

MODERNIOSIOS MEDŽIAGŲ TECHNOLOGIJOS

**(Kodas MOMT3122, VI semestras, 6 kred., 32 val. paskaitų, 16 val. konsultacijų,
48 val. laboratorinių darbų)**

Dalyko sando aprašas

Dalyko sando kodas <i>(Course unit code)</i>	Kodas MOMT3122,
Dalyko sando pavadinimas <i>(Course unit title)</i>	MODERNIOSIOS MEDŽIAGŲ TECHNOLOGIJOS
Dėstytojo (-jų) pedagoginis vardas, vardas ir pavardė <i>(Name and title of lecturer)</i>	Prof. habil..dr. A. F. Orliukas, Prof. habil.. dr. J. V. Vaitkus, Dr. T. Šalkus
Katedra, centras	Radiofizikos ir puslaidininkių fizikos katedros
Fakultetas, padalinys	Fizikos fakultetas
Dalyko sando lygis <i>(Level of course)</i>	Pirmosios pakopos
Semestras <i>(Semester)</i>	Trečias kursas, pavasario,
ECTS kreditai <i>(ECTS credits)</i>	6.
VU kreditai <i>(VU credits)</i>	4

Dalyko sando turinys
(Course unit content)

Medžiagų klasifikacija :

a) paprastos (elementarios) ir sudėtingos (elementų junginiai) medžiagos, b) pradinių medžiagų formos (polikristalai, milteliai, skysčiai, dujos), c) medžiagų pavojingumas žmogui ir aplinkai.

Amorfinių ir polikristalinių medžiagų gamybos technologijos:

a) amorfinių medžiagų gamybos būdai: lydalo greito šaldymo metodas, joninis-plazminis ir terminis nusodinimas ant atšaldytų padėklų, lazerinio lydymo metodas; b) polikristalinių medžiagų sintezė: tiesioginiai procesai (elementų sintezė), netiesioginiai procesai (sintezė iš cheminių junginių).

Kristalografijos įvadas. Monokristalų auginimas:

a) užuomazgų kristalizacija, b) kristalizacija iš garų fazės, c) kristalų auginimas iš tirpalų (izoterminė ir izohidridinė kristalizacija), d) monokristalų augimas iš lydalo: kristalizacija su dideliu lydalo tūriu (Kiropulosio, Čiochralskio, Stokbargerio-Bridžmeno metodai), kristalizacija su mažu lydalo tūriu (Verneilio metodas, zonis lydimas).

Skystinė epitaksija.

Plonųjų sluoksnių gamybos technologijos.

Fizikiniai plonųjų sluoksnių gavimo pagrindai. Kristalizacijos varomosios jėgos. Fizikiniai (PVD) ir cheminiai (CVD) įvairių medžiagų plonųjų sluoksnių nusodinimo metodai. Vakuumo ir padėklo vaidmuo plonųjų sluoksnių technologijoje. Plonųjų sluoksnių gaminimas šiluminiu išgarinimu, joniniu plazminiu dulkinimu bei lazeriniu garinimu (procesų fizikiniai pagrindai, privalumai ir trūkumai). Bendrieji plonųjų sluoksnių susidarymo dėsniniai. Plonųjų sluoksnių struktūra ir jos ryšis su technologija. Garinės monokristalinių sluoksnių gaminimo technologijos (dujų pernešimo reakcijos uždareme bei atvira reaktoriuose. Metalo organinių junginių (MOCVD) technologija plonųjų sluoksnių gamyboje Molekulinio pluoštelio epitaksija (MBE) - vienas moderniausių epitaksialinių sluoksnių gamybos metodų.. Daugiasluoksniai dariniai. Plonųjų sluoksnių gamyba *in - situ* bei *ex - situ*. Plonieji metaliniai, puslaidininkiniai, dielektriniai bei organinių medžiagų sluoksniai, jų vieta šiuolaikinėse technologijose. Plonųjų sluoksnių konfigūracijos formavimo metodai: užgarinimas per metalines kaukes, piešinio formavimas įvairiais litografijos metodais (fotolitografija, elektrono - bei rentgeno spindulių litografijos). Plonasluoksnių nanodarinių reikšmė šiuolaikinei technikai.

Keramikų gamybos technologijos. Superjoninių junginių sintezės technologinės sąlygos. Kristalitiniai parametrai ir stochiometrija. Nanostrukturizuotos keramikos. Keramikų kepinimo laiko įtaka jų elektrinėms savybėms. Keramikų tarpkristalinių sandurų ir priemaišų įtaka jų elektrinėms savybėms. Porėtosios keramikos ir jų gamybos technologijos. Medžiagų storųjų sluoksnių gamybos technologijos. Storiųjų sluoksnių nusodinimas ant padėklo vakuumuojant. Storiųjų sluoksnių formavimas purškiant. Storiųjų sluoksnių ir padėklų fizikinių savybių sąsajos. Fizikinė adsorbcija ir cheminė sorbcija. Cheminės sorbcijos dalelių reakcinė geba. Cheminės sorbcijos ryšių tipai. Adsorbuotos molekulės disocijacija. Elektroniniai perėjimai esant cheminei sorbcijai.

Nanosandaros ir jų technologija. 2D, 1D, 0D sandaros: pagrindinės savybės ir perspektyvos. Sandarų gamybos technologija: formavimas, auginimas, saviformavimosi principas.

**Pagrindinės literatūros
sąrašas (*Reading list*)**

1. J.H.Fendler (Ed.) Nanoparticles and nanostructured films. Wiley-VCH, 1998, 468 p.
2. J.Vaitkus (sudarytojas). Medžiagotyros kurso chrestomatija. VU, 1988, 300 p.
3. Encyclopedia of Applied Physics (Ed. G.L.Trigg), V.3, VCH Publishers, Inc., 1992, 616p.
4. Vytautas Grivickas, Antanas Feliksas Orliukas, Aloyzas Žindulis, Sigitas Tamulevičius, Medžiagų mokslas, 2008, Progretus, Vilnius.
5. R. Gregg Bruce, Mileta M. Tomovic, Johan E. Neely, Richard R. Kibbe. Modern Materials and Manufacturing Processes, Upper Saddle River, New Jersey Columbus, Ohio, 1998.
6. Klaus Funke, Solid State Ionics: from Michael Faraday to green energy-the European dimension
SCIENCE AND TECHNOLOGY OF ADVANCED MATERIALS, 14 (2013) 043502 (50pp)
doi:10.1088/1468-6996/14/4/043502.

Papildomos literatūros sąrašas	<ol style="list-style-type: none"> 1. J.Kundrotas GaAs/GaAlAs technologija. PFI, Vilnius 1999. 2. W. M. Moreau Semiconductor Lithography, Principles, Practices, and Materials, Plenum Press-New York-London, 1988, Moskva, 1990. 3. A.F.Orliukas, Superjoniniai laidininkai, 2004, VUL.
Mokymo metodai <i>(Teaching methods)</i>	Paskaitos, dėstymas naudojant demonstracijas ir projekcinę techniką .
Lankomumo reikalavimai <i>(Attendance requirements)</i>	75% paskaitų.
Atsiskaitymo reikalavimai <i>(Assessment requirements)</i>	Prezentacija, atsiskaitymas už laboratorinius darbus, egzaminas raštu, pasitikslinimas žodžiu.
Vertinimo būdas <i>(Assessment methods)</i>	Prezentacija (50%), egzaminas raštu, pasitikslinimas žodžiu (50%).
Aprobuota katedros	2011-02-10
Patvirtinta Studijų programos komiteto	2011

Dalyko aprašą paruošė prof. A.F.Orliukas

Laboratoriniai darbai

1. Metalinių sluoksnių gamyba šiluminiu išgarinimu vakuume. Technologijos kontrolė.
2. Metalinių ir dielektrinių sluoksnių gamyba jonoplazminiu metodu.
3. Sluoksnių gamyba, išgarinant medžiagas joniniu spinduliu.
4. Fotojautriųjų puslaidininkinių sluoksnių gamyba. Parametrų matavimas.
5. Plonųjų sluoksnių storio matavimas mikroiinterferometru.
6. Fotolitografija.
7. Molekulinio pluoštelio epitaksija.
8. Porėtųjų darinių technologija.
9. Susipažinimas su AES, ESCA, SIMS, MOCVD bei CVD metodais.

CHEMICAL REGISTRATION AND HAZARDOUS DATA

We have listed facts which will assist purchasers in understanding hazardous chemical designations and will be useful in complying with shipping regulations. Some or all of the following designations are found for each chemical in our catalog:

CAS# . . . the registration number assigned to this chemical by the American Chemical Society's Chemical Abstract Service.

DOT . . . the hazard classification assigned by the U.S. Department of Transportation.

UN# . . . the serial number assigned to a chemical under the United Nations classification system (where such numbers have been assigned).

OTHER . . . special shipping comments of importance to our customers. SPC (special packing charge) to enable shipment by mail, air freight or United Parcel Service. Impervious packing is used to contain leaks or possible breakages.

CURRENT INTERNATIONAL HAZARD LABELS



Explosive
Explosionsgefährlich
Explosif



Poison
Giffig
Poison



Corrosive
Ätzend
Corrosif



Oxidising
Oxydierend
Oxydant



Slightly Poisonous
Leicht giftig
Poison peu dangereux



Radioactive
Radioaktiv
Radioactif



Flammable
Entzündlich
Inflammable



Irritant
Reizend
Irritant



Poison Category 1
Gift Kategorie 1
Poison Catégorie 1

DOT ABBREVIATION CHART

ABBREVIATION	HAZARD CLASS	IMCO CLASS EQUIVALENT
Exp-A Exp-B Exp-C	Class A Explosive Class B Explosive Class C Explosive	1.2 1.2, 1.3 1.4
Bls-A	Blasting Agents	1.5
Cmb-L	Combustible Liquid	3.3
Corr	Corrosive Material	8
Flm-L Flm-G Flm-S N-Flm	Flammable Liquid Flammable Gas Flammable Solid Non-flammable Gas	3.1, 3.2, 3.3, 4.2 2.1 4.1, 4.2, 4.3 2.2
O-Prx	Organic Peroxide	5.2
OXY	Oxidizer	5.1
Psn-A Psn-B	Poison A Poison B	2.3 6.1
Irrt	Irritating Material	—
Rad	Radioactive Material	7
ORM-A ORM-B ORM-C ORM-D ORM-E	ORM-A (Other Regulated Material) ORM-B ORM-C ORM-D ORM-E	9 9 9 9 9

3 lentelė Medžiagų pavojingumo žymėjimų sutrumpinimai.

Santrumpa	Pavojingumo klasė	IMCO klasės ekvivalentas
Exp-A	Klasė A Sprogstamoji medžiaga	1.2
Exp-B	Klasė B Sprogstamoji medžiaga	1.2,1.3
Exp-C	Klasė C Sprogstamoji medžiaga	1.4
Bis-A	Sprogstamoji medžiaga	1.5
Cmb-L	Degus skystis	3.3
Corr	Ėdanti, korozinė medžiaga	8
Flm-L	Liepsnojantis skystis	3.1, 3.2, 3.3, 4.2
Flm-G	Liepsnojančios dujos	2.1
Flm_S	Liepsnojanti kieta medžiaga	4.1, 4.2, 4.3
N-Flm	Neliepsnojančios dujos	2.2
O-Prx	Organiniai peroksidai	5.2
OXY	Oksidatoriai	5.1
Psn-A	Nuodai A	2.3
Psn-B	Nuodai B	6.1
Irrt	Dirginančios medžiagos	-
Rad	Radioaktyvios medžiagos	7
ORM-A	ORM-A(Kitos reglamentuotos	9
ORM-B	medžiagos	
ORM-C	ORM-B	9
ORM-D	ORM-C	9
ORM-E	ORM-D	9
	ORM-E	9

PARTICLE SIZE MEASUREMENT TECHNIQUES

Particle size and particle size distribution have considerable effects on the properties of most powders. Changes in particle size can alter flow characteristics, reaction time, compaction properties, and other parameters involving the physical behavior of a powder. These differences can, in turn, affect the end results of manufacturing processes.

There are numerous commercially available instruments for measuring particle sizes and particle size distribution in a powdered material. Since no one instrument will serve all requirements, the selection of a measuring device depends upon the ultimate results desired. Some measuring techniques are very exotic, time consuming or too costly for daily commercial uses and will not be considered or discussed here.

CERAC employs four procedures to measure particle sizes.

SIEVES

These instruments are flat surfaces with carefully prepared openings. Depending on the chemical behavior of the material being handled, sieves may be constructed of various metals or plastics to maintain the purity of the powder being measured. In sieve fractionation of a powder, vibratory action separates the particles into three absolute particle size ranges, as the following example illustrates.

+100 mesh

These particles are retained on and are larger than the openings of a 100 mesh (149 micron) sieve.

-100, +200 mesh

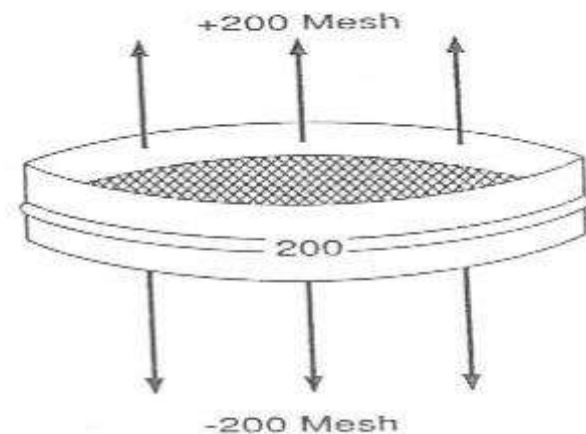
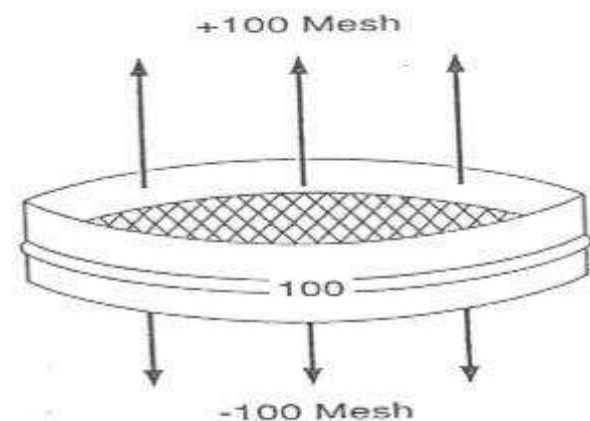
These particles pass through a 100 mesh (149 micron) sieve and are retained on a 200 mesh (74 micron) sieve.

-200 mesh

These particles pass through a 200 mesh (74 micron) sieve and are all smaller than 200 mesh.

The portion in the center fraction (i.e. -100, +200 mesh) may vary $\pm 10\%$, depending on the position of the particle relative to the sieve opening as it passes through the screen. For example, needle-like particles may be vertical or horizontal at the sieve opening.

Sieving at -400 mesh (37 microns) is routinely performed. Sizing below this range is best accomplished through air classification.



