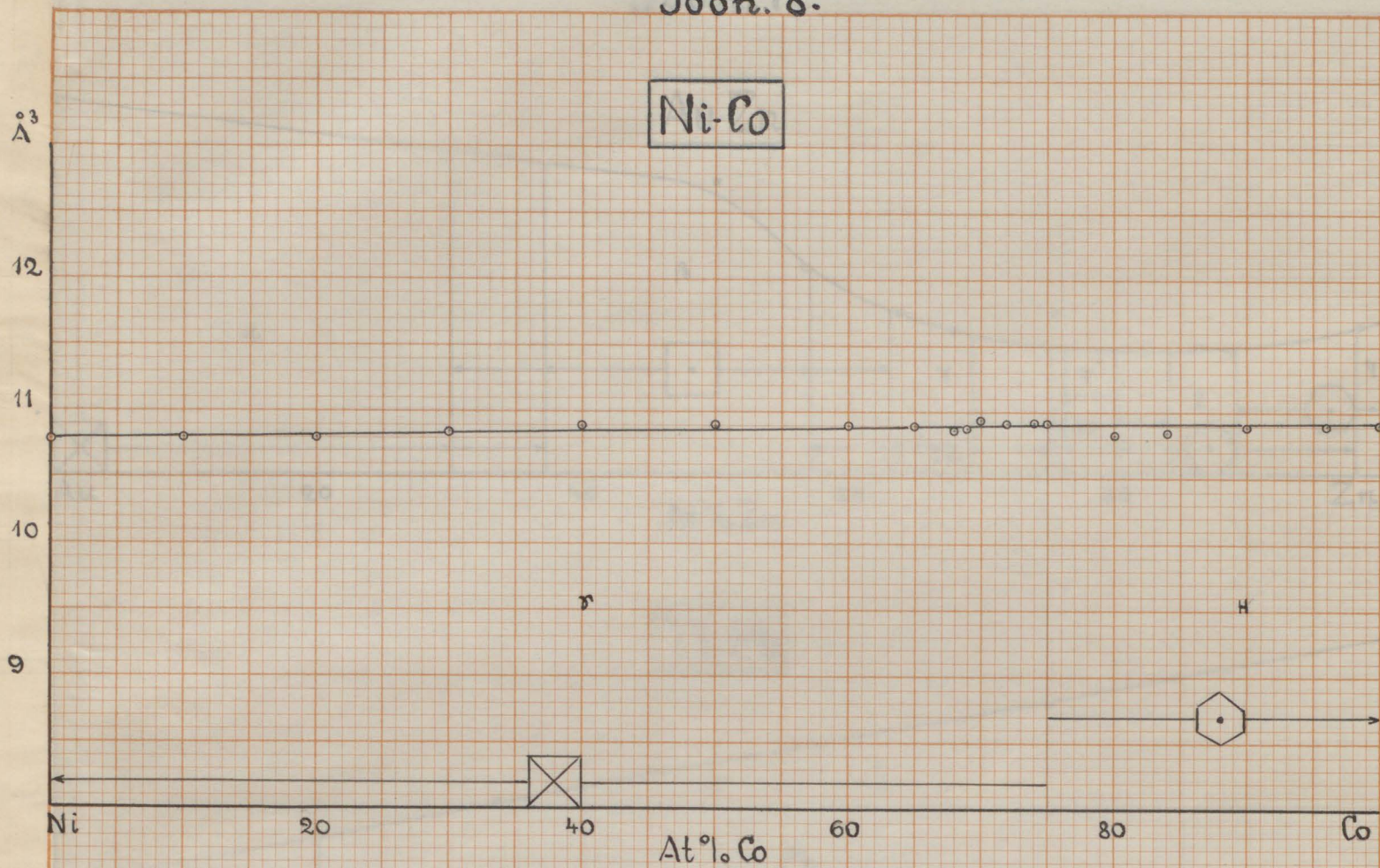
*Oman's Patent, Pure. Blimp.  
See London  
1923, 22*



