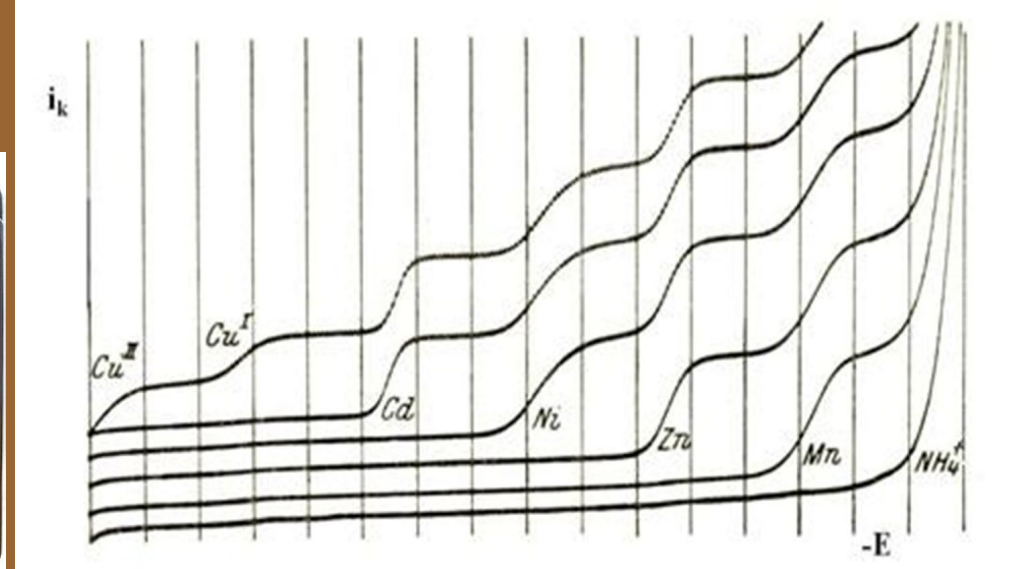


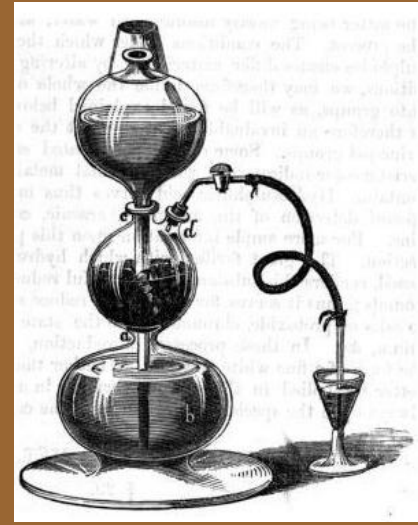
Repetitorium chemie IX.

(2024)

Další střípky z anorganické chemie
a nakonec krátce o PCR (i když to sem moc nepatří)



Základy klasické chemické analýzy
anorganických sloučenin
a zopakování některých
výpočtů



82 Pb – olovo

Kov, odolný vůči
atmosférickým vlivům

Výroba:

Pražení galenitu PbS a
redukce PbO koksem

Sloučeniny:

PbO, PbCO₃ (běloba),
PbCrO₄ (chromová žluť)

Využití:

Ochrana při rentgenování,
Slitiny, akumulátory, skla

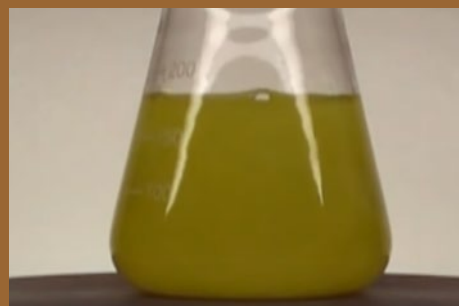
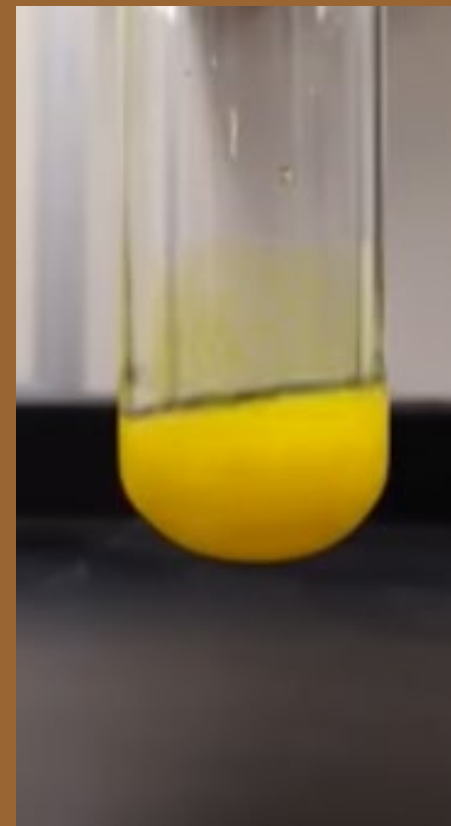
PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

1 H Hydrogen																	2 He Helium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon
55 Cs Caesium	56 Ba Barium	57 La* Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac** Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson
		* 58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium		
		** 90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium		

Selektivní reakce kationtů: olovo

Pb^{2+} chroman draselný dává žlutou sraženinu chromanu olovnatého

Pb^{2+} roztok jodidu draselného sráží žlutý PbI_2 , za horka rozpustný ve vodě, ochlazením rekrystalizuje (jehlice)



33 As – arsen

Polokov, známý od starověku, arsenik As_2O_3

Výroba:

Oxidační pražení
arsenopyritu FeAsS

Sloučeniny:

AsS (realgar), As_2S_3
(auripigment)

Využití:

Slitiny, polovodiče GaAs
(arsenid galitý)

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

1 H Hydrogen																	2 He Helium													
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon													
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon													
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton													
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon													
55 Cs Caesium	56 Ba Barium	57 La* Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon													
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac** Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson													
* 58 Ce Cerium																		59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
** 90 Th Thorium																		91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

Arsen



Realgar - As_4S_4 , je jednoklonný minerál. Název pochází z arabských slov (هج الغار) adž al gár) - rudní prach.

Za jednoho z prvních čínských alchymistů je považován **Cou Jen** (350 – 270 př. n. l.). Nejstarším zachovaným spisem o alchymii je kniha *Cchan-tchung-ťi* (*Dokument o třech podobných*) z 2. století n. l., která je jakýmsi návodem na výrobu pilulky nesmrtelnosti. Vrcholem snah, myšlení a symboliky alchymistů v Číně bylo dílo **Ke Chunga** (320 n. l.), který ve své knize *Pao-pchu-c* (*Knihy mistra prostoty*) pojednává o přípravě rumělky sloužící k získávání zlata, zdůrazňuje nutnost používat jazyk alchymistů, **speciálních znaků a výrazů**.

³⁴Se – selen

Polokov, doprovází síru

Výroba:

Z odpadů po spalování síry

Sloučeniny:

SeO₂ tvoří polymery

SeS₂ (ochrana před ohněm)

Selenocystein

Využití:

Fotočlánky, expozimetry,
antioxidant (?)

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

1 H Hydrogen																	2 He Helium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon
55 Cs Caesium	56 Ba Barium	57 La* Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac** Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson

* 58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
** 90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

³⁶Kr – krypton

Plyn, inertní, bod tání -157 °C
jednoatomové molekuly

Výroba:

Frakční destilací surového Ar

Sloučeniny:

KrF₂

Využití:

Žárovky, plasma, lasery



PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

1 H Hydrogen																	2 He Helium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon
55 Cs Caesium	56 Ba Barium	57 La* Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac** Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson

* 58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
** 90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

${}_{92}\text{U}$ – uran

Kov, patří mezi aktinoidy,
vysoká hustota

Výroba:

Smolnec UO_2

Sloučeniny:

UO_2

Využití:

${}^{235}\text{U}$ obohacený uran v
jaderné energetice

hexahdrát diurananu draselného
($\text{K}_2\text{U}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) – uranová žluť

Vojenství, Boeing 747 (závaží)

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

1 H Hydrogen																	2 He Helium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon
55 Cs Caesium	56 Ba Barium	57 La* Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac** Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson

* 58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
** 90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