PARTICLE SIZE CONVERSION TABLE

MESH SIZE	APPROXIMATE MICRON SIZE	APPROXIMATE MILLIMETERS	INCHES
4	4760	4.76	0.185
6	3360	3.36	0.131
8	2380	2.38	0.093
12	1680	1.68	0.065
16	1190	1.19	0.046
20	840	0.84	0.0328
30	590	0.59	0.0232
40	420	0.42	0.0164
50	297	0.29	0.0116
60	250	0.25	0.0097
70	210	0.21	0.0082
80	177	0.17	0.0069
100	149	0.14	0.0058
140	105	0.10	0.0041
200	74	0.07	0.0029
230	62	0.06	0.0024
270	53	0.05	0.0021
325	44	0.04	0.0017
400	37	0.03	0.0015
625	20	0.02	0.0008
1250	10	0.01	0.0004
2500	5	0.005	0.0002

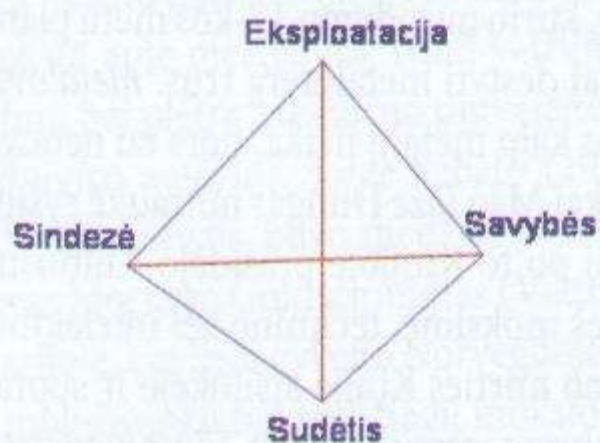
In 1938, Stefan Brunauer, Hugh Emmett and Edward Teller published an article about the BET theory in a journal for the first time; “BET” consists of the first initials of their family names. [BET (m²/g)].

6 lentelė. Dujų, naudojamų medžiagų sintezei, balionų markiruotė

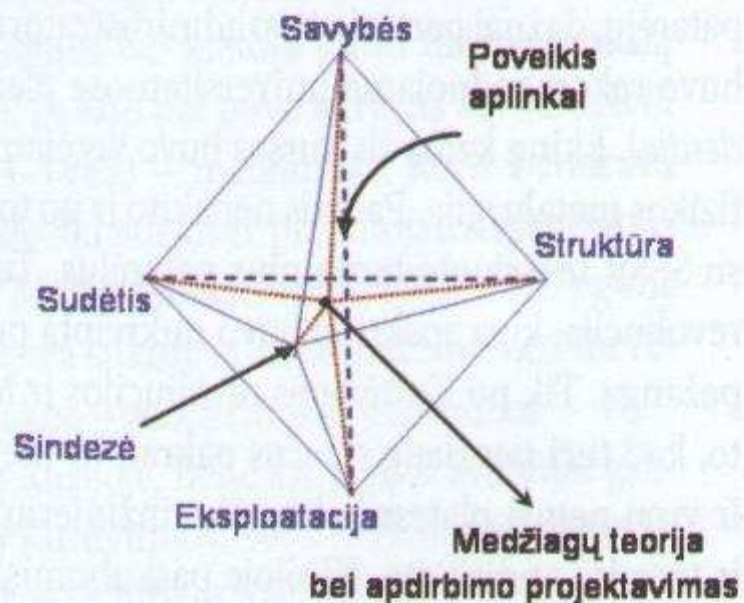
Dujos	Baliono spalva	Užrašas	Užrašo spalva	Juostos spalva
Azotas	Juoda	Azotas	Geltona	Ruda
Amoniakas	Geltona	Amoniakas	Juoda	-
Drėgnas argonas	Juoda	Drėgnas argonas	Balta	Balta
Techninis argonas	Juoda	Techninis argonas	Mėlyna	Mėlyna
Švarus argonas	Pilka	Švarus argonas	Žalia	Žalia
Acetilenas	Balta	Acetilenas	Raudona	-
Butilenas	Raudona	Butilenas	Geltona	Juoda
Vandenilis	Tamsiai žalia	Vandenilis	Raudona	-
Oras	Juoda	Suspaustas oras	Balta	-
Helis	Ruda	Helis	Balta	-
Deguonis	Mėlyna	Deguonis	Juoda	-
Sieros vandenilis	Balta	Sieros vandenilis	Raudona	
Fosgenas	Slepiajoji	-	-	-
Freonas	Aliuminio	Freonas	Juoda	Mėlyna
Chloras	Slepiajoji	-	-	Žalia
Etilenas	Violetinė	Etilenas	Raudona	-

7 lentelė. Patalpų švarumo klasės pagal JAV federalinį standartą.

Leistinas dalelių kiekis 1 kubinėje pėdoje, kai dalelės skersmuo, μm					
klasė	0,1	0,2	0,3	0,5	5
1	35	7,5	3	0,035	
10	350	7,5	30	0,35	
100		750	300	3,5	
1000				35	7
10000				350	70
10000					700



(a)



(b)

1.1 pav. a) Keturi būdingi medžiagų mokslo ir inžinerijos dalyko tikslai pagal M. Flemingsą; b) Šeši tikslai pagal C. Shi.

Kristalinės struktūros

Singonijos ir 32 taškinės simetrijos grupės

Visos kristalinės struktūros yra grupuojamos 7 singonijose bei yra žinomos 32 jų taškinės simetrijos grupės.

Singonijos:

1. Triklininė
2. Monoklininė
3. Rombinė
4. Tetragoninė
5. Trigoninė
6. Heksagoninė
7. Kūbinė.

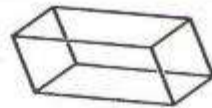
Visos 32 taškinės grupės turi tarptautinį, žymėjimą bei žymėjimus pagal Šubnikovą ir Šemflisą. Kiekviena taškinė grupė skirstoma į simetrijos klases ir kiekviena klasė turi savo simbolį. Visos taškinės simetrijos grupės yra skirstomos į K^I ir K^{II} atitinkamai pirmąsias ir antrąsias rūšis. Iš viso yra $K^I - 11$ ir $K^{II} - 21$ grupės. K^I rūšiai priklauso taškinės grupės, kuriose yra tik posūkio ašys, o K^{II} rūšiai priskiriamos grupės, kuriose yra inversijos bei atspindžio centrai.

Visos kristalinės gardelės sugrupuojamos į 14 Bravės gardelių.

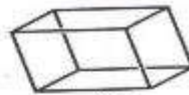
Gardelė, turinti tiek taškinės simetrijos operaciją, tiek poslinkius, vadinama Bravės grupe, o begalinė gardelė, gauta iš Bravės grupės, vadinama Bravės gardele.

Kristalinės gardelės geometrija nusakoma gardelės parametrų a , b , c bei geometrinės figūros kampais.

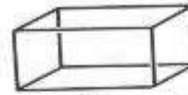
Elementārie daugia kopaši nu-
sakantys 7 singtonijos



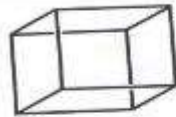
Triklininė



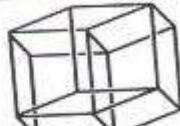
Monoklininė



Rombinė



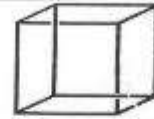
Tetragoninė



Trigoninė

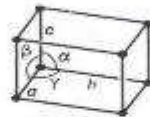


Heksegoninė

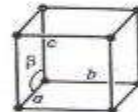


Kūbinė

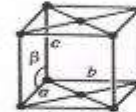
14 Bravės gardelės



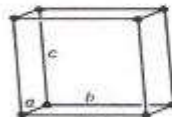
1



2



3



4



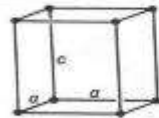
5



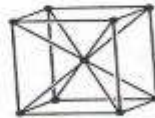
6



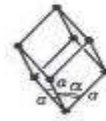
7



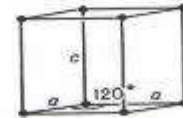
8



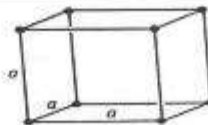
9



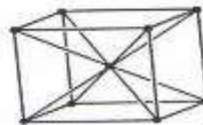
10



11



12



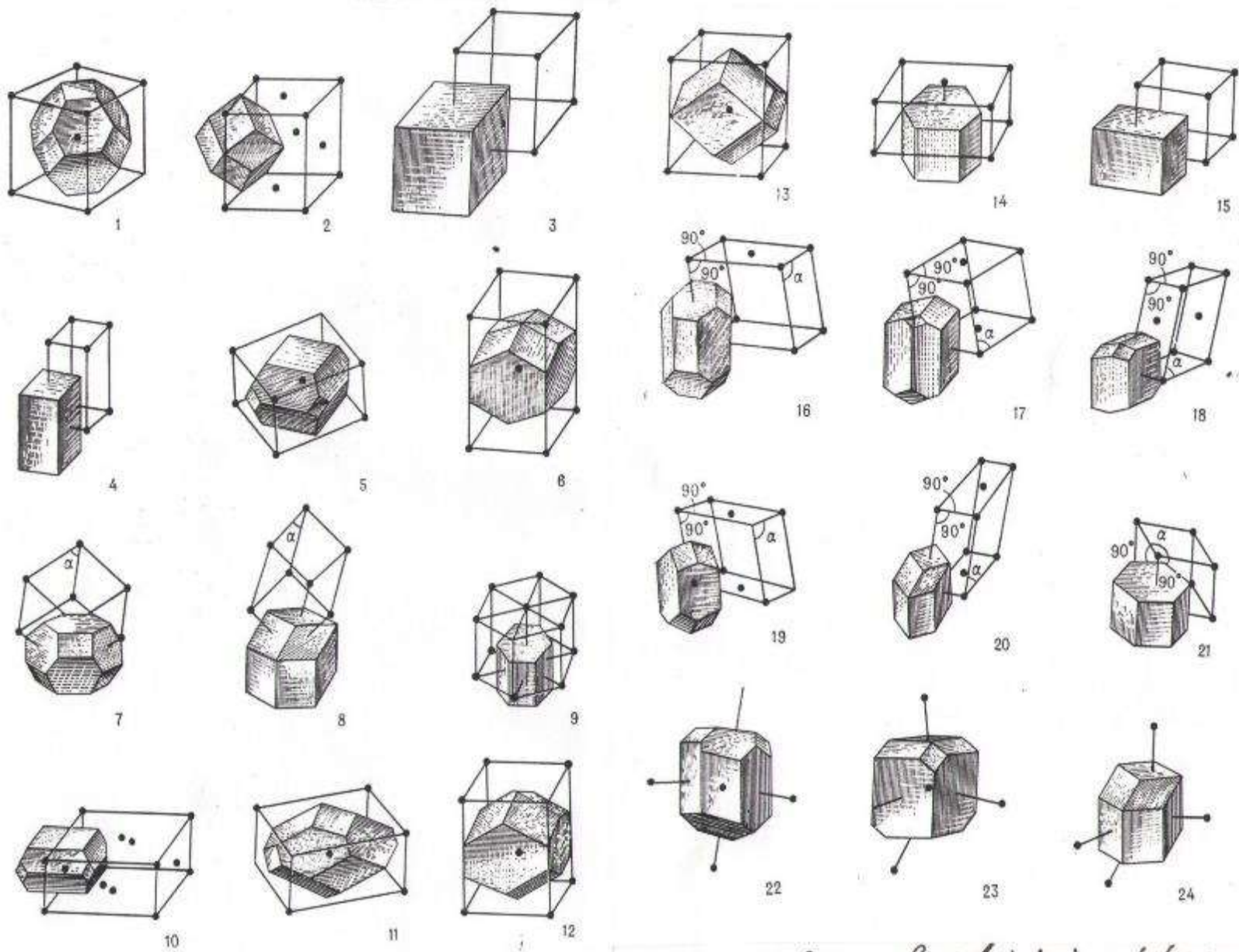
13



14

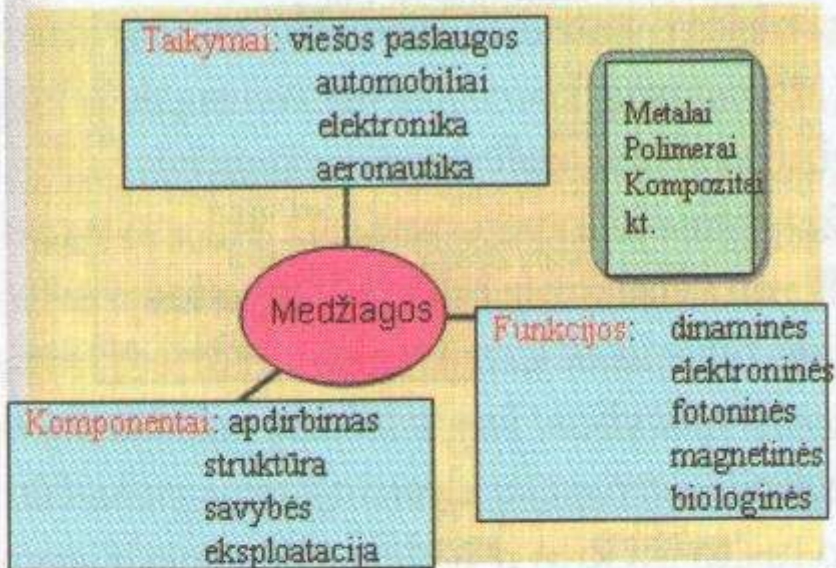
1 - Triklininė, 2, 3 - Monoklininės, 4-7 - Rombinės,
8-9 - Tetragoninės, 10 - Trigoninė, 11 - Heksegoninė,
12-14 - Kūbinės

Bravais gredelės ir veidus kristalai (24 uždavinio atvejai)

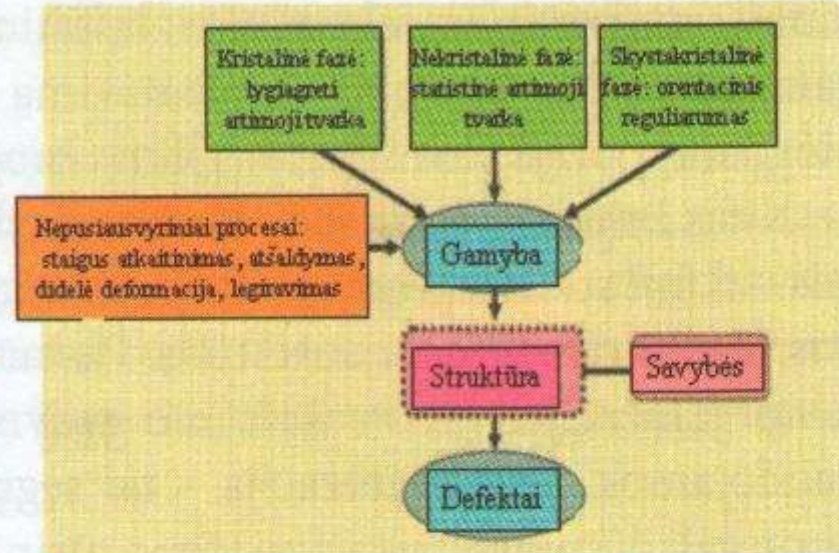


10-15
rombiniai,
16-21-
monoklininiai
22-24
triklininiai

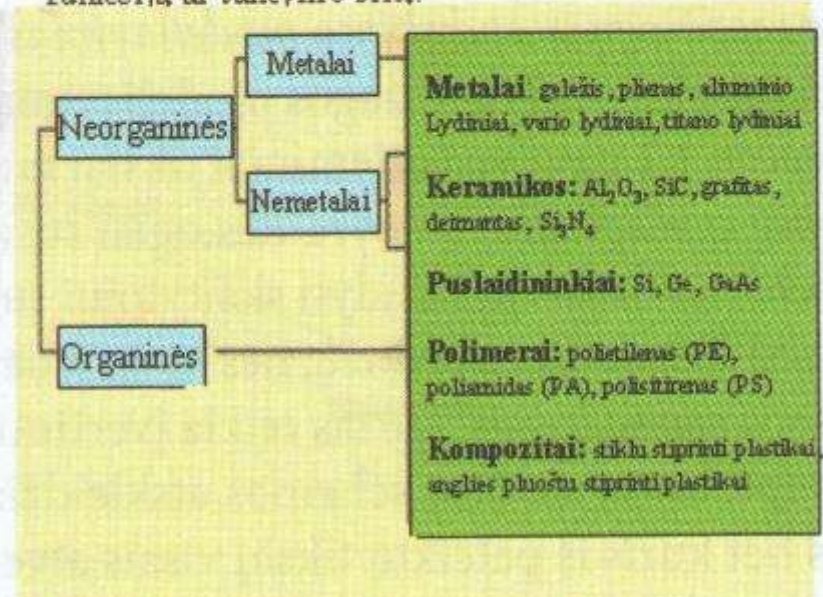
1-3 - kubiniai, 4-6 - tetraoniniai, 7,8 - romboedriniai, 9 - heksagoniniai