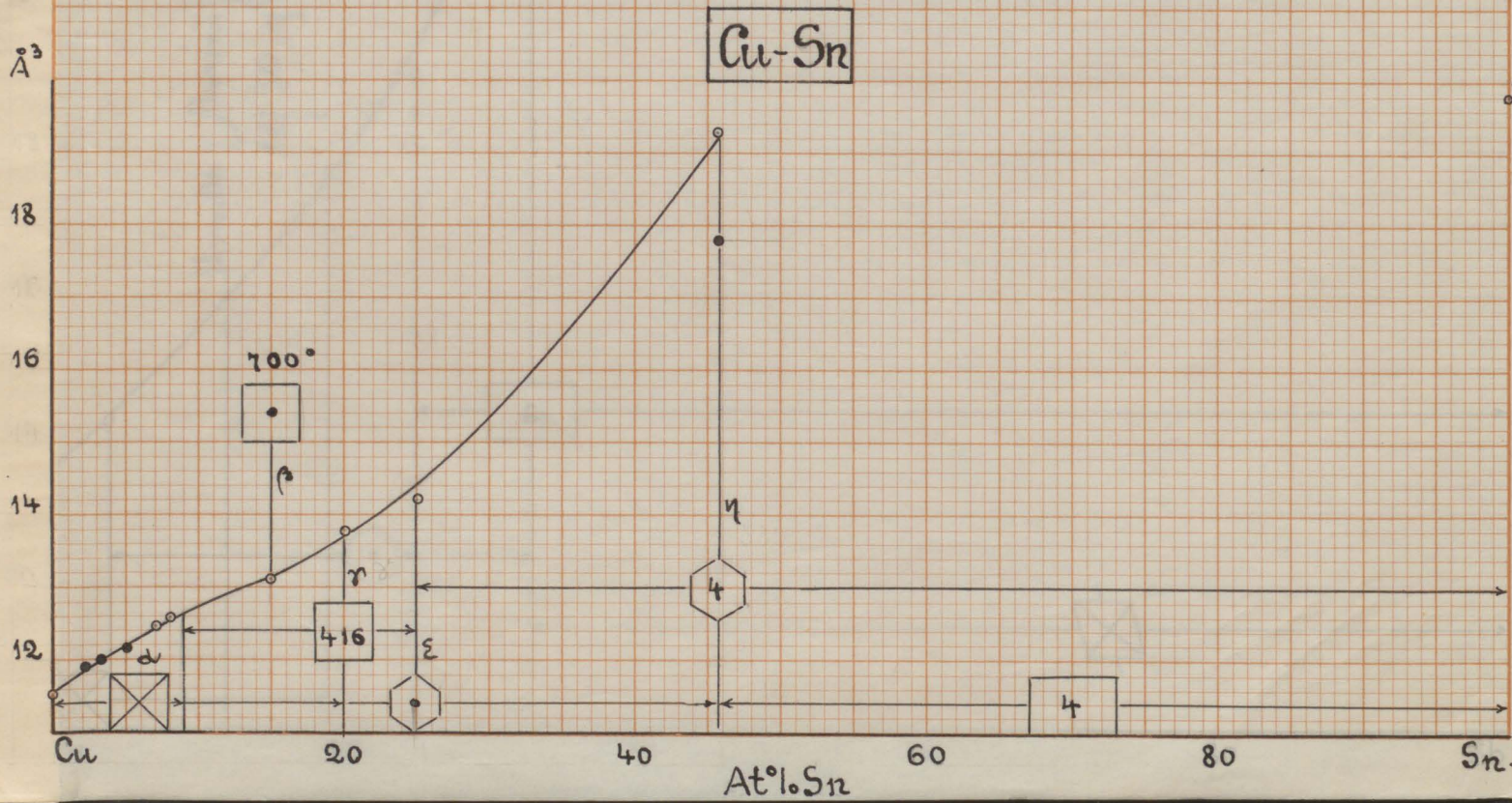
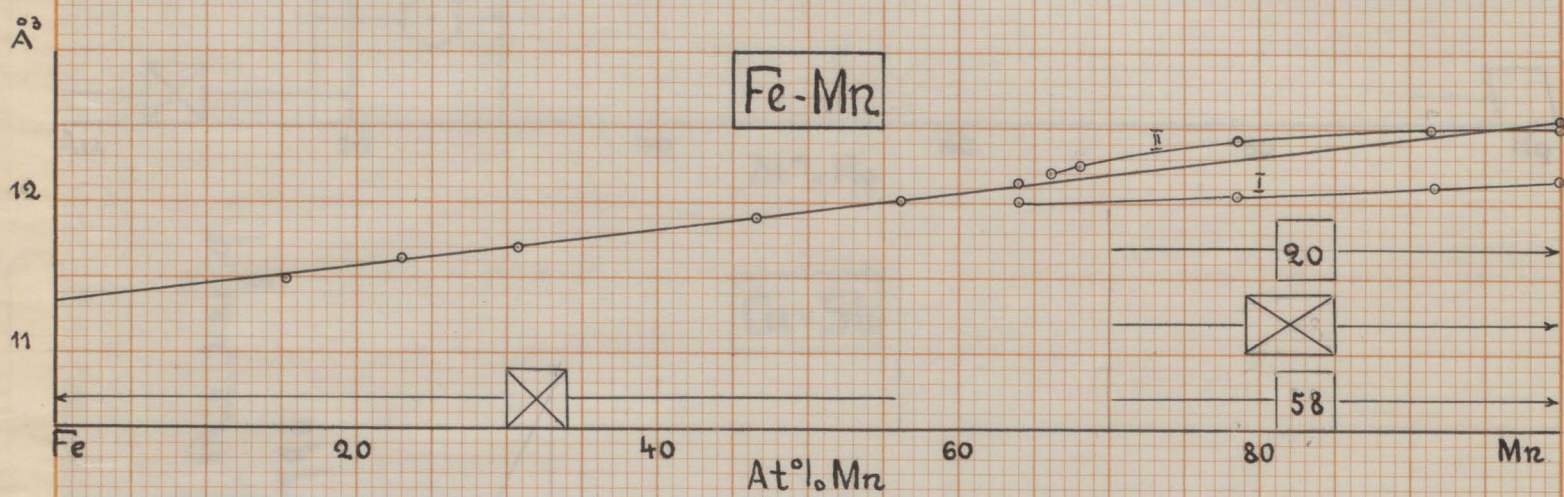
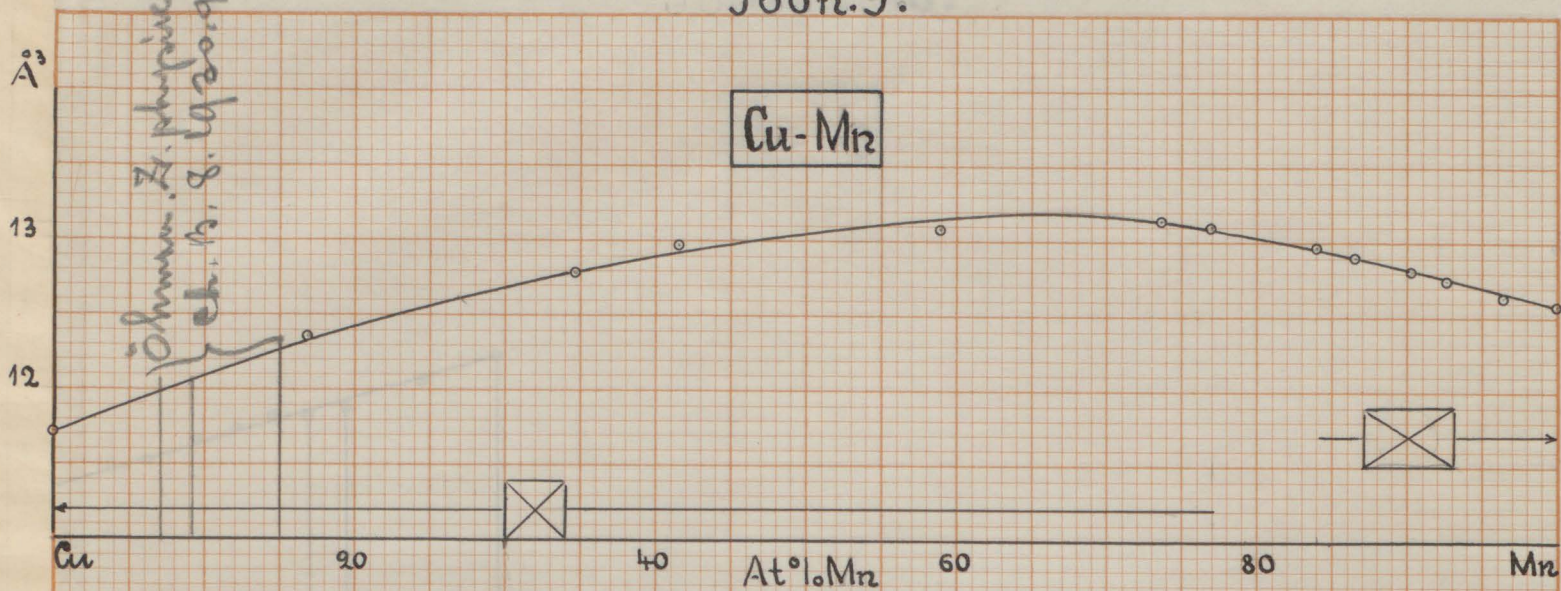
Joon.7.