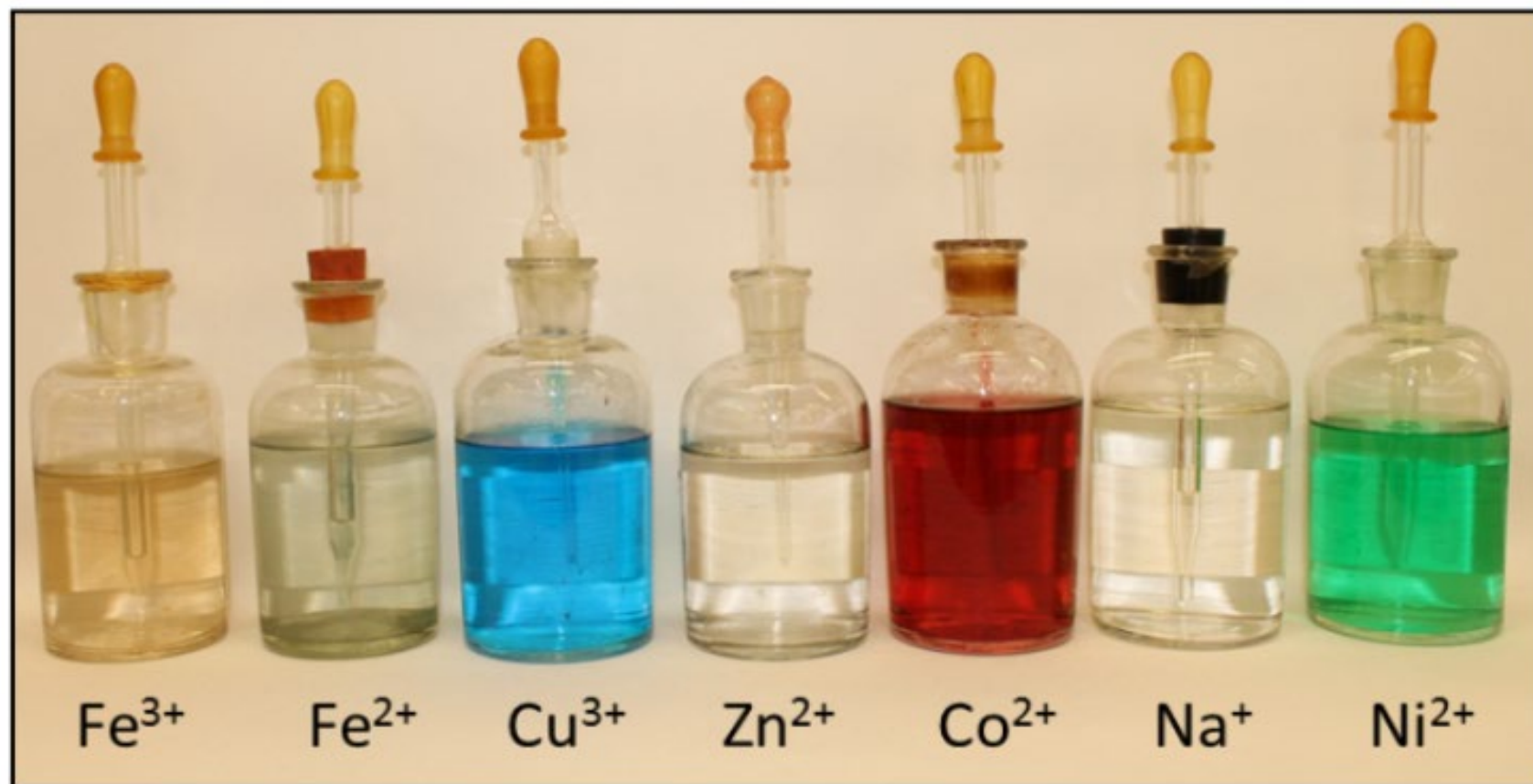
PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

1 H																	2 He Helium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon
55 Cs Caesium	56 Ba Barium	57 La* Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac** Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson

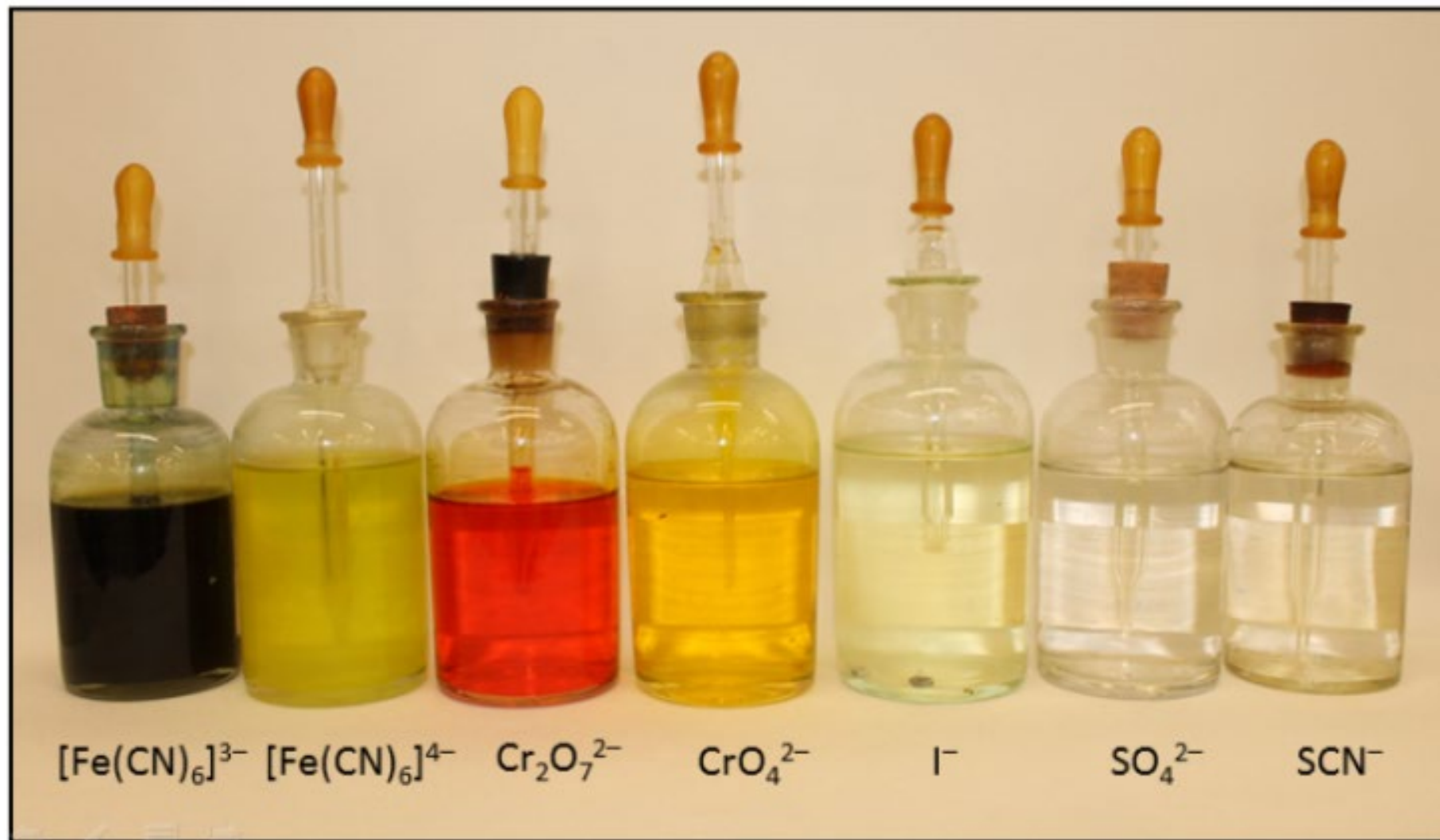
* 58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
** 90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

Zabarvení roztoků anorganických látek (iontů)

KATIONTY



ANIONTY



Vybrané barevné reakce kationtů a aniontů

	HCl	H ₂ SO ₄	H ₂ C ₂ O ₄	H ₂ S	(NH ₄) ₂ S	NH ₄ OH	KOH	Na ₂ CO ₃	Na ₂ HPO ₄	K ₂ CrO ₄	KI	Na(AcO)	Sel./Spec.
Ag ⁺	++ <i>rozp. v NH₄OH</i>	—	+	++	++	(+)	++	++	++	++	++	++	Černý srážek AgCl rozp. v NH ₄ OH
Hg ₂ ²⁺	++ <i>NH₄OH černá</i>	—	++	++	++	++	++	++	++	++	(+)	++	Sraženina černá
Pb ²⁺	+	++ <i>černá s H₂S</i>	+	++	++	++	(+)	+	++	++	(+)	(+)	Černý pod rozp. za horka Bílý černá po kap. H ₂ S
Ba ²⁺	—	++	—	—	—	—	—	++	++	++	—	—	Bílý srážek Rozhodován na papírě + HCl glvkma zčernala
Sr ²⁺	—	+	+	—	—	—	—	++	++	+	—	—	Rozhodován na papírě + HCl glvkma zčernala
Ca ²⁺	—	+	++	—	—	—	+	++	++	—	—	—	Rozhodován na papírě + HCl glvkma zčernala
Hg ²⁺	—	—	(+)	++	++	++	++	++	++	++	(+)	—	Reakce s I ⁻ v přítomnosti CuI
Cu ²⁺	—	—	(+)	++	++	(+)	++	++	++	++	++	—	Reakce s I ⁻ na žlutý CuI
Cd ²⁺	—	—	—	++	++	(+)	++	++	++	+	—	—	Žlutý srážek po maskování CN
Bi ³⁺	—	—	(+)	++	++	++	++	++	++	++	(+)	++	Bismutiol
Sb ³⁺	—	—	—	++	(+)	++	(+)	++	+	+	+	++	Oranžový sulfid
Sn ²⁺	—	—	—	++	++	++	(+)	+	+	+	—	++	Silné redukční vlastnosti roztoku
Fe ³⁺	—	—	—	—	++	++	++	++	++	+	—	—	Černý srážek Berlínská modř
Cr ³⁺	—	—	—	—	++	(+)	(+)	++	+	+	—	—	Černý srážek Berlínská modř
Al ³⁺	—	—	—	—	++	++	(+)	+	++	+	—	—	Černý srážek Berlínská modř
Co ²⁺	—	—	—	—	++	(+)	++	++	++	+	—	—	S SCN ⁻ lze vytřepat do etheru
Ni ²⁺	—	—	—	—	++	(+)	++	++	(+)	+	—	—	Dimethylidoxim v prostředí NH ₄ OH
Mn ²⁺	—	—	—	—	++	+	++	++	++	+	—	—	Oxidace na MnO ₂ (odolnost postupu)
Zn ²⁺	—	—	—	+	++	(+)	(+)	++	++	+	—	—	Bílý ZnS s H ₂ S po maskování CN
Mg ²⁺	—	—	—	—	+	+	++	++	++	—	—	—	Bílá sraženina NH ₄ MgPO ₄
Na ⁺ , K ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	plamenová zk. Na oranž. K liláková
NH ₄ ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nesslerovo činidlo v paraoh zákal vz.