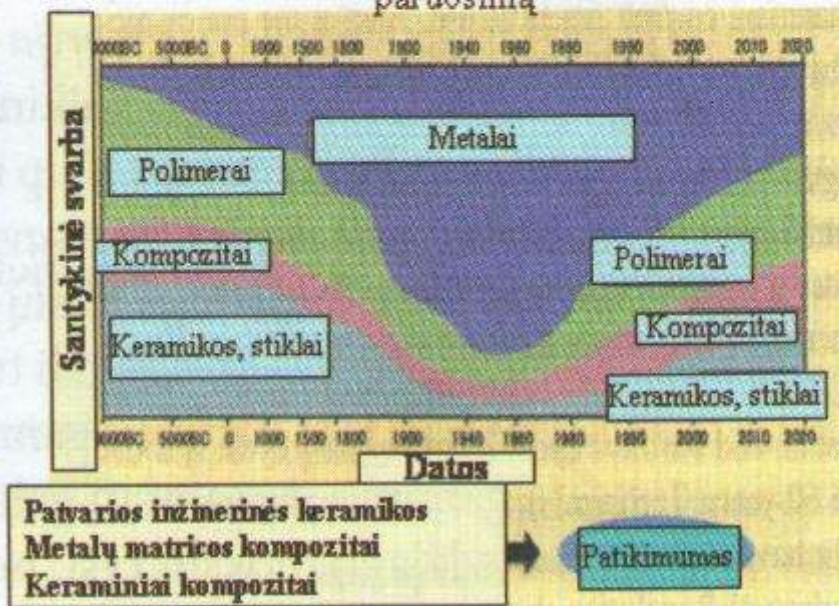
1.2 pav. Medžiagų skirstymas pagal komponentų rūšį, funkciją ar taikymo sritį.



1.4 pav. Medžiagų skirstymas pagal struktūrą ir paruošimą



1.3 pav. Medžiagų skirstymas pagal kilmę, metališkumą ir konstrukcines savybes.



1.5 pav. Konstrukcinių medžiagų evoliucija.

Pagal būdingus bruožus atrenkamos medžiagos:

1. Nanomedžiagos.
2. Superlaidžios medžiagos.
3. Magnetinės medžiagos.
4. Puslaidininkinės medžiagos.

Pagal taikymo sritį skirstomos medžiagos:

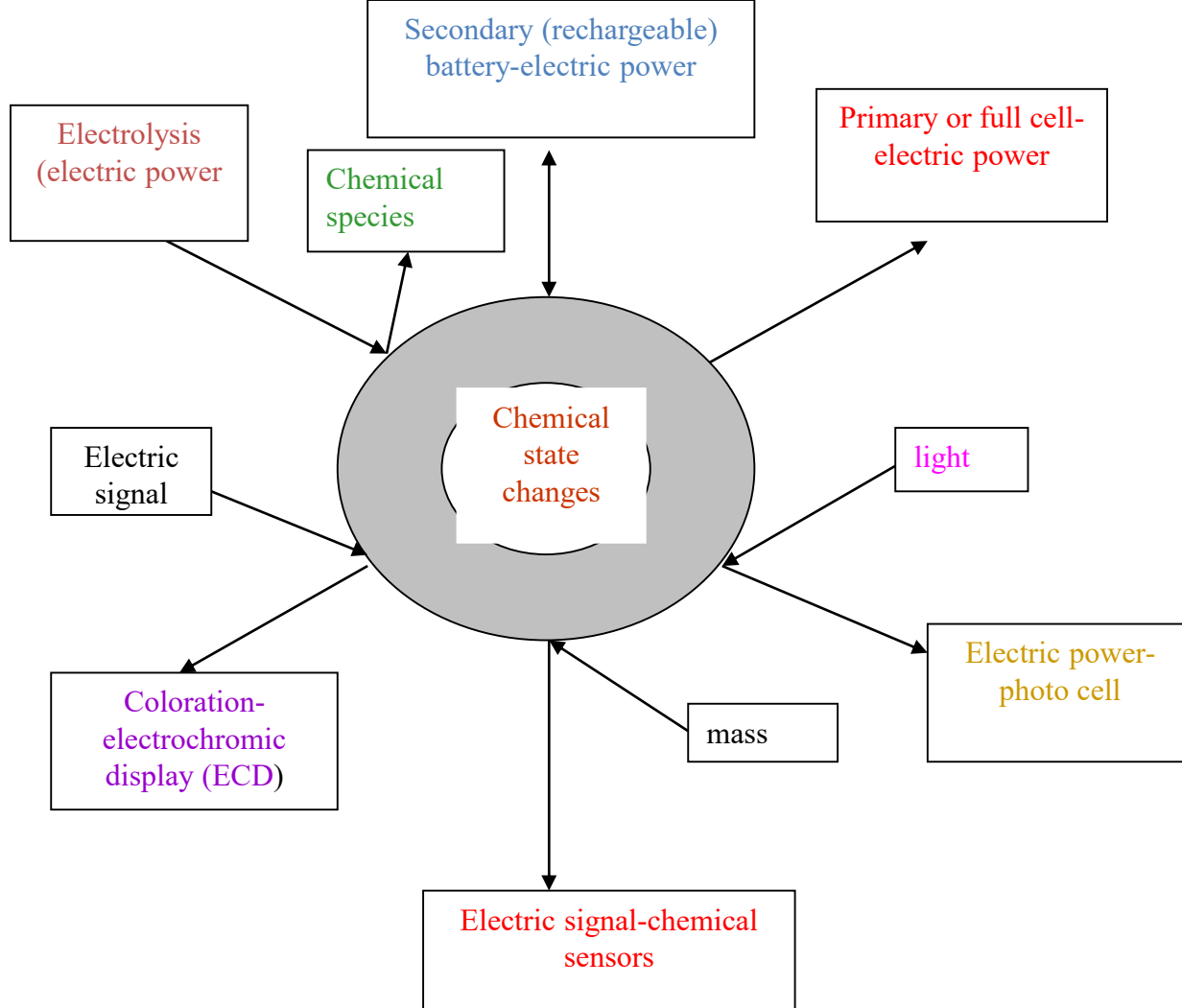
5. Biomedžiagos.
6. Ekologinės ir energiją generuojančios ir taupančios medžiagos.
7. Aukštų temperatūrų medžiagos reaktyviniams varikliams ir garo turbinoms gaminti.

Eksploatavimui reikalingos medžiagos:

8. Metalai.
9. Keramikos.
10. Kompozitai.
11. Polimerai.

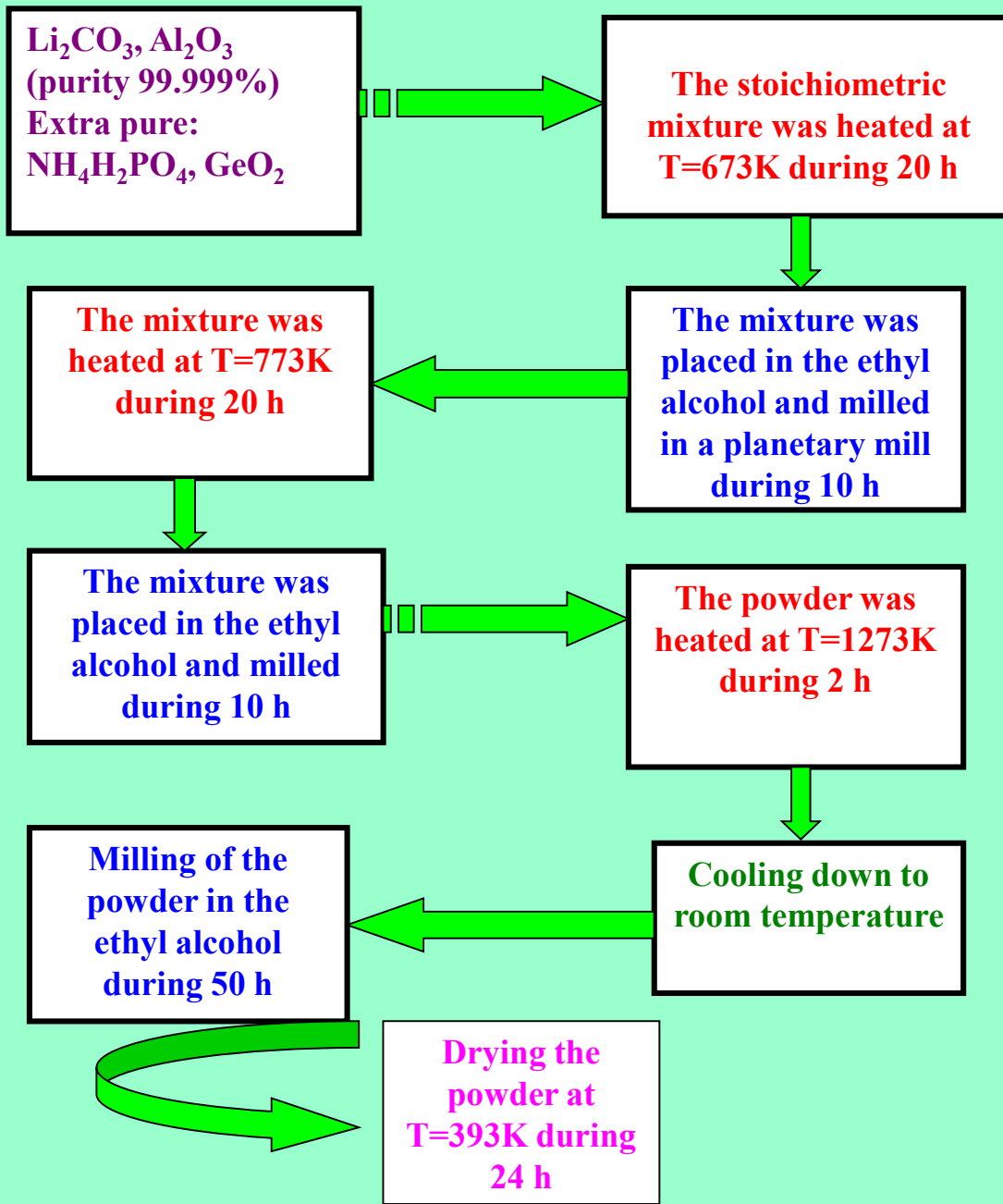
Kitos mokslo ir eksperimentinės metodų plėtros kryptys:

12. Medžiagų analizės ir medžiagų evoliucijos metodikos.
13. Medžiagų metodikos ir taikymai dideliems laukams generuoti.
14. Nanomedžiagų modeliavimo ir technologijos metodikos.
15. Naujų medžiagų kūrimo metodikos.
16. Įvairiapusių duomenų apie įvairias medžiagas kaupimas ir sklaida.
17. Tarptautinių standartų kūrimas ir plėtra.

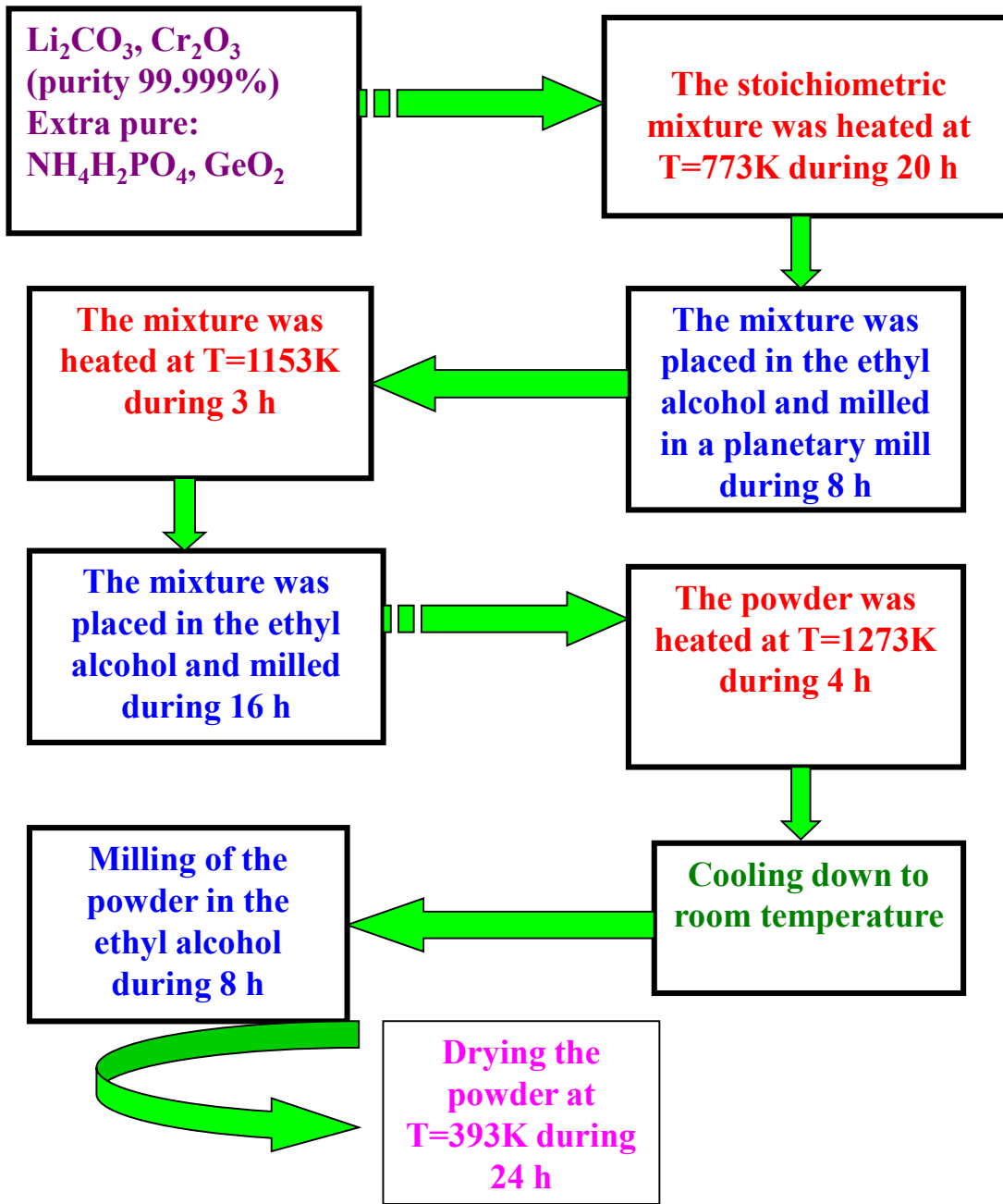


Electrochemical devices
 agree T. Kudo, K. Fueki, SSI, 1990

Synthesis conditions of the $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ compounds by a solid phase reaction