Joon. 8.



Joon. 9.

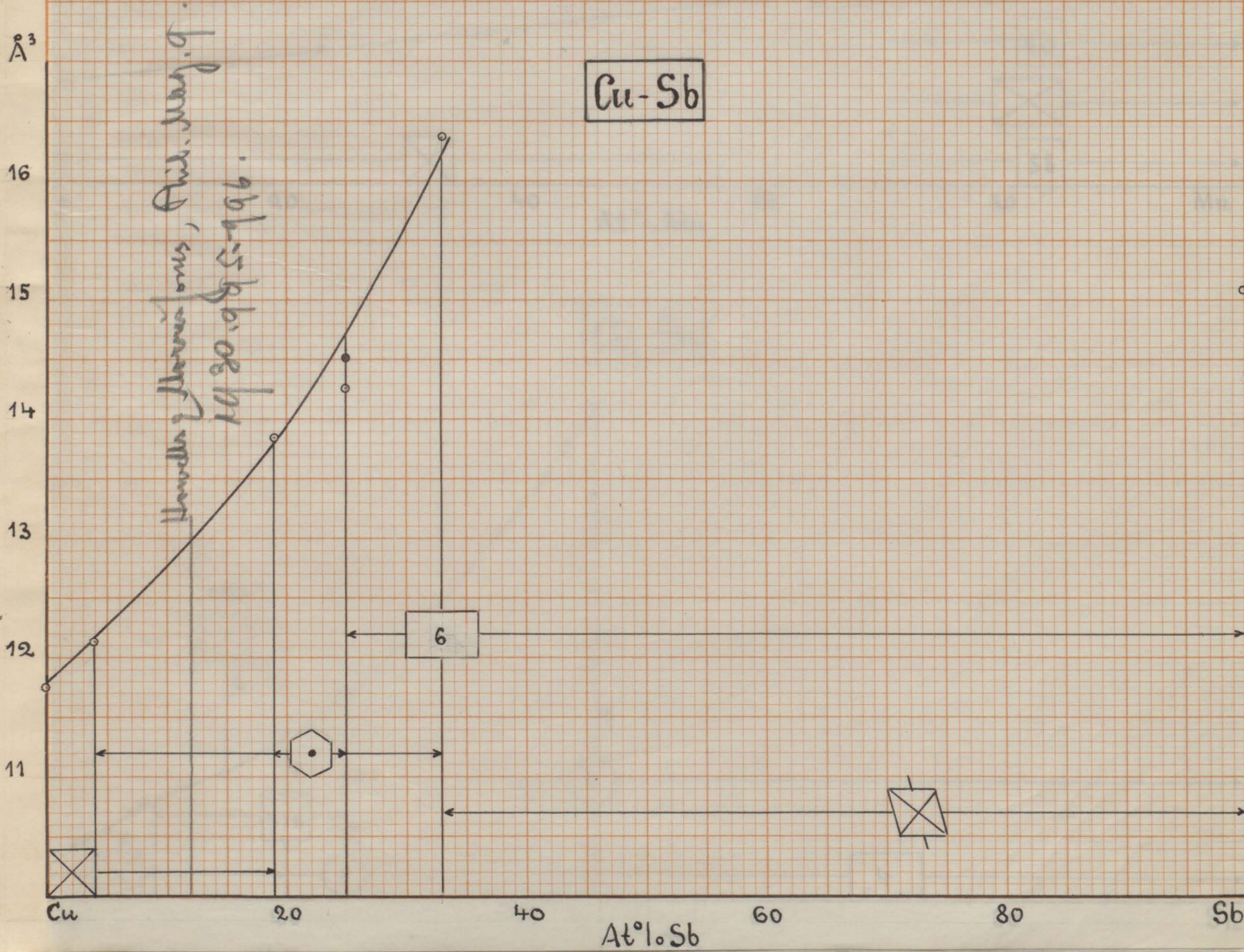
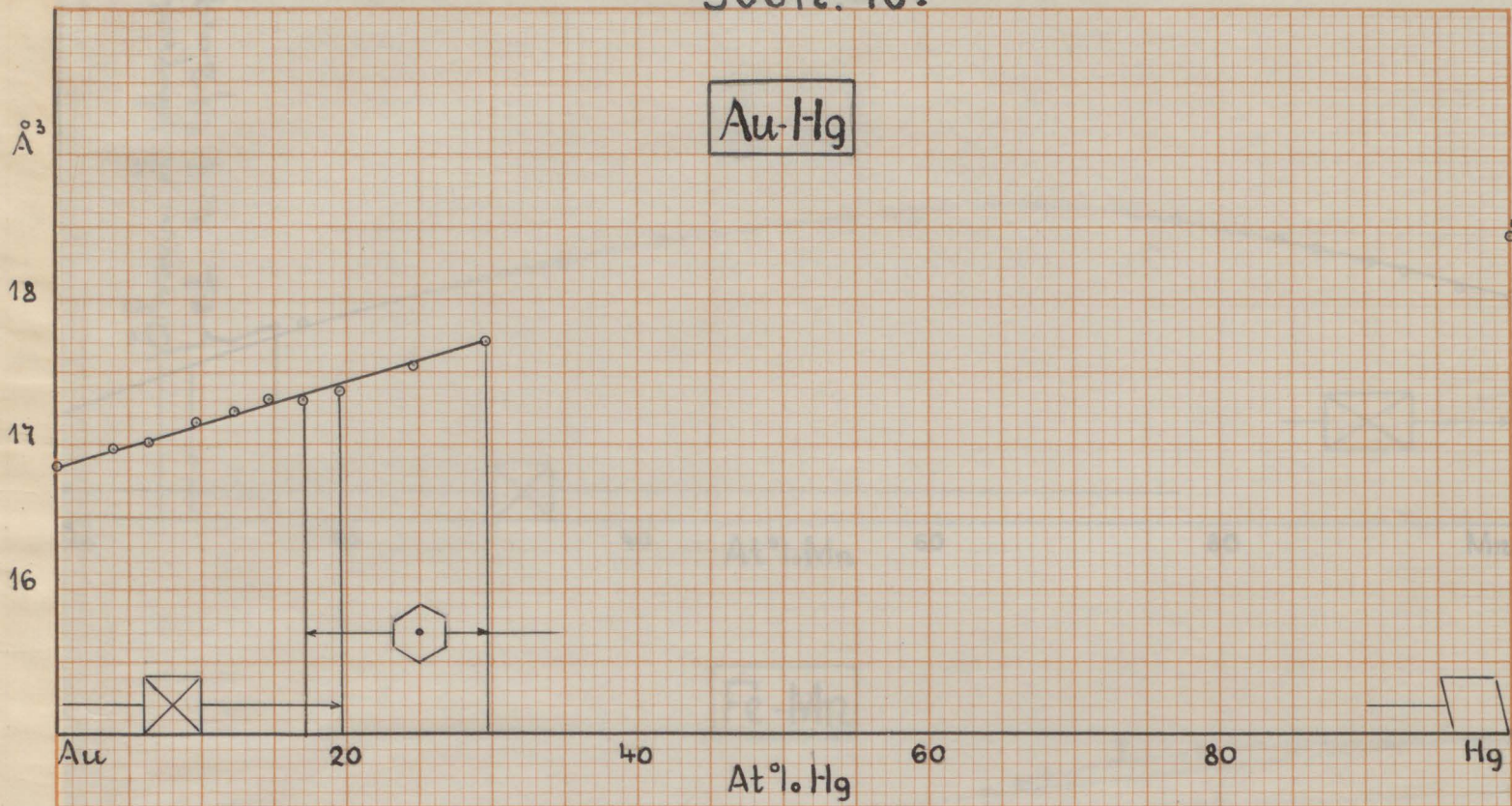