Vysvětlivky: + nedokonalé sražení ++ dokonalé sražení (+) sraženina se rozpouští v nadbytku činidla (barva původní sraženiny představuje pozadí buňky a barva vznikajícího roztoku je barevně zvýrazněná textu)

	Ba ²⁺	Ba ²⁺	Ba ²⁺	Ag ⁺	Ag ⁺	Redukce	Redukce	Oxidace	Těkavost
		Zřed. kys.octová	Zřed. HCl		Zřed. HNO ₃	MnO ₄ ⁻	I ₂	I ⁻	
F ⁻	+	+	—	—	—	—	—	—	+
Cl ⁻	—	—	—	+	+	(+)	—	—	—
Br ⁻	—	—	—	+	+	+	—	—	—
I ⁻	—	—	—	+	+	+	—	—	—
ClO ⁻	—	—	—	(+)	(+)	(+)	—	+	—
ClO ₃ ⁻	—	—	—	—	—	—	—	+	—
ClO ₄ ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BrO ₃ ⁻	—	—	—	+	+	—	—	+	—
IO ₃ ⁻	+	+	+	+	+	—	—	+	—
IO ₄ ⁻	—	—	—	(+)	—	—	—	+	—
HS ⁻	—	—	—	+	+	+	+	—	+
SO ₃ ²⁻	+	+	—	+	—	+	+	—	+
S ₂ O ₃ ²⁻	+	+	—	+	—	+	+	—	+
SO ₄ ²⁻	+	+	+	(+)	—	—	—	—	—
CrO ₄ ²⁻	+	+	—	+	—	—	—	+	—
AsO ₃ ³⁻	(+)	—	—	+	—	+	+	—	—
AsO ₄ ³⁻	+	—	—	+	—	—	—	+	—
PO ₄ ³⁻	+	—	—	+	—	—	—	—	—
CN ⁻	—	—	—	+	+	+	+	—	+
SCN ⁻	—	—	—	+	+	+	(+)	—	—
[Fe(CN) ₆] ⁴⁻	—	—	—	+	+	+	+	—	—
[Fe(CN) ₆] ³⁻	—	—	—	+	+	—	—	+	—
NO ²⁻	—	—	—	(+)	—	+	—	+	+
NO ³⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SiO ₃ ²⁻	(+)	—	—	+	—	—	—	—	—
CO ₃ ²⁻	+	—	—	+	—	—	—	—	(+)
B(OH) ₄ ⁻	(+)	—	—	+	—	—	—	—	—

Vysvětlivky: + dokonalé sražení (+)nedokonalé sražení

Úvod do klasické anorganické analýzy

Obecné požadavky na analytické reakce:

snadná proveditelnost

dobře postřehnutelná změna

specifická reakce

D mez zředění = minimální dokazatelná koncentrace

mp mez postřehu = minimální dokazatelné množství

Citlivost reakce: $pD = - \log D$

Úvod do klasické anorganické analýzy

Při analýze anorganických látek (tj. důkazu kationtů a aniontů) se využívají reakce:

- o acidobazické
- o srážecí
- o komplexotvorné
- o redoxní
- o reakce s organickými činidly

Úvod do klasické anorganické analýzy

Skupinové reakce kationtů:

Skupinové reakce zjišťují přítomnost celé skupiny iontů.

Kyselina chlorovodíková, uhličitan sodný, uhličitan amonný, sirník amonný, sirovodík, hydroxid sodný, hydroxid amonný, kyselina šťavelová...

Selektivní reakce kationtů:

Selektivní reakce zjišťují přítomnost jednoho konkrétního iontu.

Např. Fe^{3+} reaguje s KSCN za vzniku červeného komplexu.

Cu^{2+} se rozpouští v NH_4OH za vzniku temně modrého komplexu.

Úvod do klasické anorganické analýzy

Rozdělení kationtů do analytických tříd:

Fresenius, na základě chování chloridů, sulfidů, hydroxidů a uhličitánů

Kationty se dělí do 5 analytických tříd

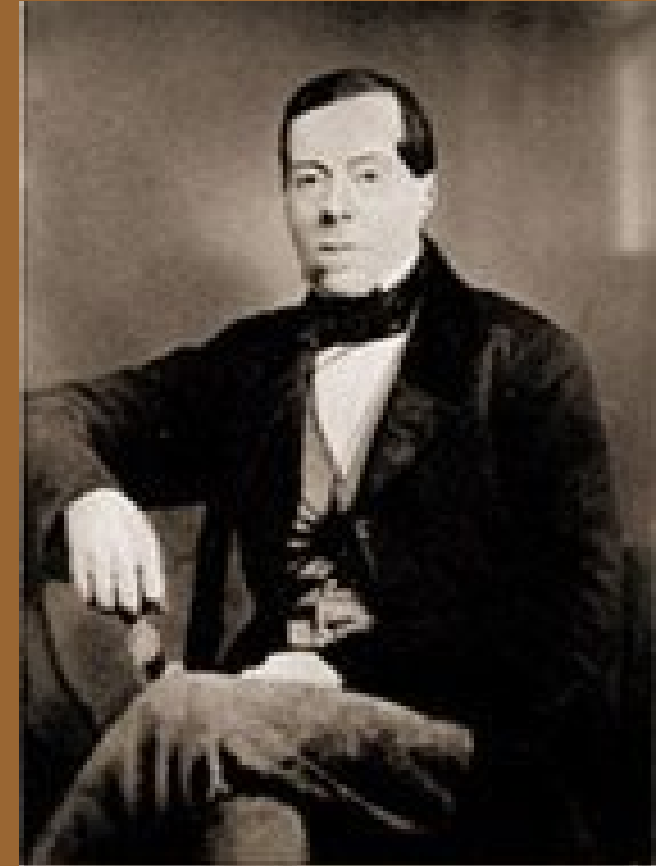
(některé se z praktických důvodů dělí na 2 podtřídy)

Úvod do klasické anorganické analýzy



Carl Remigius Fresenius

(28 December 1818 – 11 June 1897),
was a German chemist, known for his
studies in analytical chemistry



The Kipp generator was invented in 1844 by **Petrus Jacobus Kipp** and used throughout the rest of the 19th and the entire 20th centuries. Indeed, Kipp generators are still being used in some places. When qualitative analysis was taught to all students of chemistry, the Kipp generator was used to provide hydrogen sulfide for determination of specific metal ions.