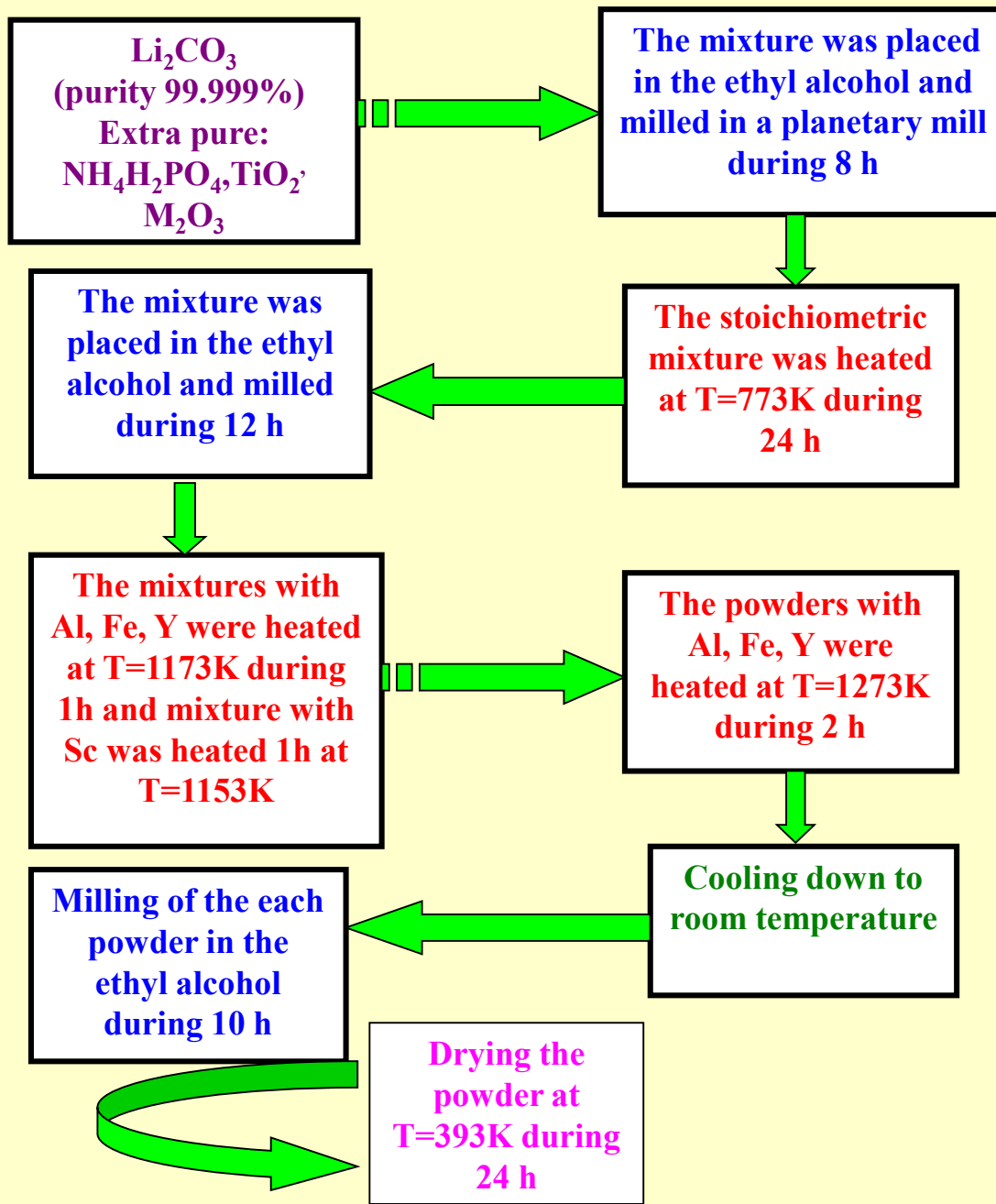


Synthesis conditions of the $\text{Li}_{1.3}\text{Cr}_{0.3}\text{Ge}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$ compounds by a solid phase reaction



Synthesis conditions of the

$\text{Li}_{1+x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ (where $\text{M}=\text{Sc}, \text{Al}, \text{Fe}, \text{Y}$; $x=0.3$) compounds by a solid phase reaction



The substitution of M^{3+} and M^{2+} ions in $\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$ solid electrolytes

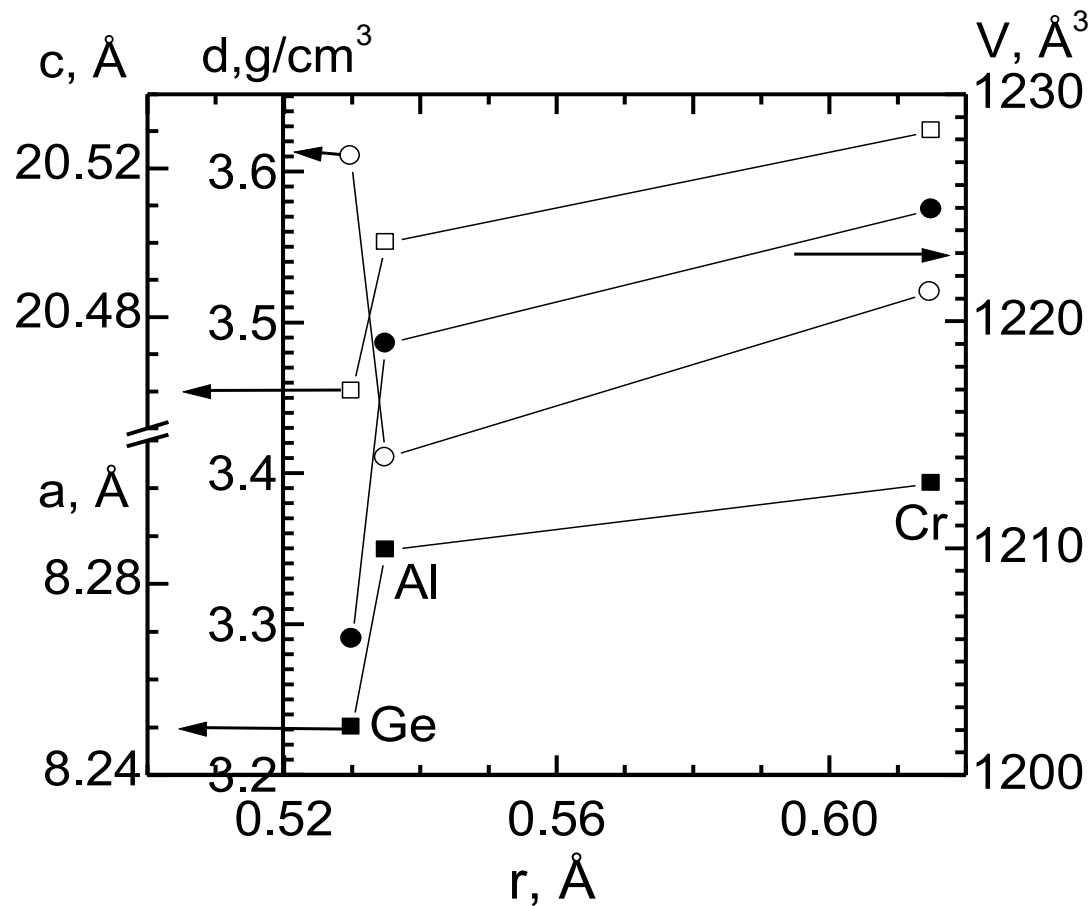
The values of the ionic radius are: $\text{Ti}^{4+} = 0.6$, $\text{Sc}^{3+} = 0.81$, $\text{Fe}^{3+} = 0.76$, $\text{Y}^{3+} = 0.93$, $\text{Al}^{3+} = 0.5$, $\text{Ge}^{4+} = 0.53$, $\text{Cr}^{3+} = 0.69$, $\text{Mg}^{2+} = 0.65 \text{ \AA}$.

The compounds at room temperature belongs to the rhombohedral symmetry
(.S.G. $R\bar{3}c$) $Z=6$

The substitution $\text{Ti}^{4+} \rightarrow \text{M}^{3+} + \text{Li}^+$ realize in the compounds $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ Where $M = \text{Sc}, \text{Al}, \text{Fe}, \text{Y}, \text{La}$, $x = 0.3$.

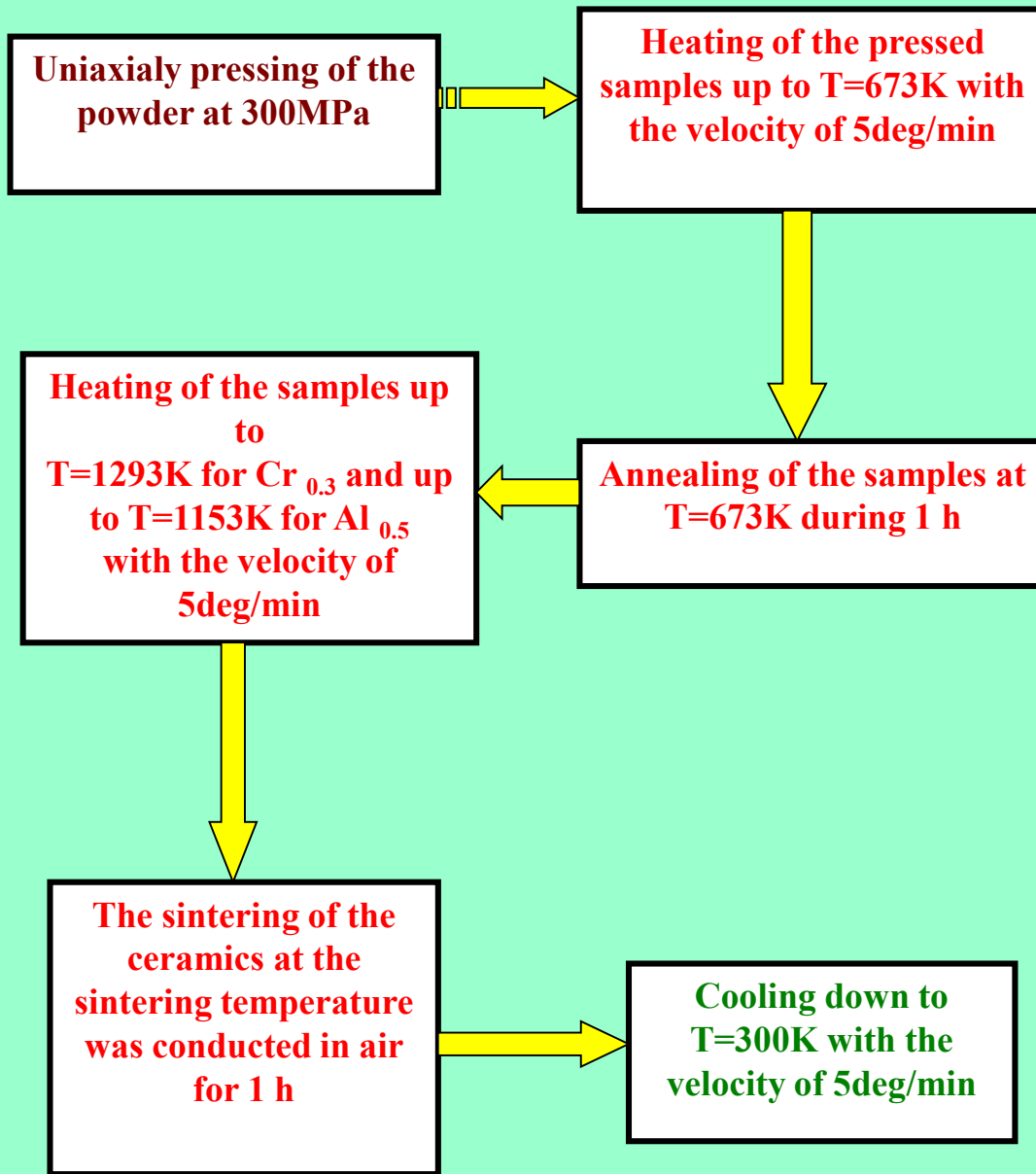
The substitution $\text{Ge}^{4+} \rightarrow \text{M}^{3+} + \text{Li}^+$ realize in the compounds $\text{Li}_{1+x}\text{Ge}_{2-x}\text{M}_x(\text{PO}_4)_3$ Where $M_x = \text{Al}_{0.5}, \text{Cr}_{0.3}$.

The substitution $\text{Ti}^{4+} \rightarrow \text{M}^{2+} + 2\text{Li}^+$ realize in the compounds $\text{Li}_{1+2x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ Where $M_x = \text{Mg}_{0.3}$.