2345

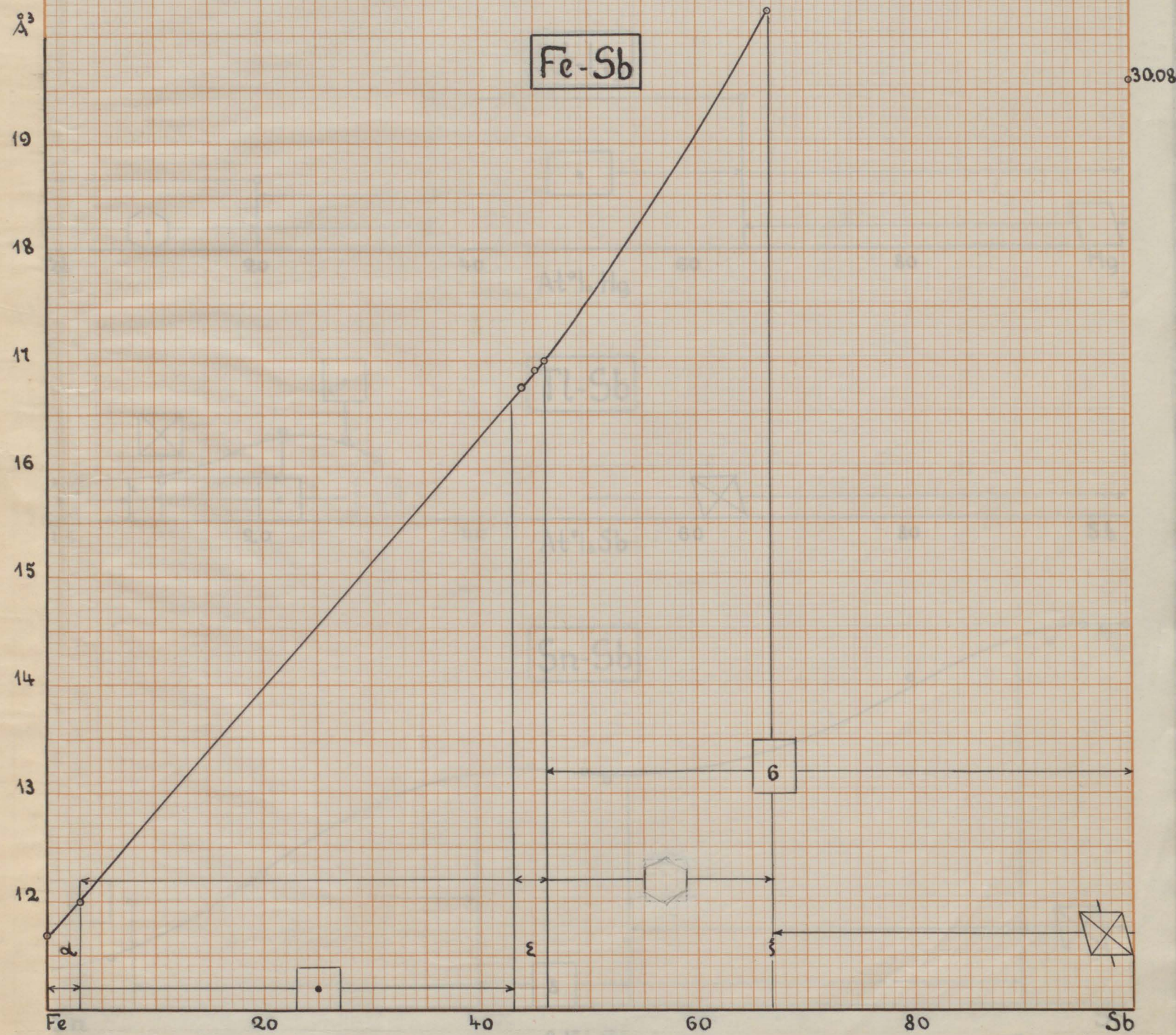
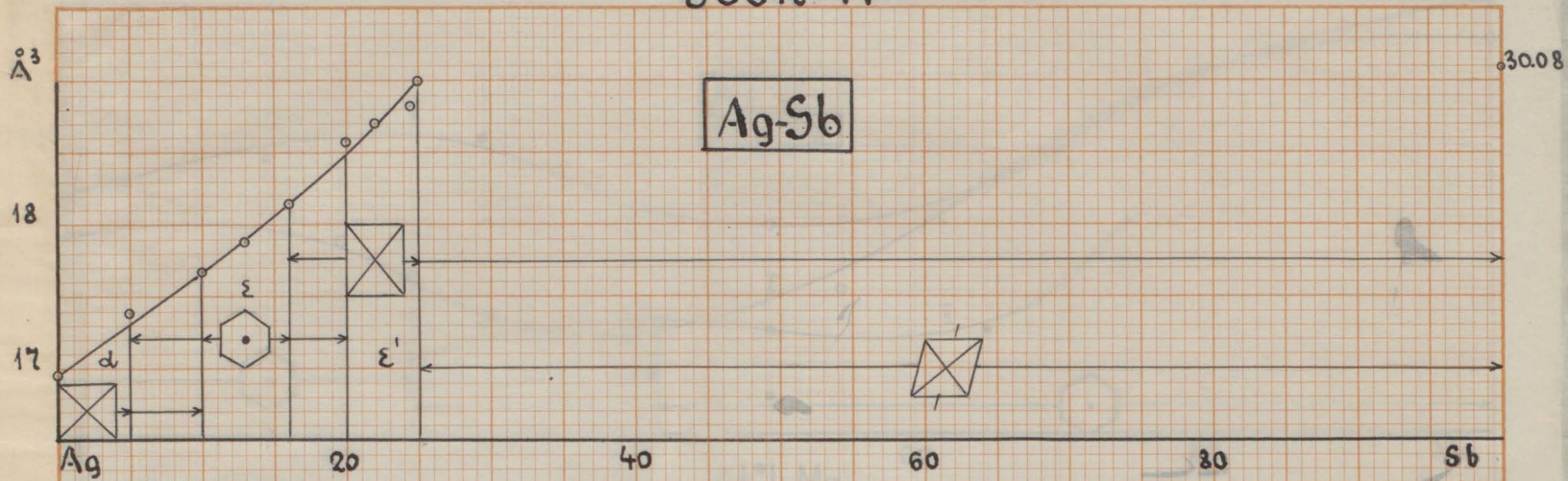
2609