Úvod do klasické anorganické analýzy

Carl Remigius Fresenius

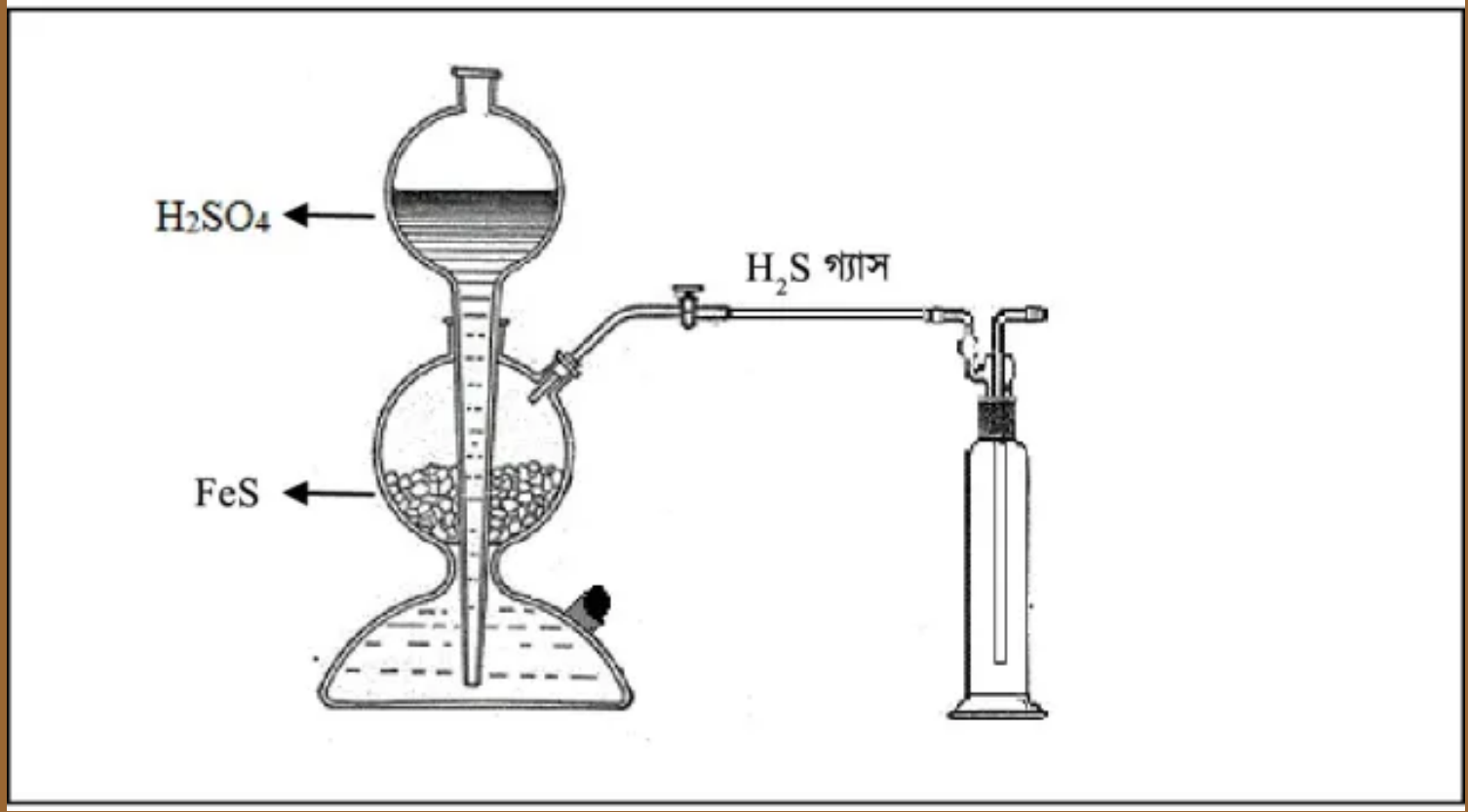
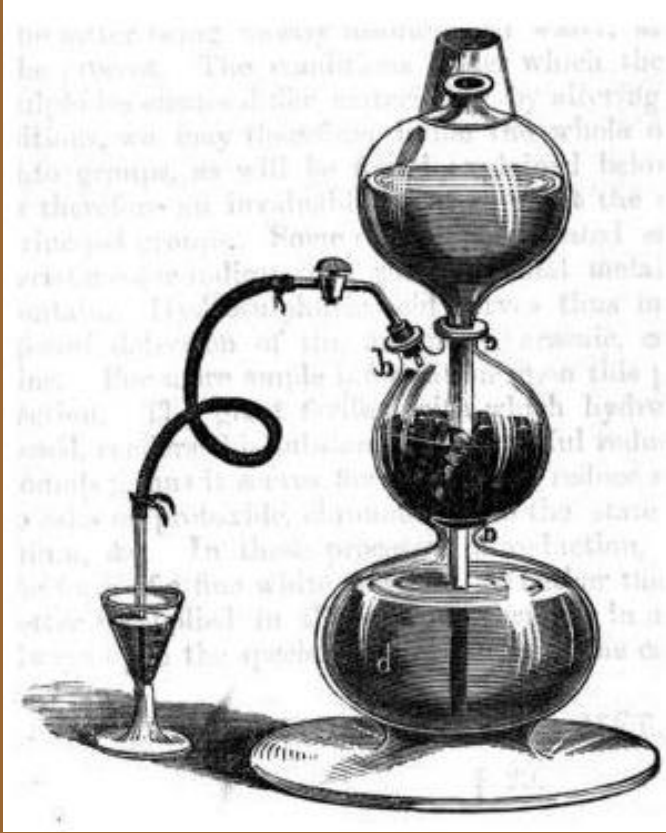
(28 December 1818 – 11 June 1897),
was a German chemist, known for his
studies in analytical chemistry

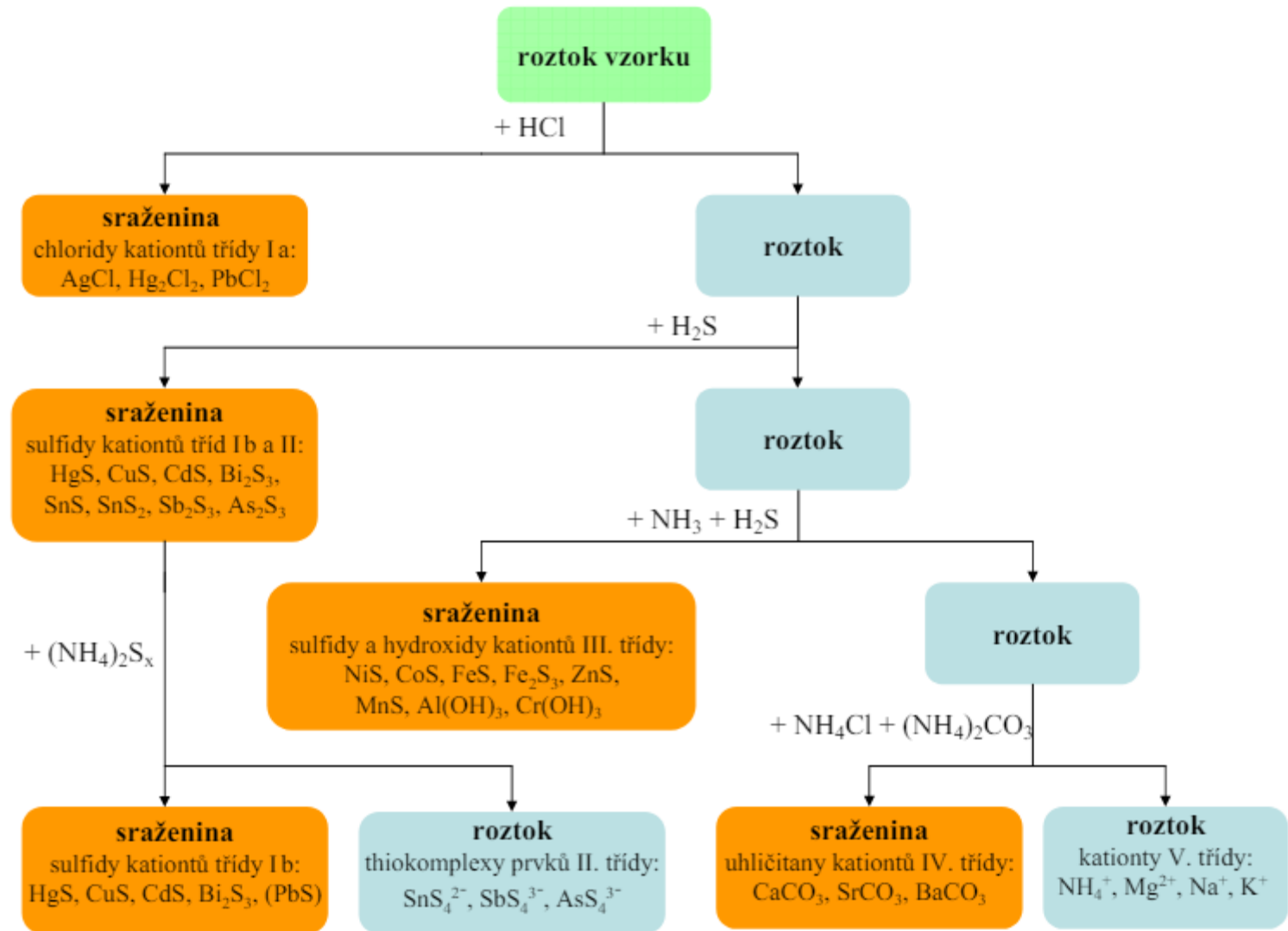


Há dva es smrdí jako pes!



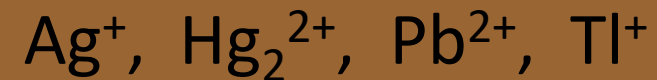
The Kipp generator was invented in 1844 by **Petrus Jacobus Kipp** and used throughout the rest of the 19th and the entire 20th centuries. Indeed, Kipp generators are still being used in some places. When qualitative analysis was taught to all students of chemistry, the Kipp generator was used to provide hydrogen sulfide for determination of specific metal ions.





Úvod do klasické anorganické analýzy

I. třída: Zředěná HCl sráží bílé chloridy.



Sraženinu lze selektivně rozpouštět v horké vodě (PbCl_2 a TlCl) nebo v amoniaku (AgCl).