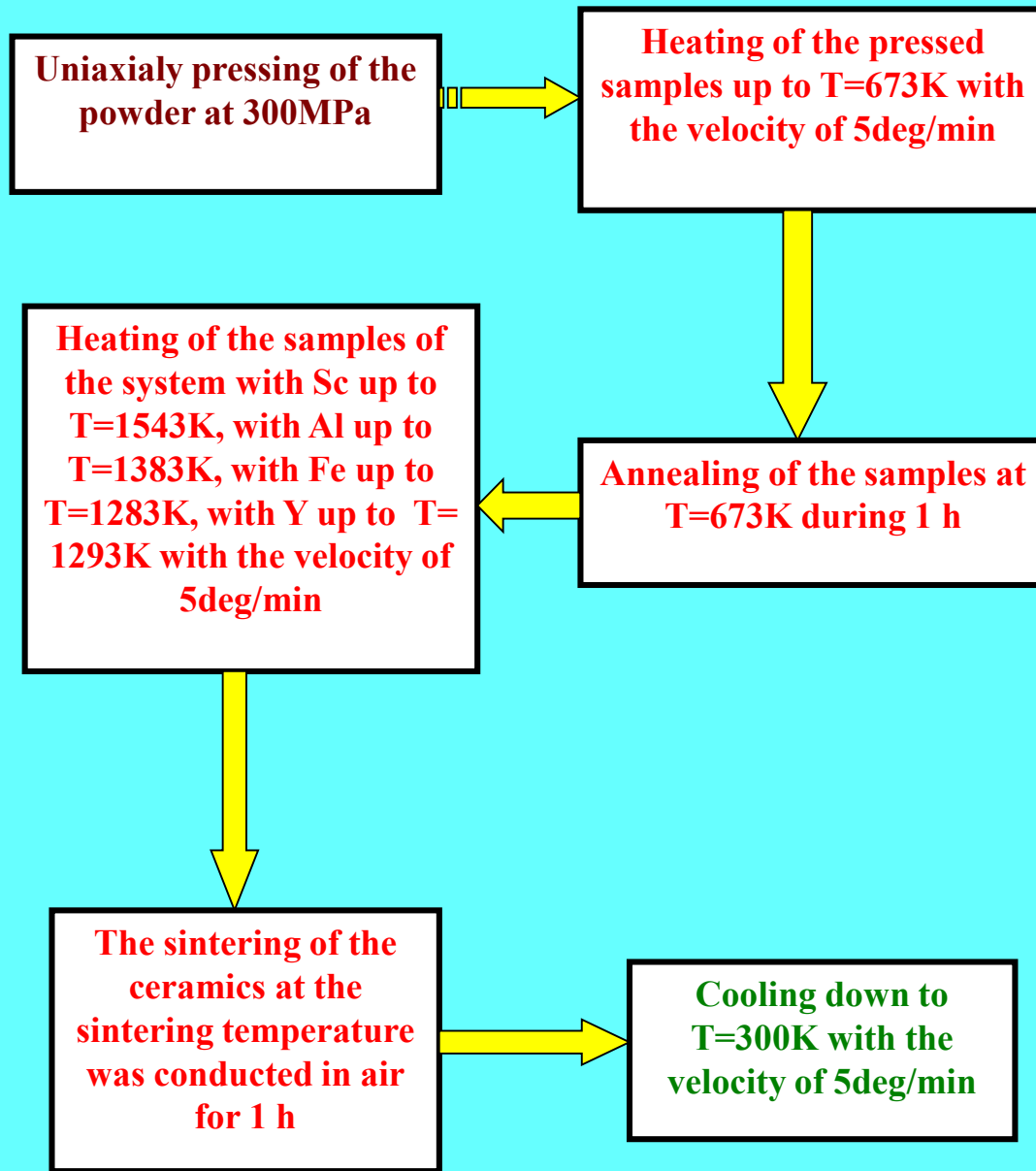


The relation between lattice parameters a (■), c (□), V (●), the density d (○) and the ionic radius r of Ge^{4+} , Al^{3+} , Cr^{3+} for $\text{Li}_{1+x}\text{Ge}_{2-x}\text{Al}(\text{Cr}_x)(\text{PO}_4)_3$ single phase

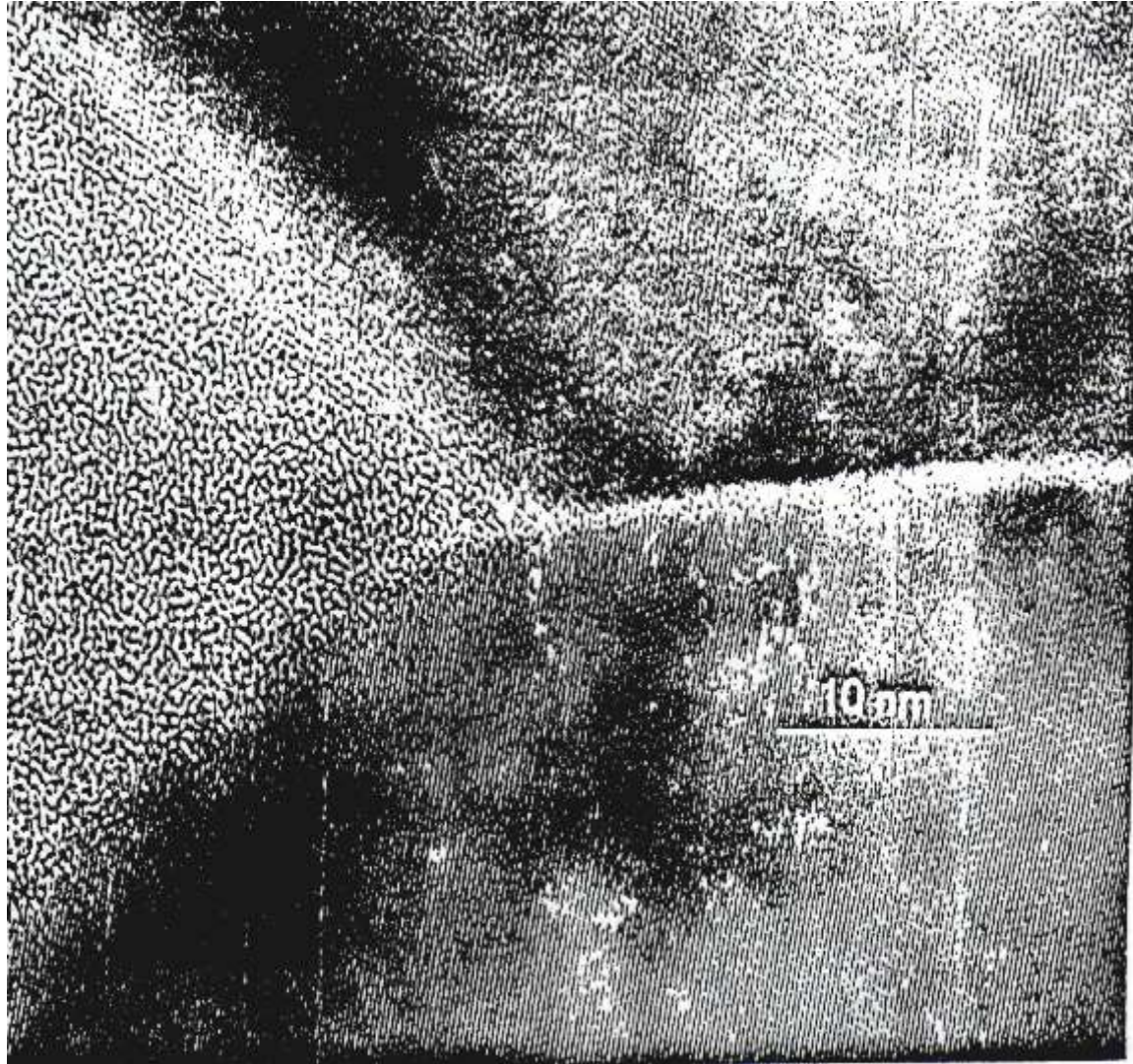
Sintering of $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x(\text{Cr}_x)\text{Ge}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ (where $\text{Al}_{0.5}$, $\text{Cr}_{0.3}$) ceramics

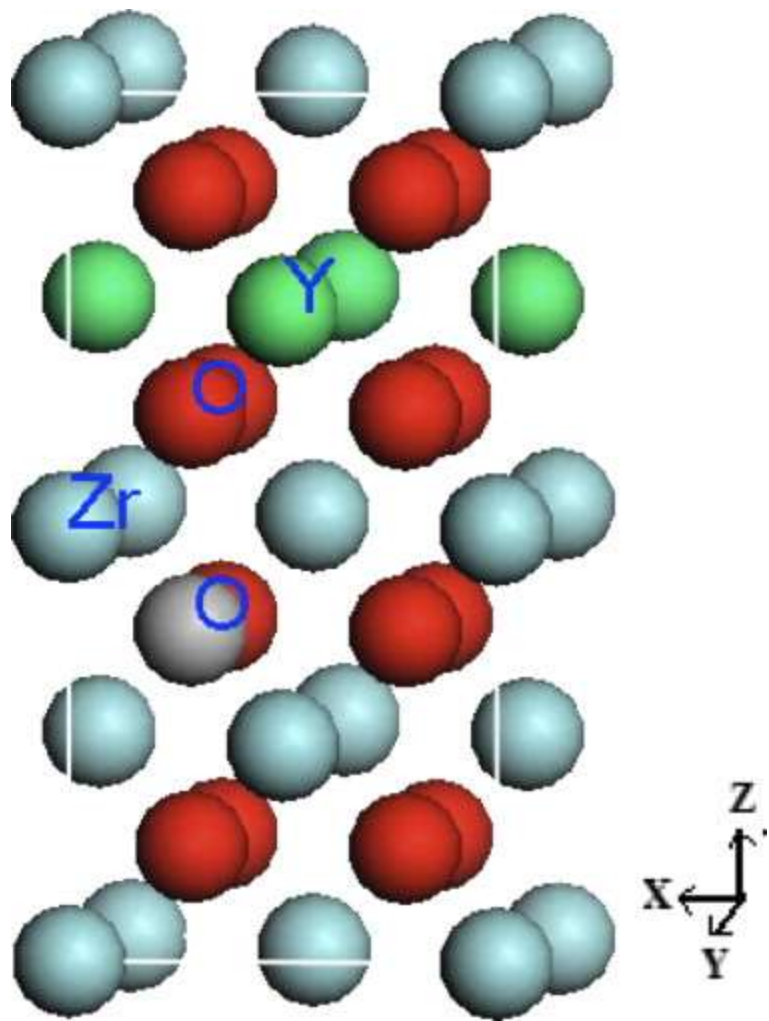


Sintering of the $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ (where M=Sc, Al, Fe, Y; x=0.3) ceramics



ZrO₂ - 3mol% Y₂O₃ keramikos nanostruktūra



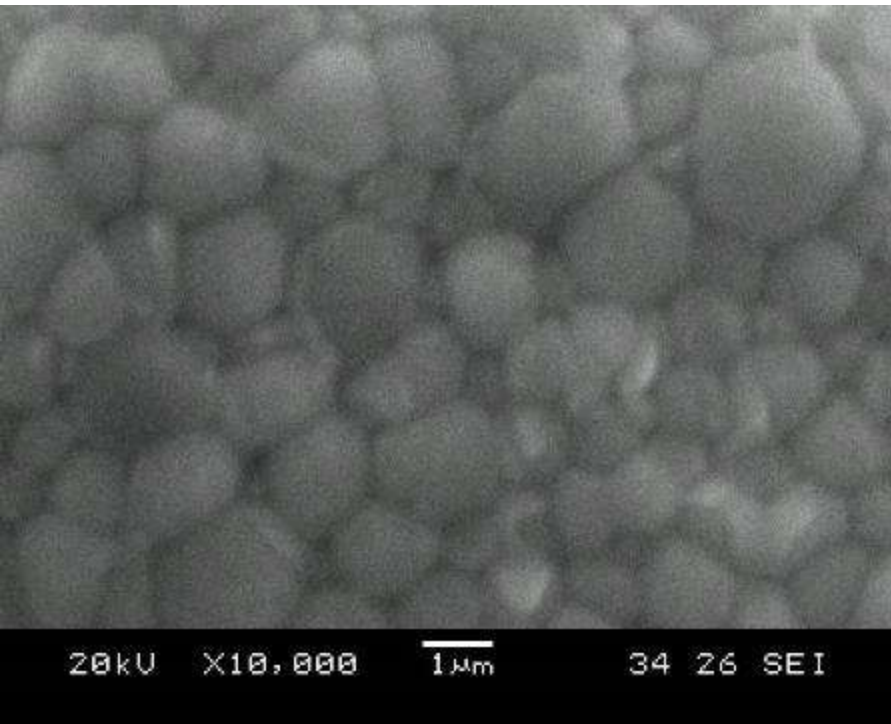


YSZ

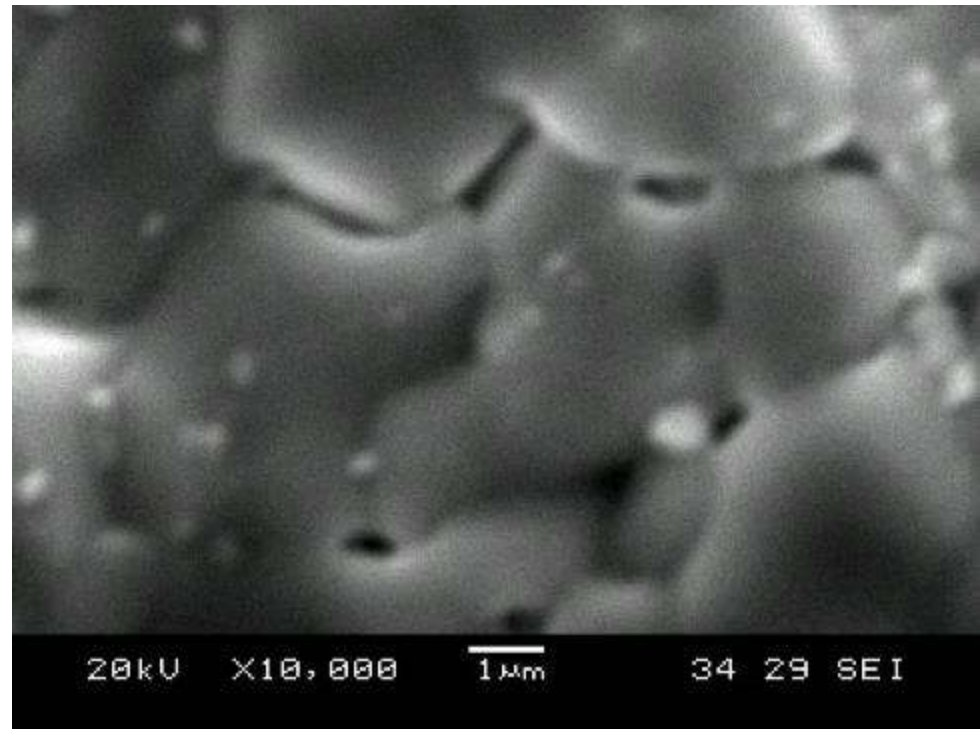
YSZ, GDC, SDC composition, S_{BET} of the powder theoretical and relative densities of the ceramics.

Composition	S_{BET} , m ² /g	$D_{\text{theoretical}}$ g/cm ³	d , %
$\text{Gd}_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_{1.9}$	220	7.24[3]	95.0
$\text{Sm}_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_{1.9}$	212	7.15[1]	94.0
$\text{Sm}_{0.15}\text{Ce}_{0.85}\text{O}_{2-\delta}$	195	7.22[5]	94.0
$\text{Sm}_{0.15}\text{Ce}_{0.85}\text{O}_{1.925}$	203	-	94.0
$\text{Sm}_{0.15}\text{Ce}_{0.85}\text{O}_{1.925}$	8	-	92.0
$\text{Gd}_{0.1}\text{Ce}_{0.9}\text{O}_{1.95}$	6.44	7.21[2]	97.0
$\text{Gd}_{0.1}\text{Ce}_{0.9}\text{O}_{2-\delta}$	201	-	95.0
92 mol% ZrO_2 8 mol% Y_2O_3	1.67	5.96[4]	97.0
92 mol% ZrO_2 8 mol% Y_2O_3	12.4	-	95.0

1. H.B.Li et al. Acta Mater. 54(2006)721; 2. K.Huang et al. J. Amer. Ceram. Soc. 81(1998)357; 3. G.Chiadeli et al. Sol. State Ioncs, 176(2005)1505; 4. H.Liu et al. Mat. And Design, 31(2010)2972; 5. C.Jiang et al. Power Sources, 165(2007)134.