269

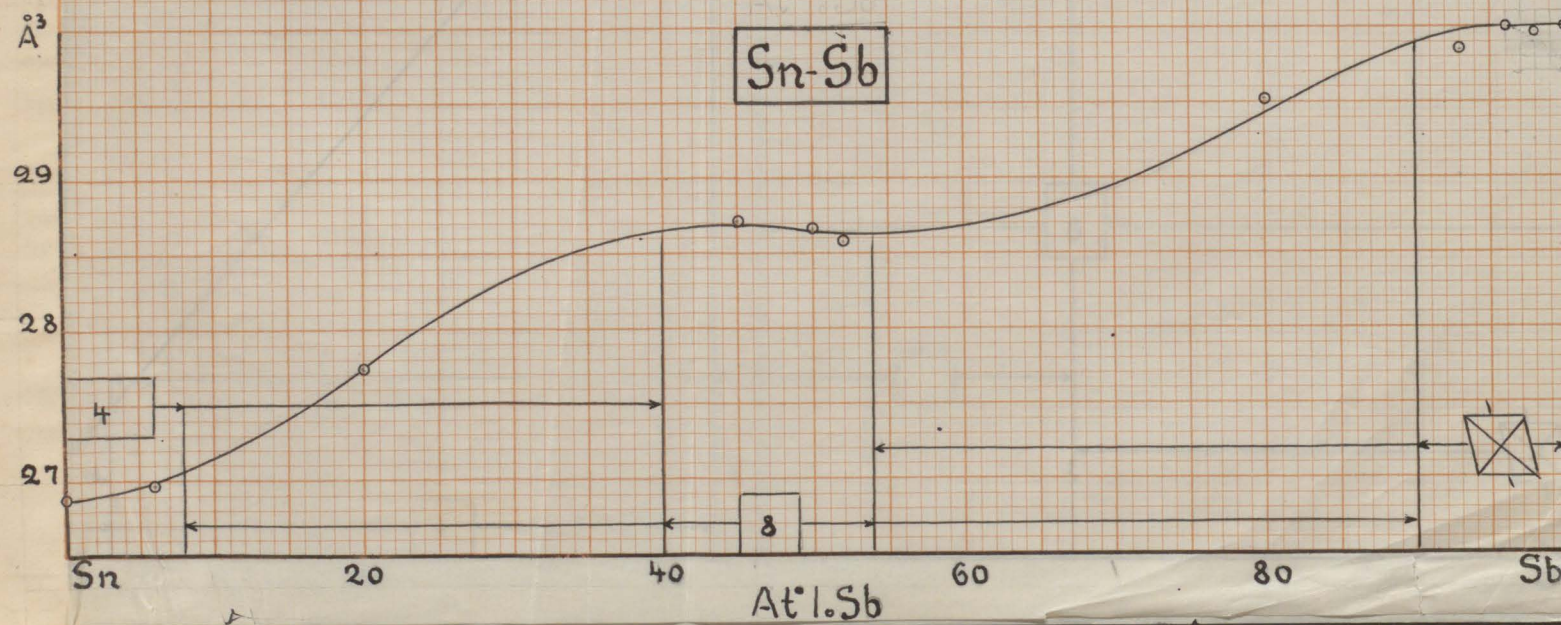
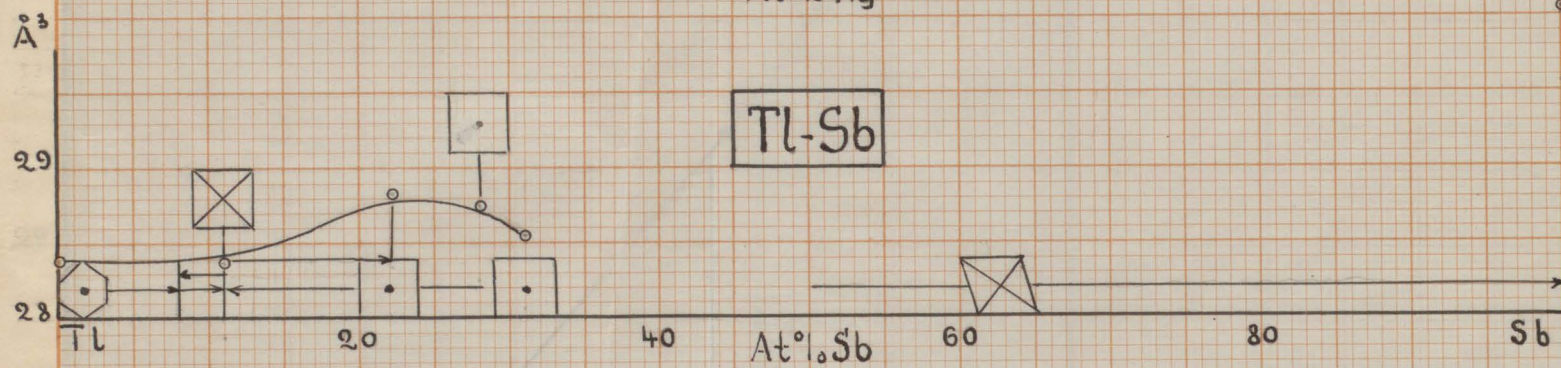