Úvod do klasické anorganické analýzy

II. Třída: Srážejí se H_2S v kyselém prostředí jako sulfidy



II. A podtřída: sulfidy nelze rozpustit v polysulfidu amonném NH_4S_x .

II. Třída: Srážejí se H_2S v kyselém prostředí jako sulfidy



II. B podtřída: sulfidy je možné rozpustit v polysulfidu amonném NH_4S_x (vznikají thiosoli, např. AsS_4^{3-}).

III. Třída: Srážejí se H_2S v alkalickém prostředí



III. A podtřída: srážejí se jako nerozpustné hydroxidy, v nadbytku amoniaku je nelze rozpustit.

III. Třída: Srážejí se H_2S v alkalickém prostředí



III. B podtřída: srážejí se jako nerozpustné sulfidy, v nadbytku amoniaku je tvoří rozpustné komplexy.

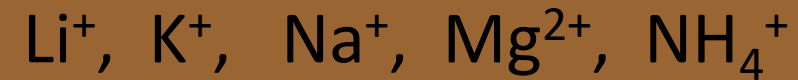
IV. Třída: Srážejí se uhličitanem amonným



Vznikají bílé uhličitaný, rozpustné v HCl.

Úvod do klasické anorganické analýzy

V. Třída: Nereagují s žádným dosud uvedeným činidlem



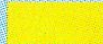












Úvod do klasické anorganické analýzy

	HCl	H ₂ SO ₄	H ₂ C ₂ O ₄	H ₂ S	(NH ₄) ₂ S	NH ₄ OH	KOH	Na ₂ CO ₃	Na ₂ HPO ₄	K ₂ CrO ₄	KI	Na(AcO)	Sel./Spec.
Ag ⁺	++ <i>rozp. v NH₄OH</i>	—	+	++	++	(+) <i>rozp. na bezb. G</i>	++	++	++	++	++ <i>ozp. v thioisranu</i>	++	Servěný chroman AgCl rozp. v NH ₄ OH
Hg ₂ ²⁺	++ <i>NH₄OH černá</i>	—	++	++	++	++ <i>šedá, koloidní Hg</i>	++ <i>post. černá Hg</i>	++	++	++	(+)	++	Sraž. Cl NH ₄ OH černá
Pb ²⁺	+ <i>rozp. za horka</i>	++ <i>černá s H₂S</i>	+	++	++	++	(+)	+	++	++	(+)	(+)	Chlorid, jodid rozp. za horka Sírán černá pokap. H ₂ S
Ba ²⁺	—	++	—	—	—	—	—	++	++	++	—	—	Plamen-zelená Rhodizonan na papíře +HCl skvrna zčervená
Sr ²⁺	—	+	+	—	—	—	—	++	++	+	—	—	Plamen-karmínová Rhodizonan na papíře +HCl skvrna zmizí
Ca ²⁺	—	+	++	—	—	—	+	++	++	—	—	—	Plamen-čihová Sraženina s (COOH) ₂ po vysražení kovů sultioem
Hg ²⁺	—	—	(+) <i>oxalátosloučeniny</i>	++	++	++ <i>(amidokompl.)</i>	++ <i>(HgO)</i>	++	++	++	(+) <i>na žlutý O₂Hg₂⁺</i>	—	Reakce s I v přítomnosti CuI
Cu ²⁺	—	—	(+) <i>oxalátosloučeniny</i>	++	++	(+) <i>aminokomplexy</i>	++	++	++	++	++ <i>(CuI)</i>	—	Hexakvancížežeznatan (ruší Fe ³⁺)
Cd ²⁺	—	—	—	++ <i>maskov. KCN</i>	++	(+) <i>rozp. na bezb. G</i>	++	++	++	+	—	—	Žlutý CdS s H₂S po maskování CN
Bi ³⁺	—	—	(+) <i>oxalátosloučeniny</i>	++	++	++	++	++	++	++	(+) <i>rozp. v nadb.</i>	++	Bismuthiol
Sb ³⁺	—	—	—	++	(+) <i>rozp. thiokompl.</i>	++	(+) <i>antimonitany</i>	++	+	+	+	++	Oranžový sulfid
Sn ²⁺	—	—	—	++	++	++	(+)	+	+	+	—	++	Silné redukční vlastnosti roztoku
Fe ³⁺	—	—	—	— <i>zákal od síry</i>	++	++	++	++	++	+	—	—	SCN⁻ krasná Berlínská modí
Cr ³⁺	—	—	—	—	++ <i>hydroxid-menší citl.</i>	(+) <i>rozp. v NH₄OH</i>	(+)	++	+	+	—	—	Oxidace Fe³⁺ v persulf. Na₂S₂O₈
Al ³⁺	—	—	—	—	++ <i>(hydroxid)</i>	++	(+) <i>bezbarvá</i>	+	++	+	—	—	Bezbarvá v zásadě okř. roztok v zásadě nedokonalá srážka
Co ²⁺	—	—	—	—	++ <i>(menší citlivost)</i>	(+) <i>rozp. v nadb.</i>	++ <i>post. hnědné</i>	++	++	+	—	—	S SCN⁻ lze vytřepat do etheru
Ni ²⁺	—	—	—	—	++	(+) <i>rozp. v nadb.</i>	++	++	++	(+)	—	—	Dimethyldioxim v prostř. NH₄OH
Mn ²⁺	—	—	—	—	++ <i>rostupně hnědné</i>	+	++ <i>(hnědné)</i>	++	++	+	—	—	Oxidace na MnO₂ (dodržet postup!)
Zn ²⁺	—	—	—	+	++ <i>maskov. KCN</i>	(+) <i>aminokomplexy</i>	(+)	++	++	+	—	—	Bílý ZnS s H₂S po maskování CN
Mg ²⁺	—	—	—	—	+	+	++	++	++	—	—	—	Bílá sraženina NH₄MgPO₄
Na ⁺ , K ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	plamenová zk.: Na oranž., K fialová
NH ₄ ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nesslerovo čin. v parách zákal vz.

Vysvětlivky: + nedokonalé srážení ++ dokonalé srážení (+) sraženina se rozpouští v nadbytku činidla (barva původní sraženiny představuje pozadí buňky a barva vznikajícího roztoku je barevné zvýraznění textu)

Úvod do klasické anorganické analýzy

Chemické složení barev zmíněných při zkouškách chromové žluti z obrazů Vincenta van Gogha *Břehy Seiny* a *Pohled na Arles s kosatci*. Pramen: *Pigments through the Age*.

barva	chemické složení pigmentu	použití v malbě	toxická	
	chromová žlut ¹⁾	PbCrO_4	po roce 1810	ano
	kadmiová žlut ²⁾	CdS	po roce 1840	ano
	neapolská žlut	$\text{Pb}(\text{Sb}_2\text{O}_3)_2 \cdot \text{Pb}_3(\text{Sb}_3\text{O}_4)_2$	po roce 1830	ano
	auripigment (královská žlut)	As_2S_3	od antiky	ano
	žluté železité okry	oxidy a hydroxidy železa	od pravěku	ne
	viridiánová zeleň	$\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	od 16. stol.?	ne
	svinibrodská (smaragdová) zeleň	$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$	po roce 1814	ano
	olovnatá běloba	$\text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{PbCO}_3$	od antiky	ano
	litoponová běloba	$\text{BaSO}_4 \cdot \text{ZnO}$	1853	ne
	baryová běloba	BaSO_4	1782	ne
	zinková běloba	ZnO	1844	ne
	berlínská (pruská, pařížská) modř	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$	po roce 1706	ne
	lampová čerň	C (saze)	od pravěku	ne

Pozn.: 1) sloučeniny Cr^{VI} jsou karcinogenní; od roku 2011 zákaz užití v EU

2) sloučeniny Cd jsou karcinogenní

Úvod do klasické anorganické analýzy

Dělení aniontů do skupin:

Anionty se dělí do tří analytických skupin:

I.	Skupina	sráží se Ag	sráží se Ba soli
II.	Skupina	sráží se Ag	-
III.	Skupina	-	-

Úvod do klasické anorganické analýzy

I. Skupina aniontů: (↓ Ag, ↓ Ba)

Sírany, siřičitany, thiosírany

Chromany, dvojchromany

Fosforečnany

Boritany

Uhličitany

Fluoridy

Křemičitany, hexafluorokřemičitany

Arsenitany, arseničnany

Oxaláty, vinany, citrany

II. Skupina aniontů: (↓ Ag)

Chloridy, bromidy, jodidy,

Kyanidy

Hexakyanoželezitany, hexakyanoželeznatany,
rhodanidy

Sulfidy

Dusitany

Octany, mravenčany

Úvod do klasické anorganické analýzy

III. Skupina aniontů:

(Ag-, Ba-)