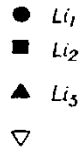
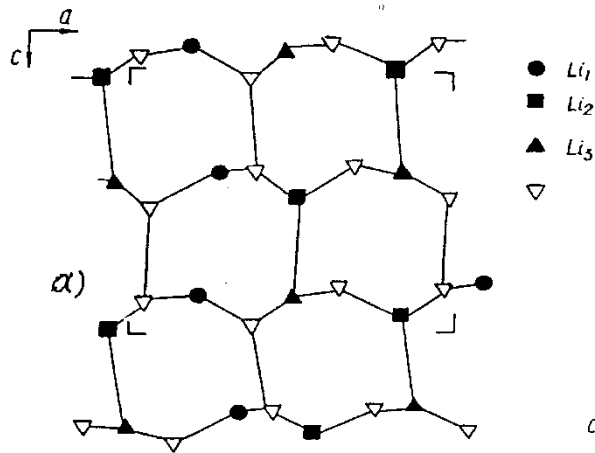


a)



b)

SEM images of $\text{Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{1.95}$ ceramics sintered from powder with $S_{\text{BET}} = 158.03 \text{ m}^2/\text{g}$ (a) and $S_{\text{BET}} = 6.44 \text{ m}^2/\text{g}$ (b)



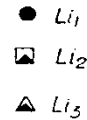
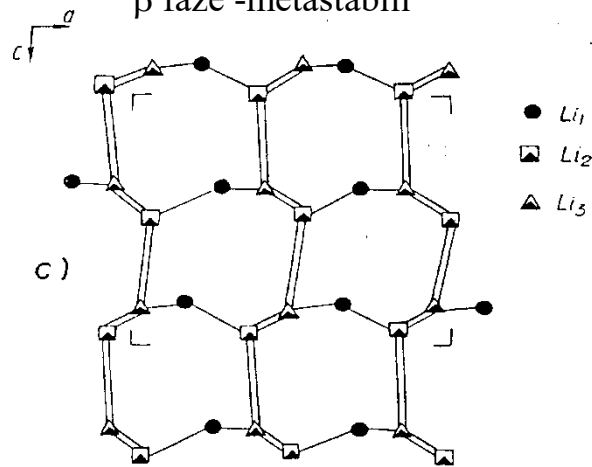
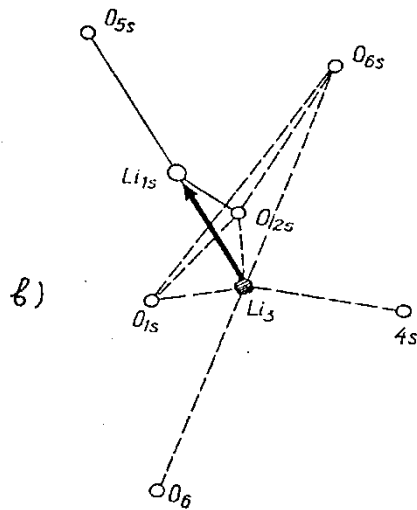
$\alpha \rightleftharpoons \beta$ $T=450\text{K}$

$\beta \rightleftharpoons \gamma$ $T=523\text{K}$

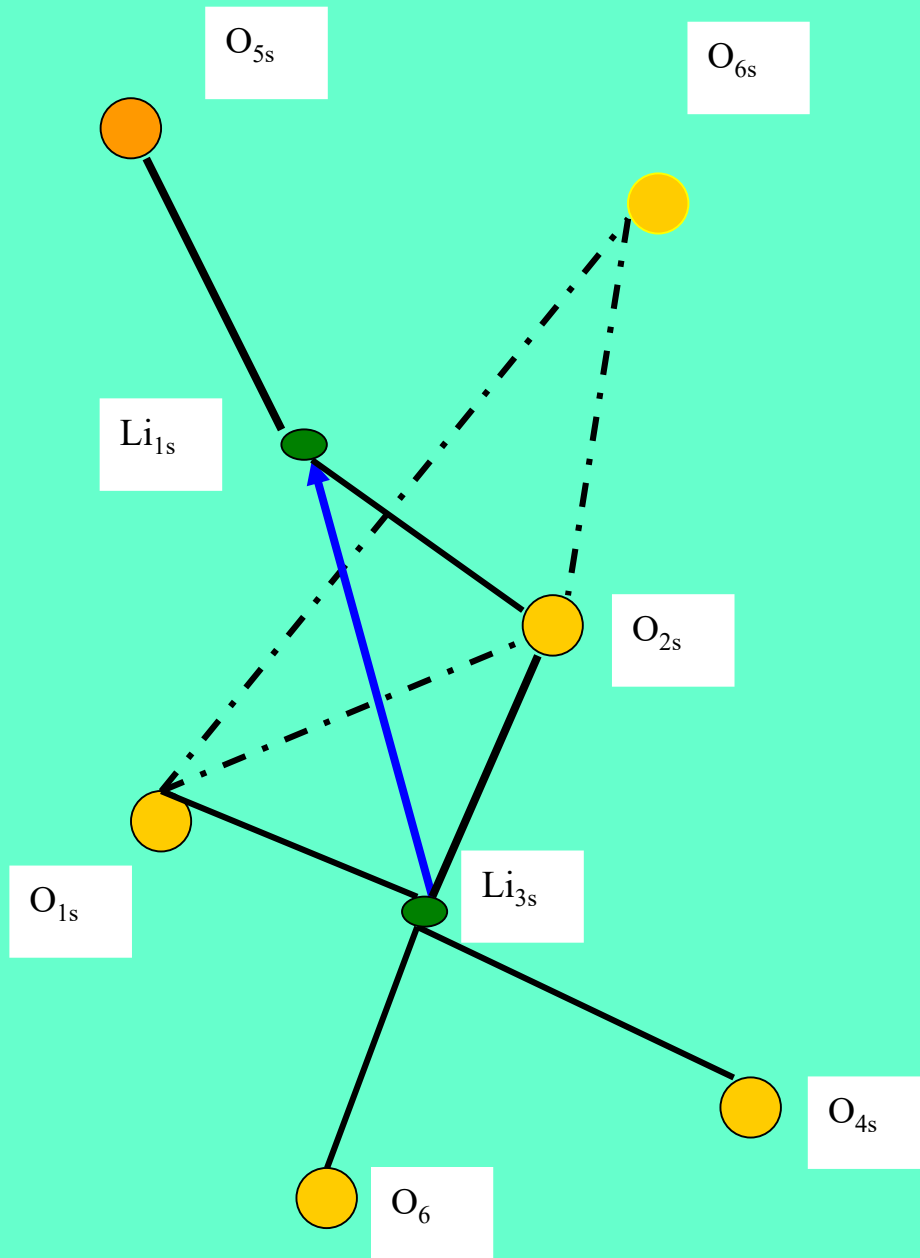
α fazè-monoklininè ($P_{2/n}$)

γ fazè-rombinè (P_{can})

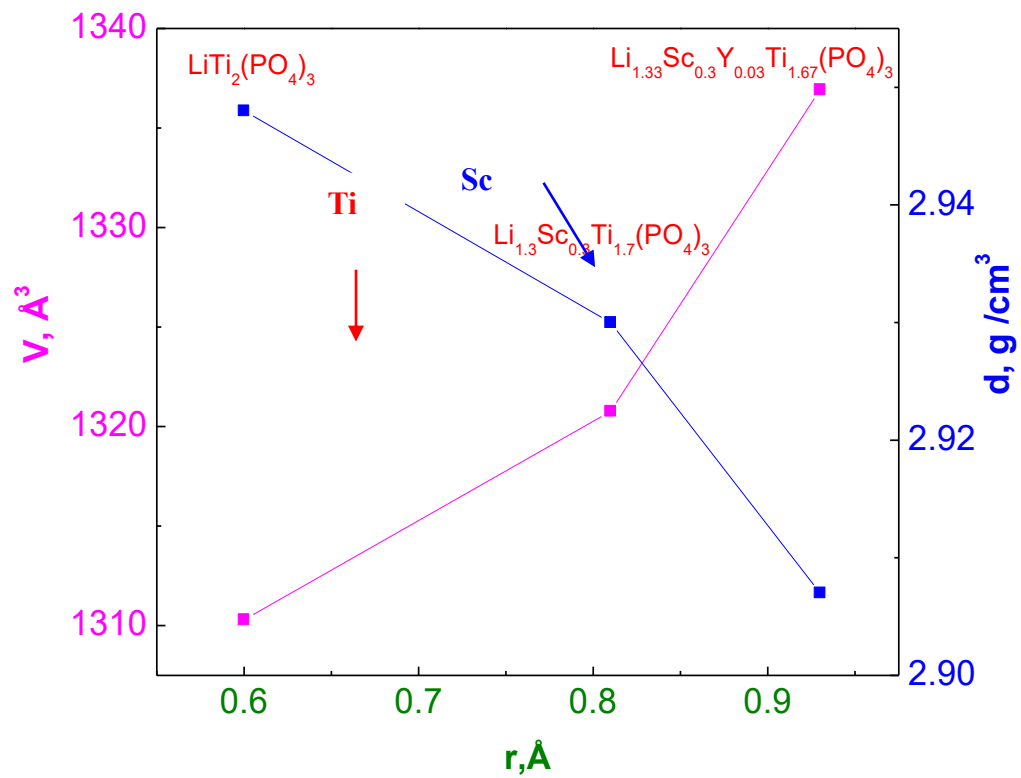
β fazè -metastabili



a) α - $\text{Li}_3\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ Li^+ ion map on the (010) plane, b) oxygen window in β phase on the (001) plane, c) γ - $\text{Li}_3\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ Li^+ ion map on the (010) plane