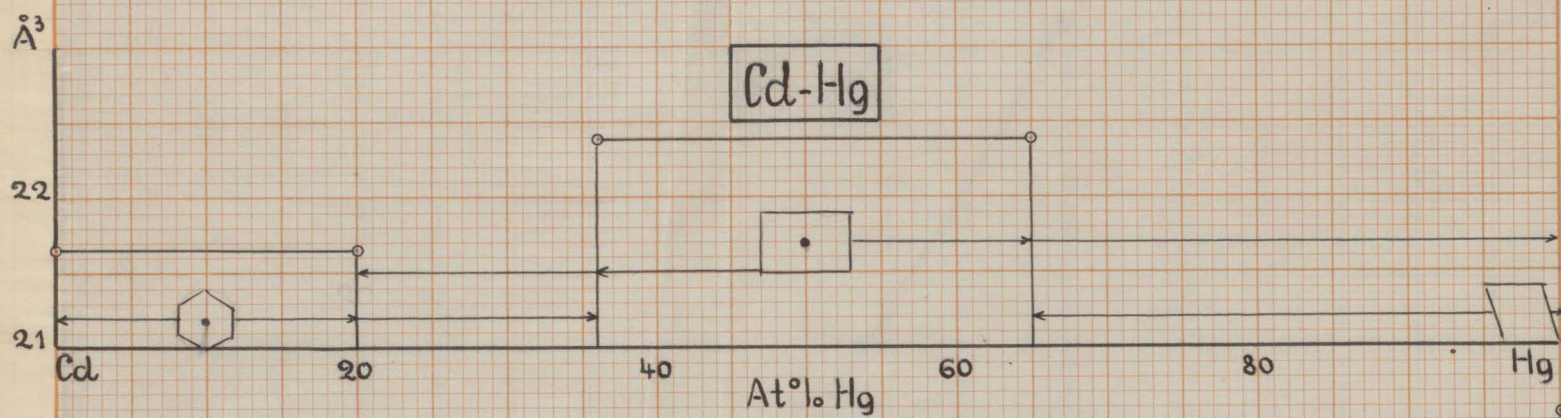
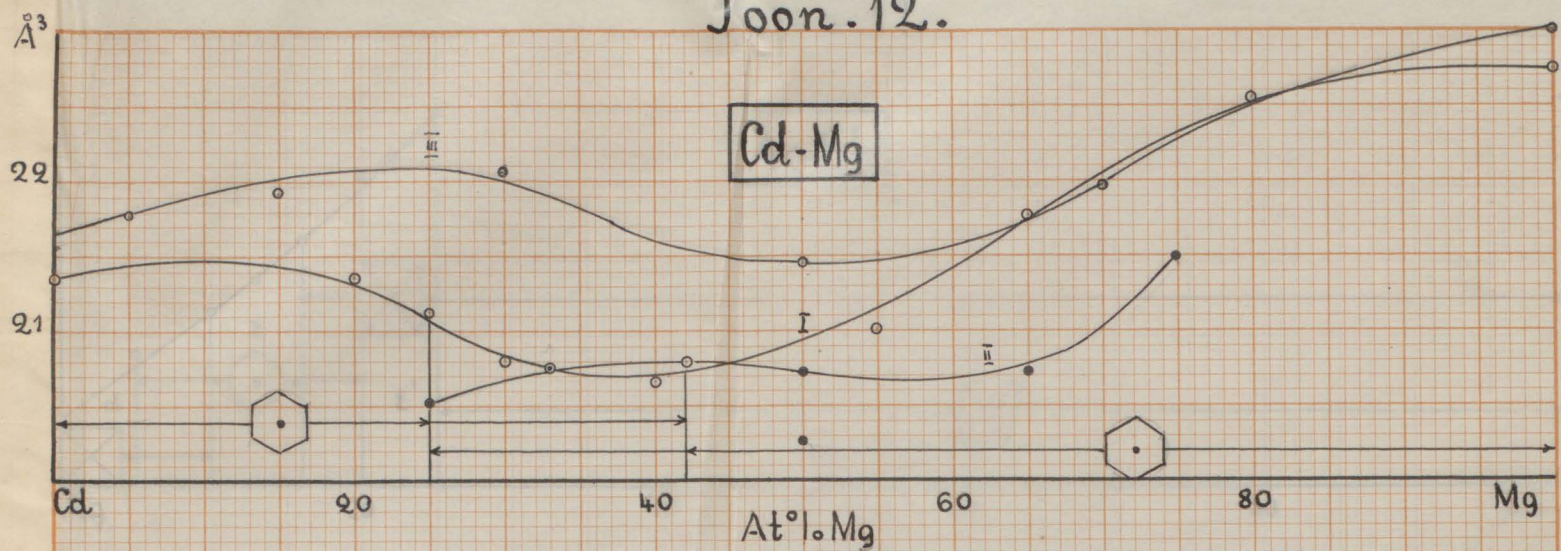
Joon. 10.