Dusičnany

Chlorečnany, chloristany

Manganistany

	Ba ²⁺	Ba ²⁺	Ba ²⁺	Ag ⁺	Ag ⁺	Redukce	Redukce	Oxidace	Těkavost
		Zřed. kys.octová	Zřed. HCl		Zřed. HNO ₃	MnO ₄ ⁻	I ₂	I ⁻	
F ⁻	+	+	—	—	—	—	—	—	+
Cl ⁻	—	—	—	+	+	(+)	—	—	—
Br ⁻	—	—	—	+	+	+	—	—	—
I ⁻	—	—	—	+	+	+	—	—	—
ClO ⁻	—	—	—	(+)	(+)	(+)	—	+	—
ClO ₃ ⁻	—	—	—	—	—	—	—	+	—
ClO ₄ ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BrO ₃ ⁻	—	—	—	+	+	—	—	+	—
IO ₃ ⁻	+	+	+	+	+	—	—	+	—
IO ₄ ⁻	—	—	—	(+)	—	—	—	+	—
HS ⁻	—	—	—	+	+	+	+	—	+
SO ₃ ²⁻	+	+	—	+	—	+	+	—	+
S ₂ O ₃ ²⁻	+	+	—	+	—	+	+	—	+
SO ₄ ²⁻	+	+	+	(+)	—	—	—	—	—
CrO ₄ ²⁻	+	+	—	+	—	—	—	+	—
AsO ₃ ³⁻	(+)	—	—	+	—	+	+	—	—
AsO ₄ ³⁻	+	—	—	+	—	—	—	+	—
PO ₄ ³⁻	+	—	—	+	—	—	—	—	—
CN ⁻	—	—	—	+	+	+	+	—	+
SCN ⁻	—	—	—	+	+	+	(+)	—	—
[Fe(CN) ₆] ⁴⁻	—	—	—	+	+	+	+	—	—
[Fe(CN) ₆] ³⁻	—	—	—	+	+	—	—	+	—
NO ²⁻	—	—	—	(+)	—	+	—	+	+
NO ³⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SiO ₃ ²⁻	(+)	—	—	+	—	—	—	—	—
CO ₃ ²⁻	+	—	—	+	—	—	—	—	(+)
B(OH) ₄ ⁻	(+)	—	—	+	—	—	—	—	—

Vysvětlivky: + dokonale srážení (+)nedokonalé srážení

Úvod do klasické anorganické analýzy

Ve středověku proniká pojem kvantity do přírodních věd (Roger Bacon, Nicolas d'Oresme) a **Mikuláš Kusánský (Kusanus) kolem roku 1435 poprvé navrhuje**, aby se věda věnovala především systematickému měření, zejména vážení různých látek.

Z porovnávání vah se může podle něho dozvědět víc a hlavně spolehlivěji než zkoumáním smyslově poznatelných kvalit.

→ Hustota → kvadratura kruhu, zpřesnění hodnoty π → nekonečnost vesmíru → není v něm „nahore“ a „dole“

Díla: O učené nevědomosti; O skrytém Bohu; O ne-jiném; Soukromník o mysli; Soukromník o zkušenostech s vahami (1450); Život



Mikuláš Kusánský (1401 – 1464)

Úvod do klasické anorganické analýzy

Ve stejnou dob, co jeden vážil, druhý napichoval

Vlad the Impaler
8.11.1431 – 14.12.1476



Úvod do klasické anorganické analýzy

...nebo provozoval válečná dobrodružství
1434 bitva u Lipan, porážka husitského hnutí



Úvod do klasické anorganické analýzy

Metody historické kvantitativní analýzy:

Vážková analýza

Odměrná analýza

Současná instrumentální analýza:

Spektrofotometrie v UV a VIS

Atomová absorpční a emisní spektrometrie, PIXE, EDAX

Chromatografie

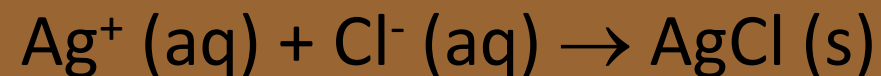
Vybrané elektrochemické techniky

PCR

Vážková analýza (gravimetrie):

Je založena na vzniku a vážení omezeně rozpustné sraženiny (tj. látky s $K_s \leq 10^{-7}$)

Např.



(tvorba sraženiny chloridu stříbrného)

Úvod do klasické anorganické analýzy

Praktický příklad:

Mince o hmotnosti 0,528 g byla rozpuštěna v kyselině.
Přídavkem NaCl bylo vysráženo 0,288 g bílé sraženiny
AgCl. Kolik % stříbra mince obsahovala?

1 mol AgCl obsahuje 1 mol Ag, tj.

144 g AgCl obsahuje 108 g Ag (viz molekulové hmotnosti)

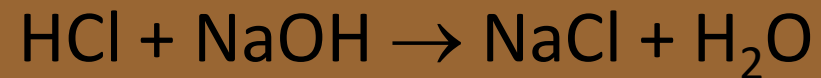
288 mg AgCl obsahuje 216 mg Ag

Mince obsahovala $(216/528) \cdot 100 = 40.9\%$ stříbra

Odměrná analýza (volumetrie):

Je založena na měření objemu spotřebované látky, vstupující do reakce. Stanovovaná látka se „titruje“ roztokem činidla.

Např.



Úvod do klasické anorganické analýzy

Pravidla praktické volumetrie:

- Reakce musí probíhat stechiometricky, bez vedlejších reakcí
- Reakce musí probíhat kvantitativně, tj. alespoň z 99,9%
- Reakce musí mít dobře viditelný (resp. měřitelný) bod ekvivalence

Úvod do klasické anorganické analýzy

Rozdělení odměrné analýzy:

Odměrná neutralizační analýza (acidimetrie, alkalimetrie)

Odměrná srážecí analýza (např. argentometrie, merkurimetrie)

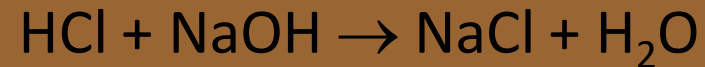
Odměrná redoxní analýza (např. manganometrie, jodometrie)

Komplexometrická odměrná analýza

Úvod do klasické anorganické analýzy

Odměrná neutralizační analýza:

Je založena na neutralizačních reakcích, např.



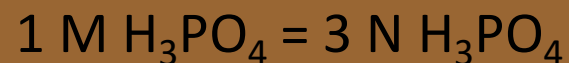
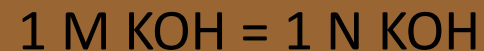
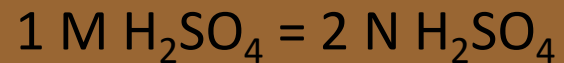
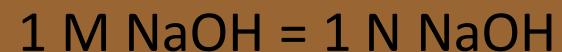
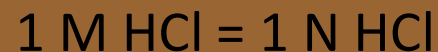
Roztok, kterým titrujeme (tj. ten, jehož přesnou spotřebu měříme – u acidimetrie roztok kyseliny, u alkalimetrie roztok louhu) musí mít přesnou koncentraci.

Úvod do klasické anorganické analýzy

Odměrná neutralizační analýza:

V odměrné analýze se někdy používá vyjádření koncentrace v normalitě (N).

Obsahuje-li látka x odštěpitelných (přijímaných) protonů, je její normalita rovna M/x.



x ml 1N roztoku kyseliny odpovídá x ml 1N roztoku louhu

Úvod do klasické anorganické analýzy

Titrační křivka a určení bodu ekvivalence:

K určení konce titrace (bodu ekvivalence) se užívá vhodných indikátorů (u acidobazických titrací neutralizačních indikátorů).

Silná kyselina + silná zásada: methylčerveň

Slabá kyselina + silná zásada: fenolftalein

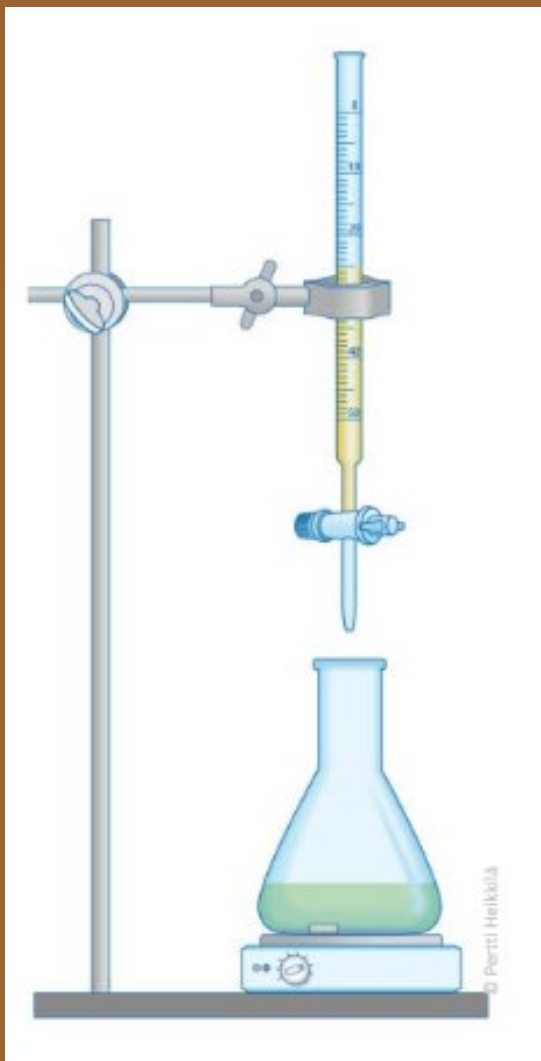
Slabá zásada + silná kyselina: methyloranž

Titrační křivka a určení bodu ekvivalence:

Při potenciometrickém sledování průběhu titrace se bod ekvivalence určuje analýzou titrační křivky.