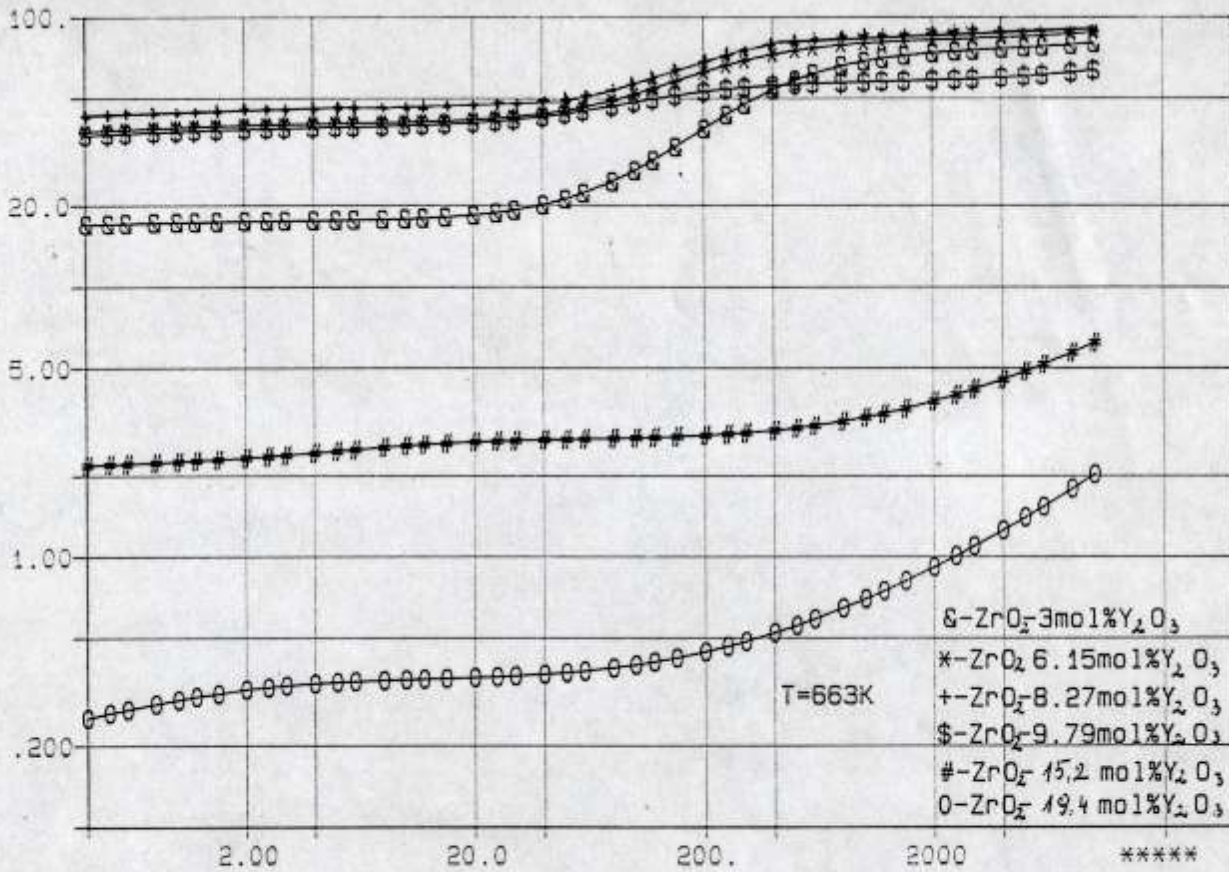


$\text{Li}_{1+x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ O-Window



E-4,

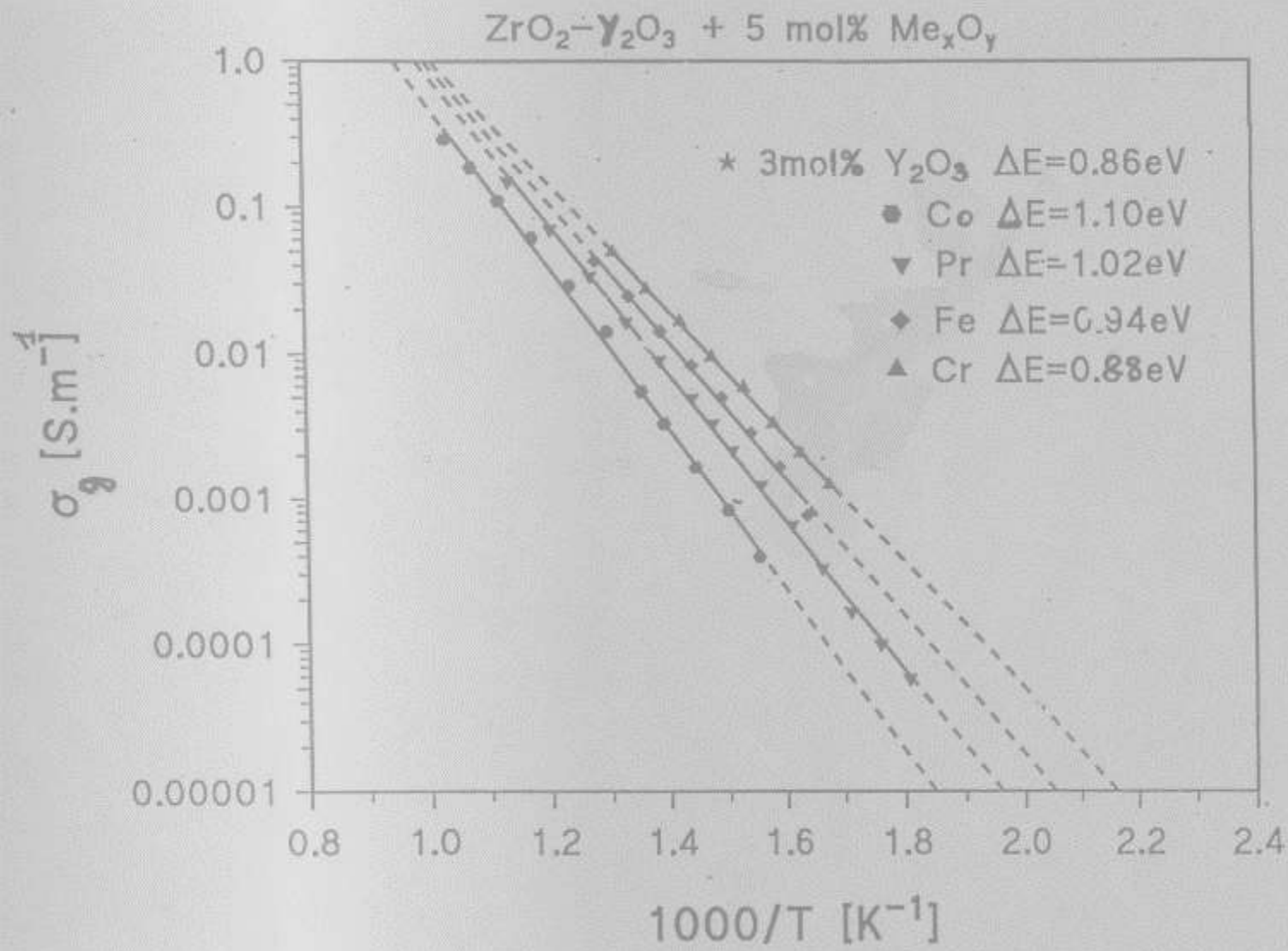
σ_z , S/m



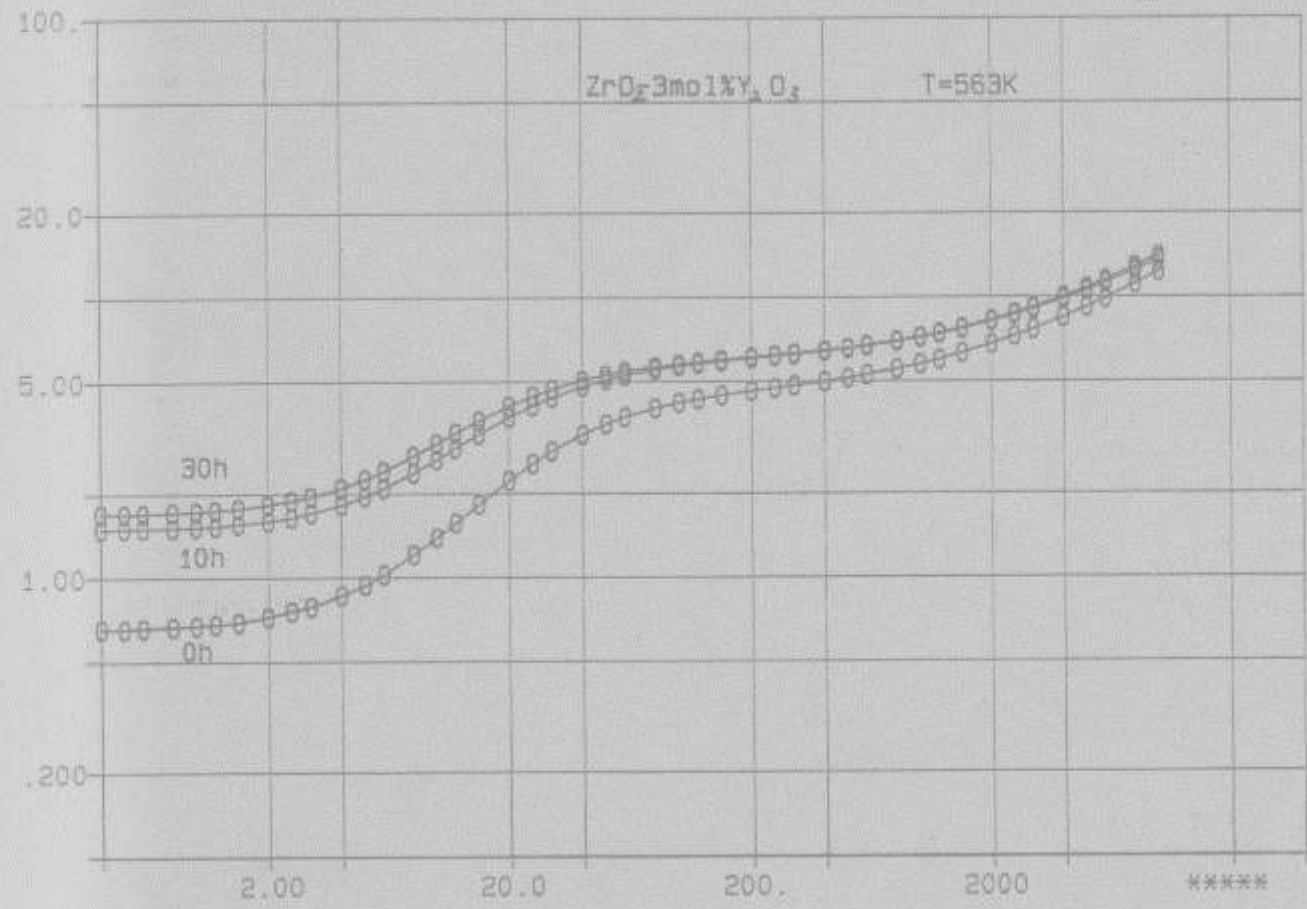
T=663K

- &-ZrO₂-3mol%Y₂O₃
- *-ZrO₂-6.15mol%Y₂O₃
- +-ZrO₂-8.27mol%Y₂O₃
- \$-ZrO₂-9.79mol%Y₂O₃
- #-ZrO₂-15.2 mol%Y₂O₃
- 0-ZrO₂-19.4 mol%Y₂O₃

E 2 , f. Hz

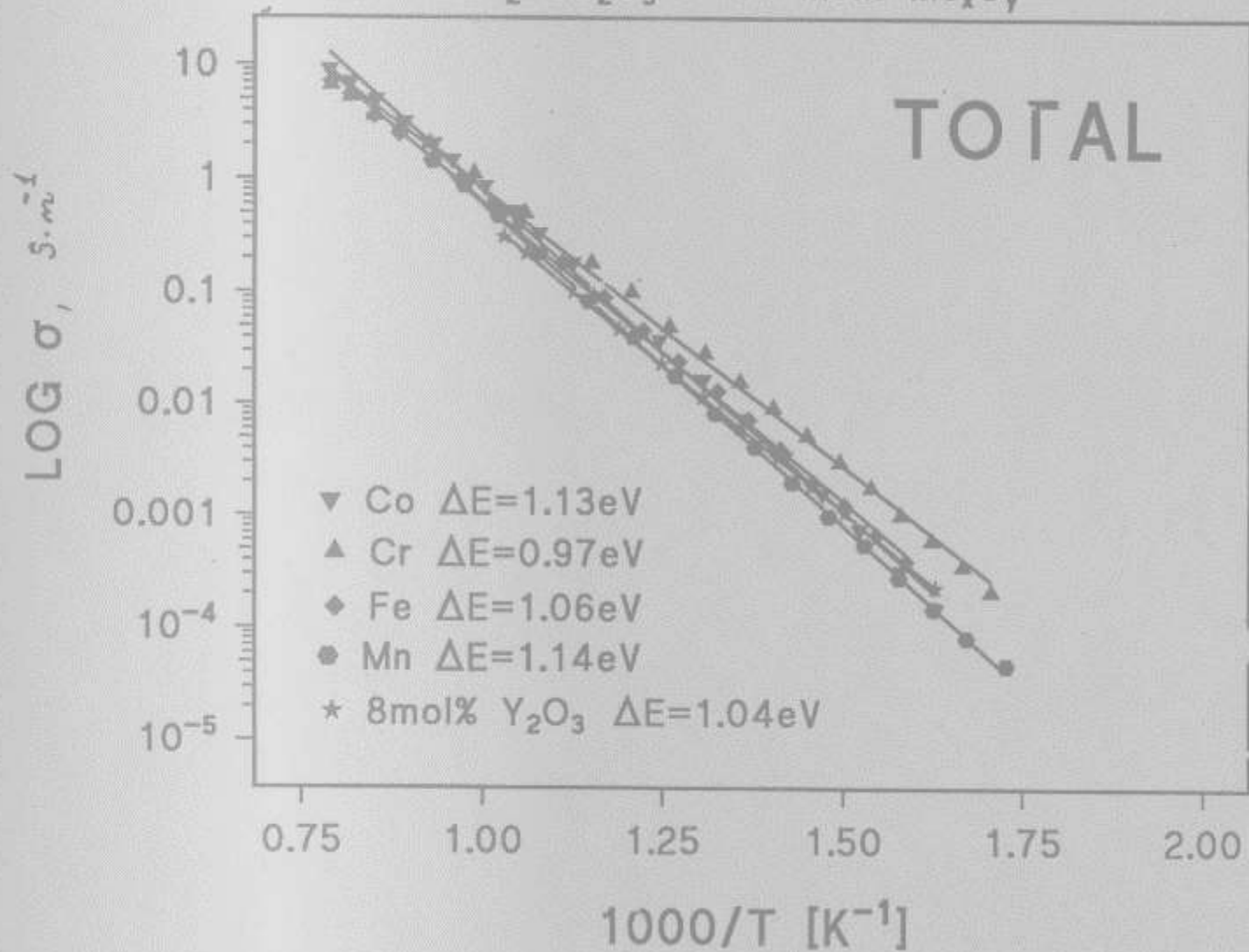


E-4,
 σ_t , S/m

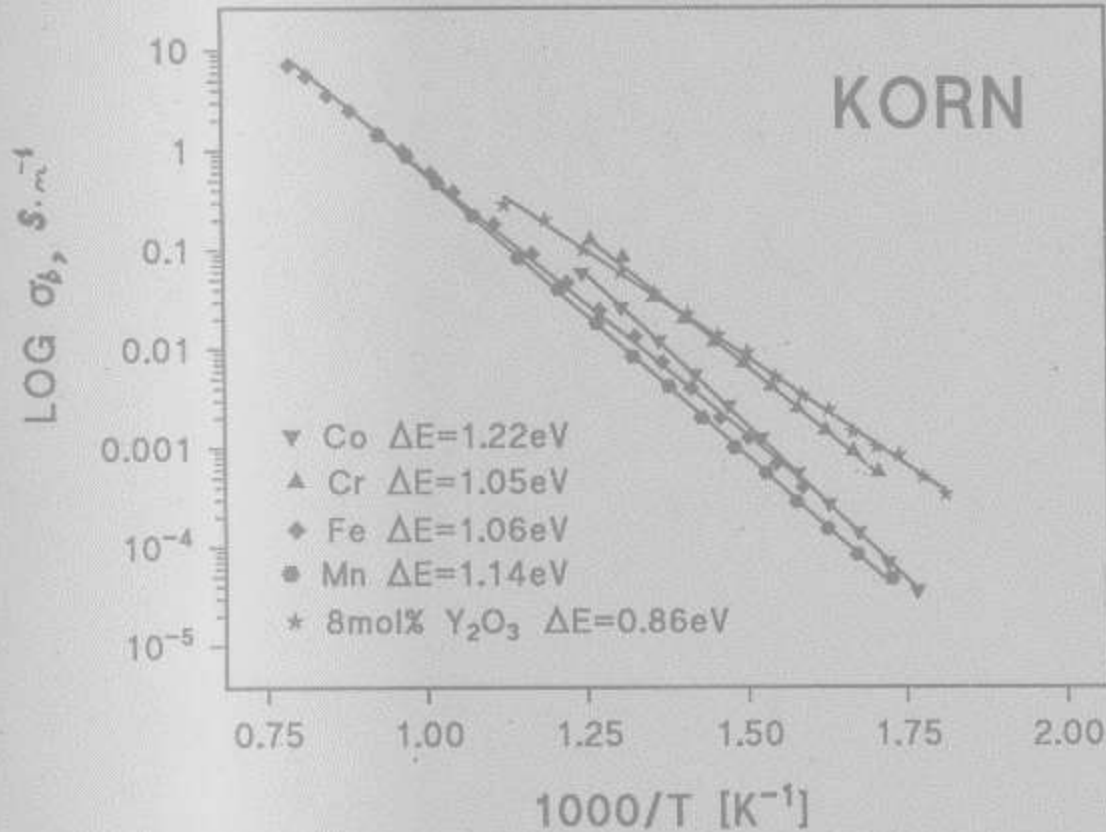


E 2, f. Hz

$\text{ZrO}_2-8\text{Y}_2\text{O}_3 + 10 \text{ mol}\% \text{ Me}_x\text{O}_y$



ZrO₂-8Y₂O₃ + 10 mol% Me_xO_y



Ionic conductivity , activation energy of Li⁺ solid electrolytes at temperature

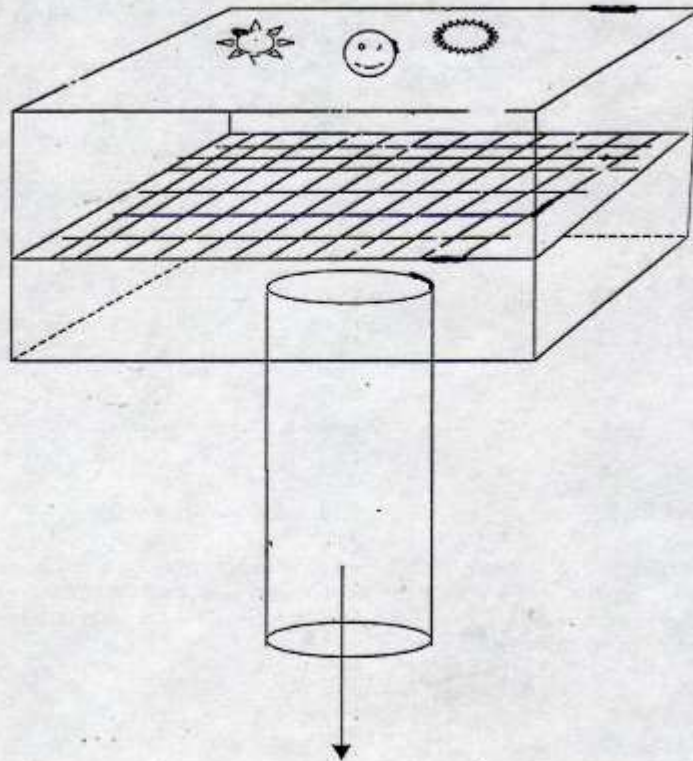
T=300K

Compound	$\sigma_b T, S \cdot m^{-1} K$	$\Delta E_{b'}$, eV	$\sigma_{gb'}$, $S \cdot m^{-1} K$	$\Delta E_{gb'}$, eV
$Li_{1.2}Sc_{0.2}Ti_{1.8}(PO_4)_3$	31.2	0.32	20.1	0.34
$Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.8}(PO_4)_3$	105	0.3	0.51	0.35
$Li_{1.3}Fe_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$	66	0.31	3.51	0.41
$Li_{1.3}Y_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$	29.1	0.186	0.6	0.3

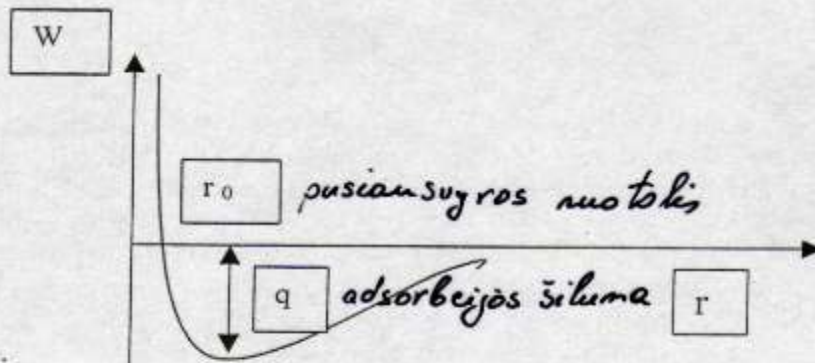
ZrO₂- xmol%Y₂O₃ cheminės sudėties tyrimo rezultatai

Mol% Y ₂ O ₃	Priemaišos (%)						
	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	CaO	Cl
6.15	<0.005	0.071	<0.01	0.001	0.14	0.009	0.011
8.27	0.001	0.105	<0.01	0.002	0.122	0.012	0.032
9.79	<0.01	0.077	0.01	<0.01	0.083	0.013	0.02
15.20	0.06	0.14	<0.01	<0.01	0.14	<0.01	1.93
19.40	<0.01	0.11	<0.01	<0.01	0.12	<0.01	0.39