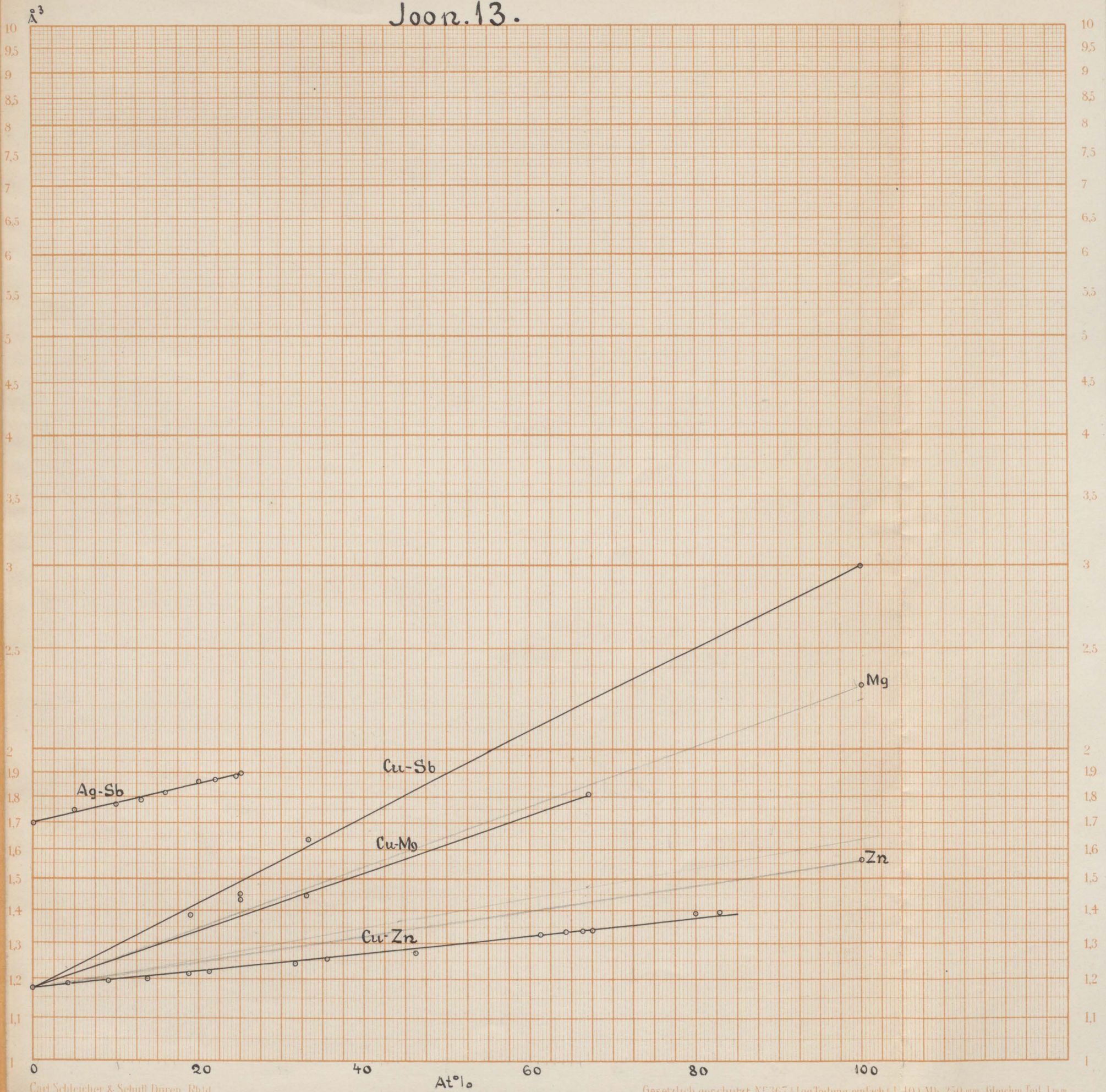
Joon 11.