Bod ekvivalence = inflexní bod titrační křivky.

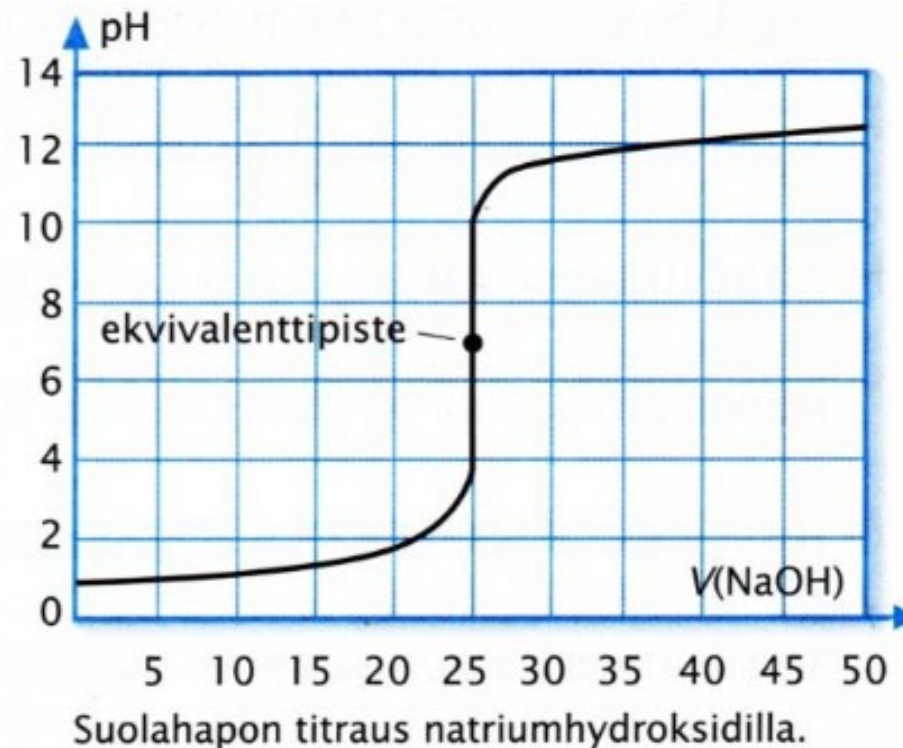
Úvod do klasické anorganické analýzy



Titrauksesta saadaan seuraavat tulokset:

V(NaOH)/ml	pH
0,0	1,00
5,0	1,10
10,0	1,37
20,0	1,95
22,0	2,19
24,0	2,69
25,0	7,00
26,0	11,29
28,0	11,75
30,0	11,96
40,0	12,36
50,0	12,52

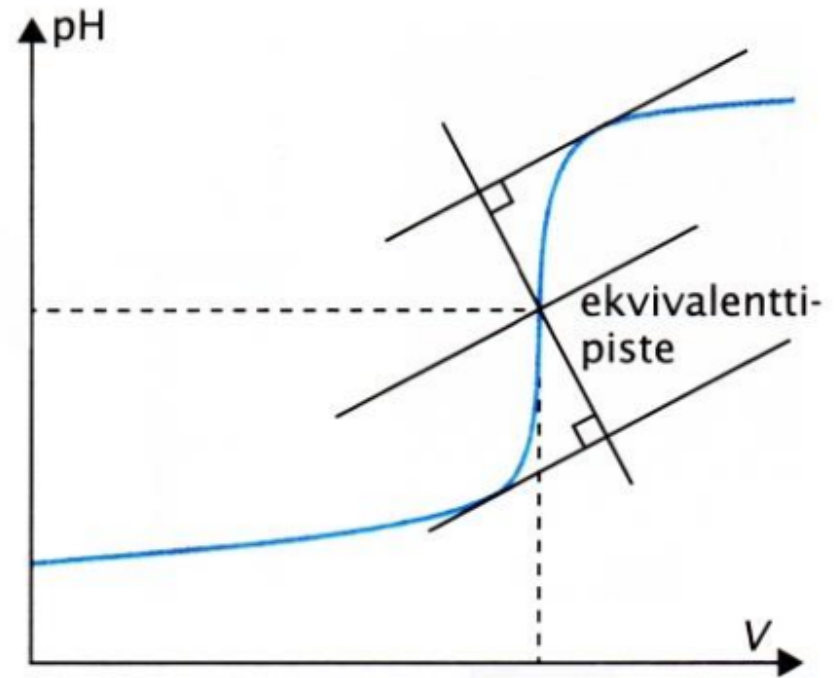
Kun tuloksista piirretään titrauskäyrä, saadaan oheinen kuvaaja.



Úvod do klasické anorganické analýzy

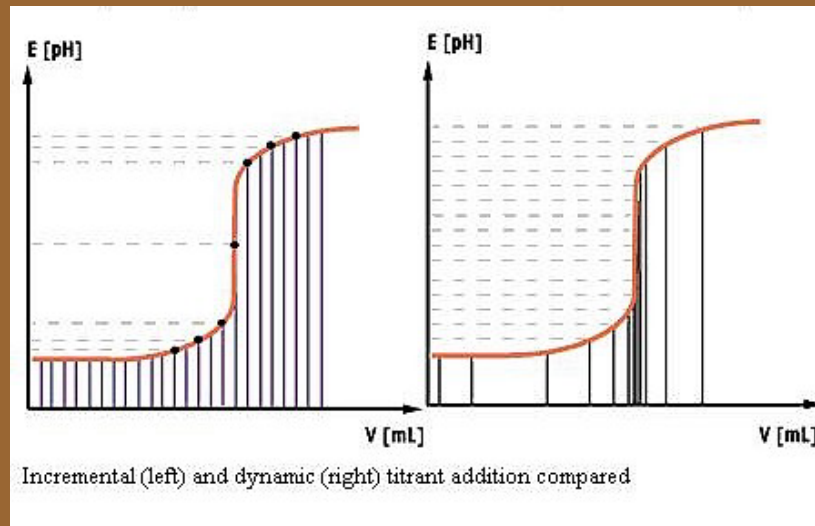
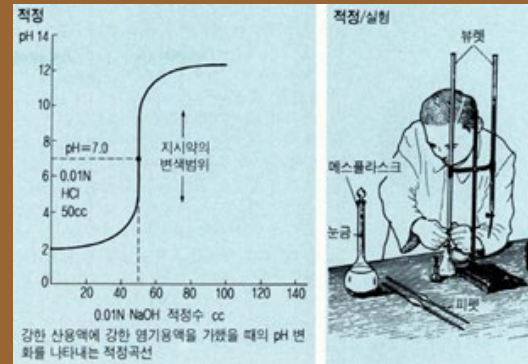
Muutama havainto (jatkuu):

Ekvivalenttikohta voidaan määrittää myös kuvaajan avulla eli suoraan titrauskäyrältä (arviokohta).



Ekvivalenttikohtien määrittäminen
titrauskäyrältä.

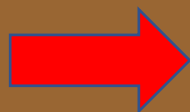
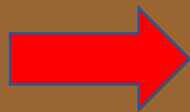
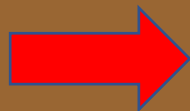
Úvod do klasické anorganické analýzy



*Пříklad automatické byřety, sloužící při volumetrických stanoveních látek.
Povšimněte si různého dávkování činidla na grafech dole vlevo.*

Úvod do klasické anorganické analýzy

Indicator	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.	11.	12.	13.	14.	Preparation
Methyl Violet 0.0-1.6	Yellow	Grey	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	.01-.05% in water
Crystal Violet 0.0-1.8	Yellow	Grey	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	.02% in water
Ethyl Violet 0.0-2.4	Yellow	Grey	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	.1g 50% methanol/water
Malachite Green 0.2-1.8	Yellow	Yellow	Grey	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	water
Methyl Green 0.2-1.8	Yellow	Yellow	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	.1% in water
Cresol Red .04-1.8	Red	Red	Grey	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Red	Red	Red	Red	Red	Red	ammonia/water
Thymol Blue 1.2-2.8	Red	Grey	Grey	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	ammonia/water
Bromophenol Blue 3.0-4.6	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	ammonia/water
Congo Red 3.0-5.0	Blue	Blue	Blue	Grey	Grey	Grey	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	.1% in water
Methyl Orange 3.2-4.4	Red	Red	Red	Grey	Grey	Grey	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	.01% in water
Resorcin Blue 4.4-6.2	Red	Red	Red	Grey	Grey	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	.2% ethanol
Alizarin Red S 4.6-6.0	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	water
Methyl Red 4.8-6.0	Red	Red	Red	Red	Grey	Grey	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	ethanol/water
Litmus 5.0-8.0	Red	Red	Red	Red	Grey	Grey	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	water
Bromocresol Purple 5.2-6.8	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Grey	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	ammonia/water
Chrophenol Red 5.2-6.8	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Grey	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	ammonia/water
Bromothymol Blue 6.0-7.6	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	ammonia/water
Phenol Red 6.6-8.0	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	ammonia/water
Neutral Red 6.8-8.0	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Grey	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	ethanol/water
Tumarc Curcumin 7.4-8.6	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Grey	Red	Red	Red	Red	Red	Red	ethanol
Phenolphthalein 8.2-10.0								Grey	Grey	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	ethanol/water
Thymophthalein 9.4-10.6								Grey	Grey	Grey	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	ethanol/water
Alizarin Yellow R 10.1-12.0	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Red	Red	Red	.01% in water
Clayton Yellow 12.2-13.2	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Orange	Orange	.1% in water



Odměrná srážecí analýza

Během titrace vzniká nerozpustná sraženina (resp. rozpustná, ale nepatrně disociovaná).