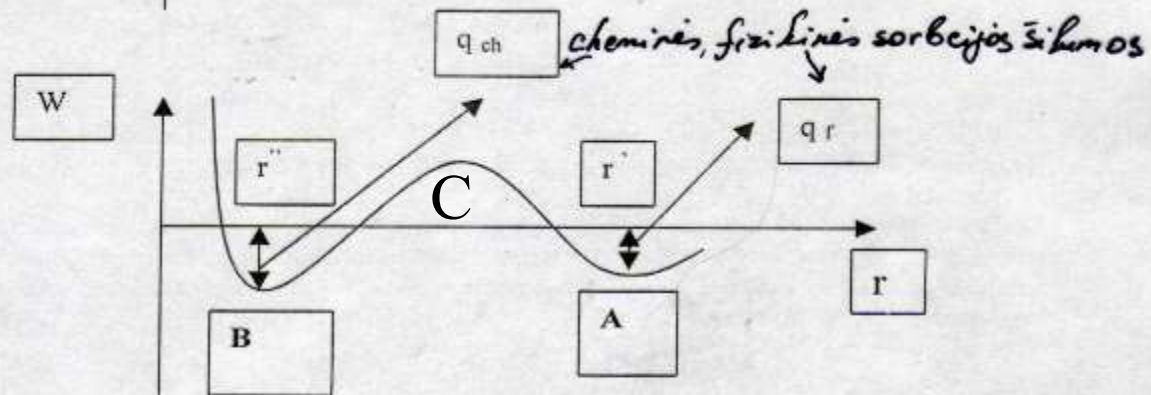
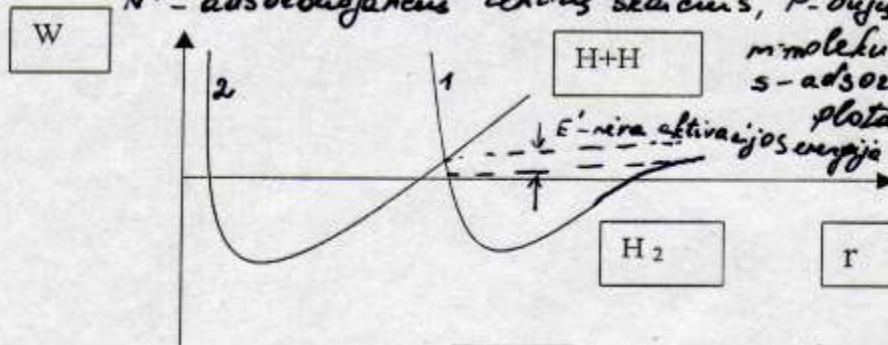
STORŲJŲ SLUOKSNIŲ NUSODINIMAS ANT PALĖKLO VAKUUMUOJANT



Į VAKUUMINĮ SIURBLĮ



Sorbejās gāzītis $\frac{dN}{dt} = N^* \alpha \sigma P$, $\alpha = 1/\sqrt{2\pi m kT}$
 σ - tīkmybē, kad molekuli patekusi ant paviršānāns adsorbuosis
 $\sigma = A \exp(-\Delta E_1/kT)$; $N^* = B \exp(-\Delta E_2/kT)$
 N^* - adsorbuojānāns centrus skāicāns, P - dūjis molekūlis slēģis,
 m - molekūlis māsē
 s - adsorbuotos molekūlis
 $E = E_1 + E_2$
 E' - nēra aktivācijās enerģijā



Adsorbcinēs kreivēs

Laisvieji katalizatoriaus valentingumai
(LKV)

Cu_2O kristaluose (joninis kristalas)

$Cu \dots (1s)^2 (2s)^2 (2p)^6 (3s)^2 (3p)^6 (3d)^{10} (4s)^1$ (laisvesis elektronas - tapo tu
Valentingumas +1 *reikia nam valentingumui*)

$Cu^+ \dots (1s)^2 (2s)^2 (2p)^6 (3s)^2 (3p)^6 (3d)^{10}$ (uždėnas elektroninis opvalkalas)
Valentingumas 0

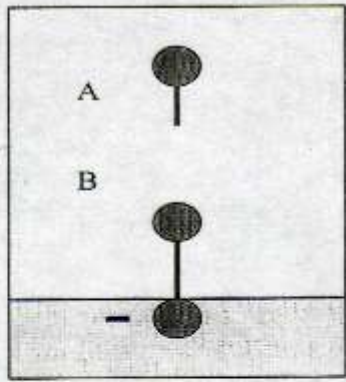
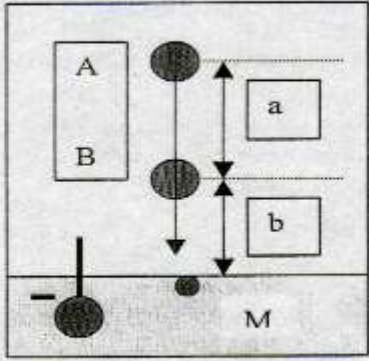
$Cu^{++} \dots (1s)^2 (2s)^2 (2p)^6 (3s)^2 (3p)^6 (3d)^9$ (laisvoji skylutė - tapo tu reikie-
nam valentingumui)
Valentingumas +1

LKV ypatumai

1. LKV turi tam tikrą gyvavimo trukmę t.y. LKV kristalini
gardeli generuoja ir absorbuoja.
2. LKV difunduoja kristalini gardeliuose.
3. LKV pusiausvyros sąlygos priklauso nuo kristalų prigimties
ir temperatūros.
4. Tarp kristalų turio ir paviršiaus vyksta LKV kaita
5. LKV gali sudaryti poras (e-p)-kūloninis Motto eksitonas,
(e-e arba p-p)-dublonai (pameirinis sąryšis), kurie gali
difunduoti kristale.

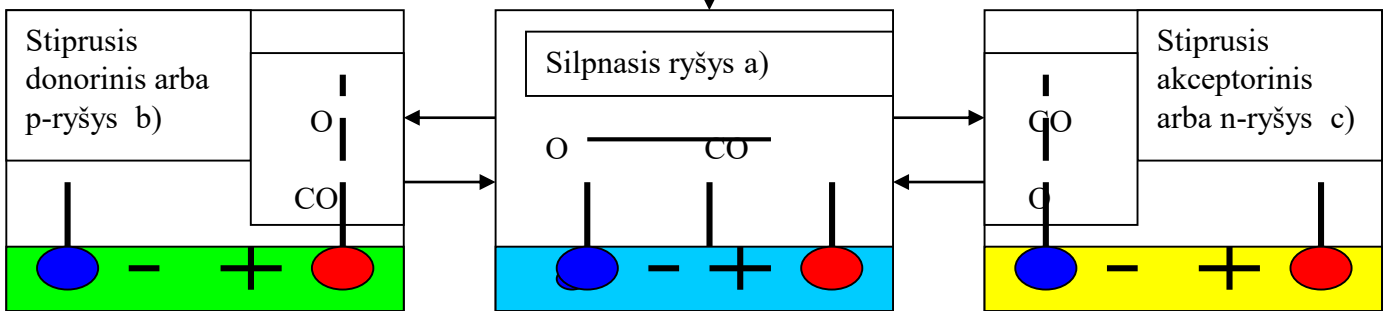
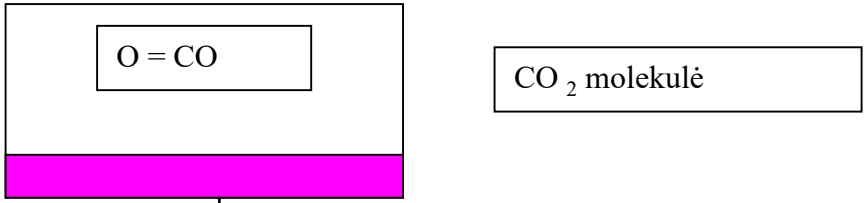
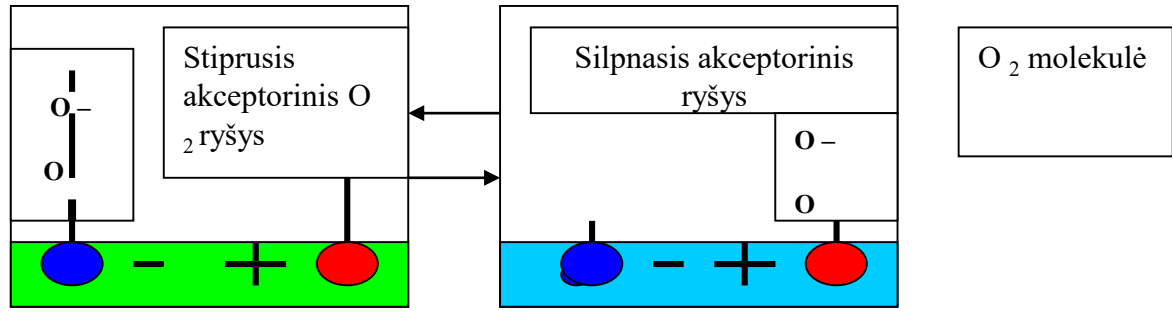
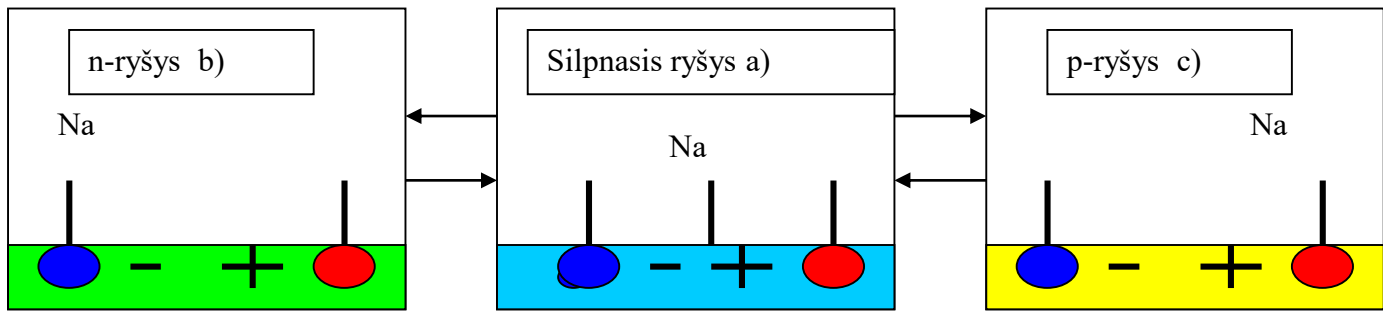
Adsorbuotos molekūlēs disocijacija

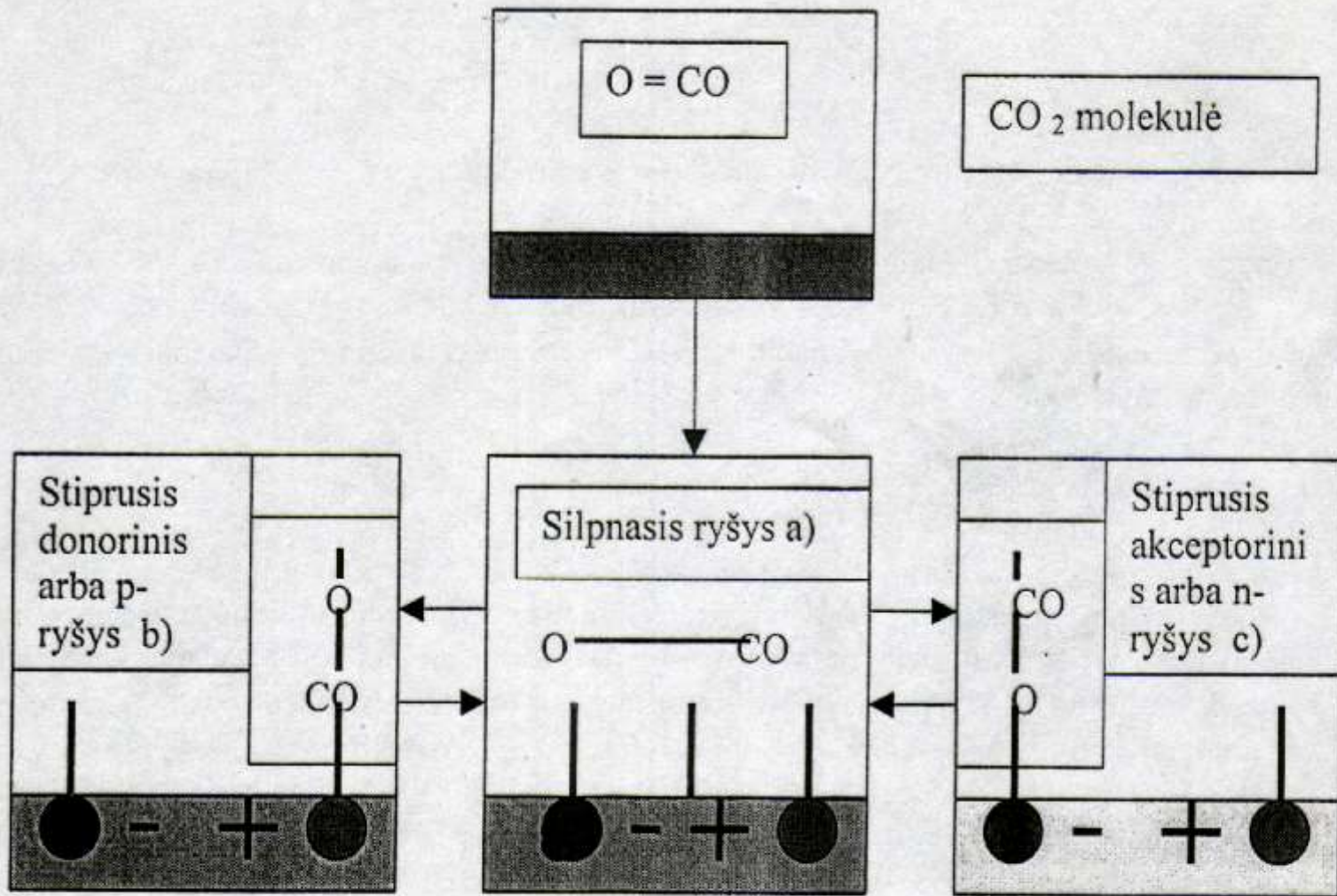
$A \rightarrow H^+$
 $B \rightarrow H^+$



$AB + eL \rightarrow ABeL \rightarrow A + BeL$
 Steteris reakcijās atveja daļveidā 3 daļiņas:
 $AB + C \rightarrow A + BC$, ģe c daļiņa veidmā, veidina gardski.
 Jēgu paviršijē ģe radikāli ģe tveisimo:
 $AB + L \rightarrow \dot{A} + BL$
 Taikas virš simbolis, veis ģe saisve ģe valentīnpump.

Cheminės sorbcijos dalelių reakcinė geba





Laisvojo valentinumo dalyvavimo cheminiuose sorbcijose priveda prie to, kad susidaro cheminis ryšys ir valentinė išotinta dalelė gali vesti į joninių radikalų, o radikalų - struktūriai. Susiduriant radikalams cheminė dalelė tampa padidintos gebos cheminei reakcijai.

Elektroniniai perėjimai esant cheminei sorbcijai