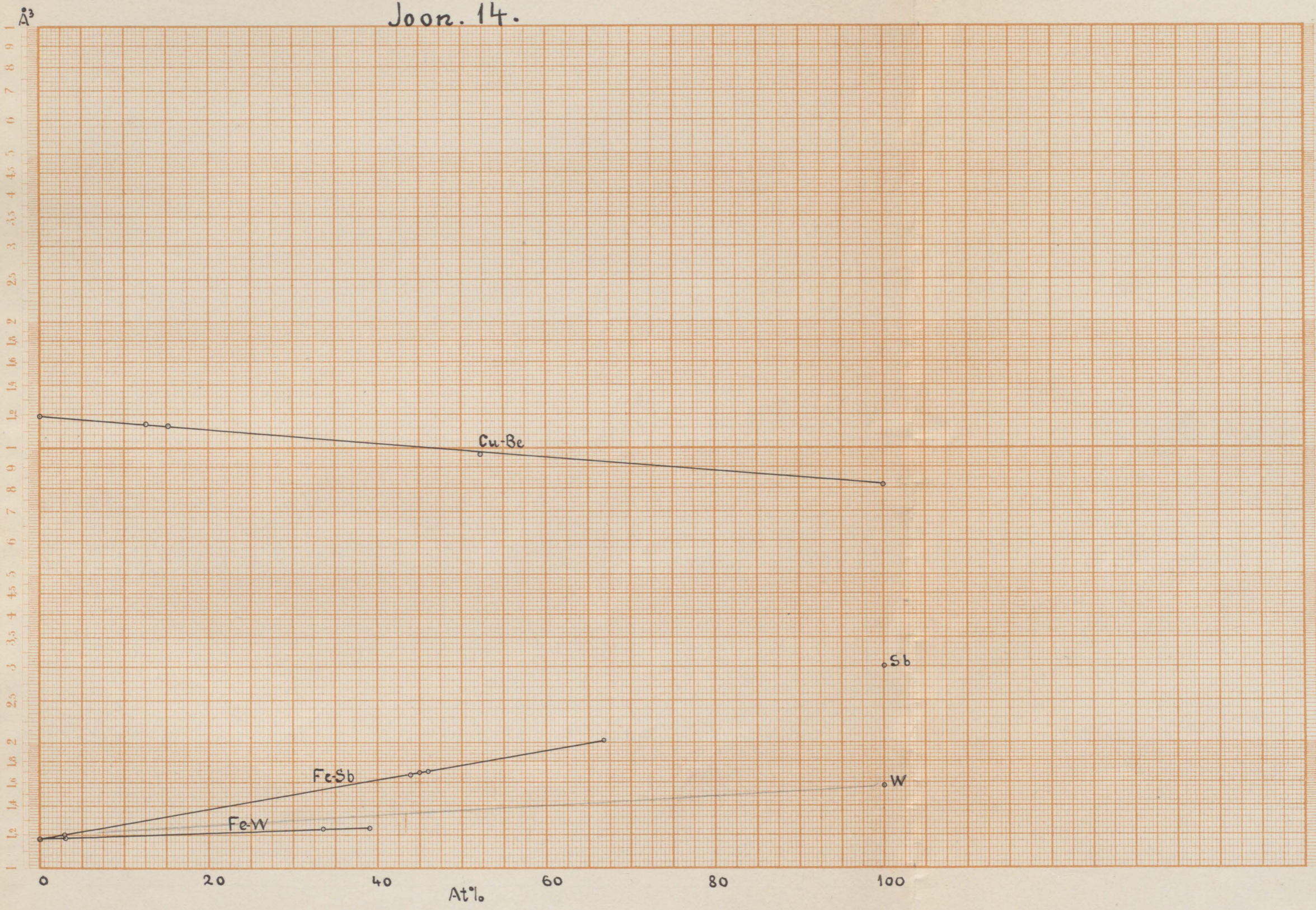
Joona. 12.



Joon. 13.



Joon. 14.



~~366 47A~~  
Auhinnatöö

Kaur, Paul.  
Kas metallilistes sulatistes ühe 22tom...  
1931

①