Příklady: argentometrie, merkurimetrie

Úvod do klasické anorganické analýzy

Argentometrie:

Titruje se roztokem AgNO_3 , lze stanovit Cl^- , Br^- , I^- , SCN^-

Indikátor: např. dvojchroman draselný (chroman Ag je červený)

Úvod do klasické anorganické analýzy

Mercurimetrie:

Titruje se roztokem $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, lze stanovit Cl^- , Br^- , I^- , SCN^-

Indikátor: nitroprusid sodný $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dává bílý zákal nitroprusidu rtuťnatého

Úvod do klasické anorganické analýzy

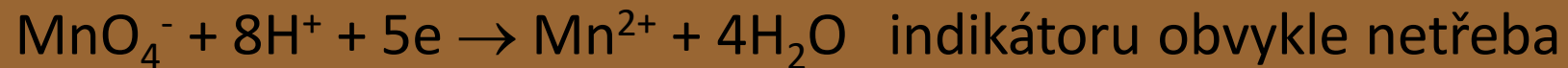
Odměrná redoxní analýza:

Využívá kvantitativně probíhajících oxidačně-redukčních reakcí.

Příklady: manganometrie, jodometrie

Úvod do klasické anorganické analýzy

Manganometrie:



1 N roztok KMnO_4 je tedy 1/5 molární (reaguje s 5 elektrony)

Stanovení železnatých solí, ferrokyanidu, arzenitých solí,
dusitanů

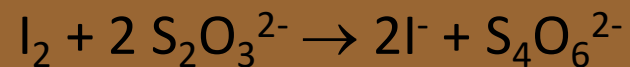
Úvod do klasické anorganické analýzy

Jodometrie:



Např. stanovení arsenitých solí (vznikají arseničnany)

Jodometrie využívá i reakce probíhající v opačném směru; látka reaguje s nadbytkem jodidu a uvolněný jod se titruje thiosíranem:



Úvod do klasické anorganické analýzy

Jodometrie:

(přidává se nadbytek jodidu a titruje se uvolněný jod thiosíranem)

Např. stanovení peroxidů, chlornanů, dvojchromanu

Úvod do klasické anorganické analýzy

Komplexometrie:

Je založena na vzniku nedisociovaných komplexů. Nejčastěji se používá roztok Chelatonu 3 (tj. dvojsodné soli kyseliny ethylendiamintetraoctové, Na_2EDTA)

1 molekula Na_2EDTA reaguje vždy s 1 kationtem kovu bez ohledu na jeho mocenství.

Na_2EDTA reaguje s většinou běžných kationtů; stabilita komplexů je velká a je výrazně ovlivněna hodnotou pH.

Jako indikátory se používají látky, tvořící se stanovovanými kovy méně pevné barevné komplexy.

Princip komplexotvorných reakcí:

Centrální (kovový) ion popř. atom se slučuje s částicemi zvanými ligandy, jež nesou na některém ze svých atomů volný elektronový pár, který vytváří novou vazbu mezi centrálním iontem a ligandem:



Pro rovnovážnou konstantu se používá označení β

Úvod do klasické anorganické analýzy

Příklady komplexních sloučenin:



kation tetraaquaměďnatý



kation tetraamoměďnatý



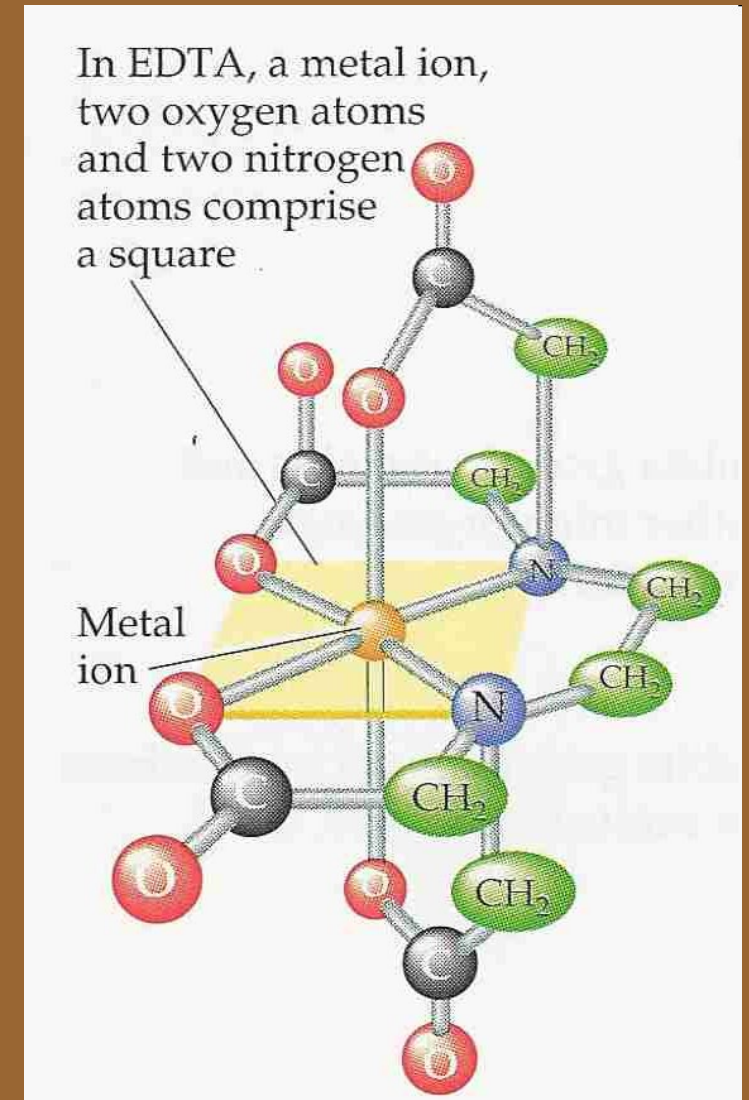
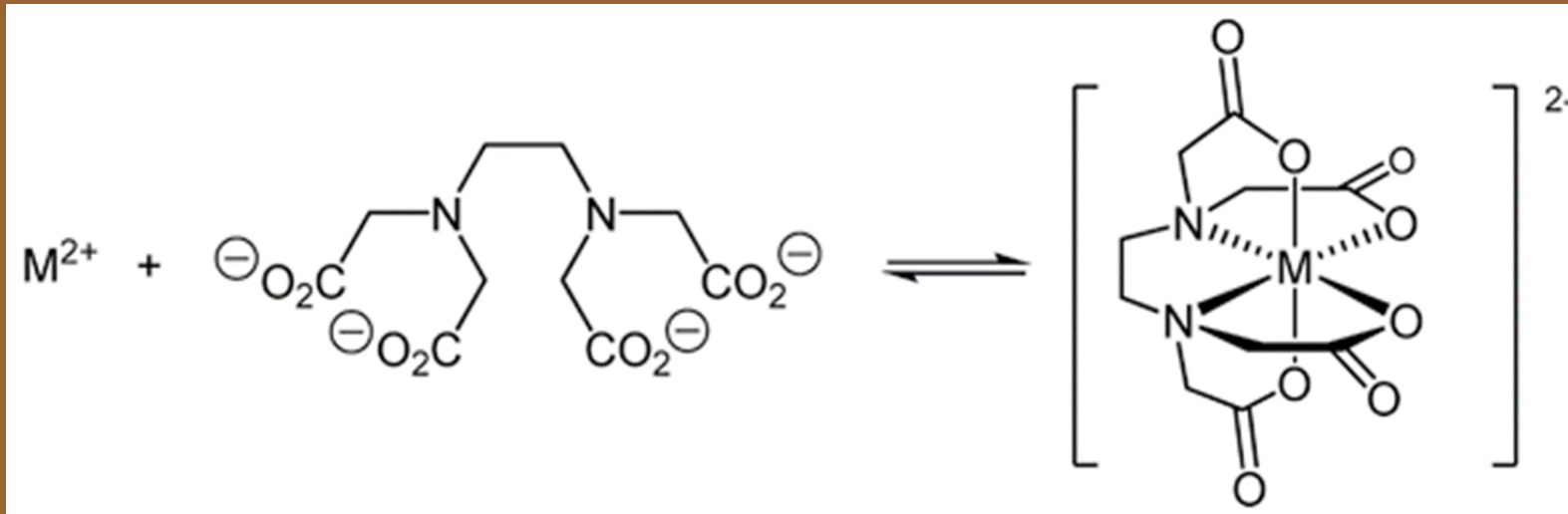
hexakynoželeznatan draselný



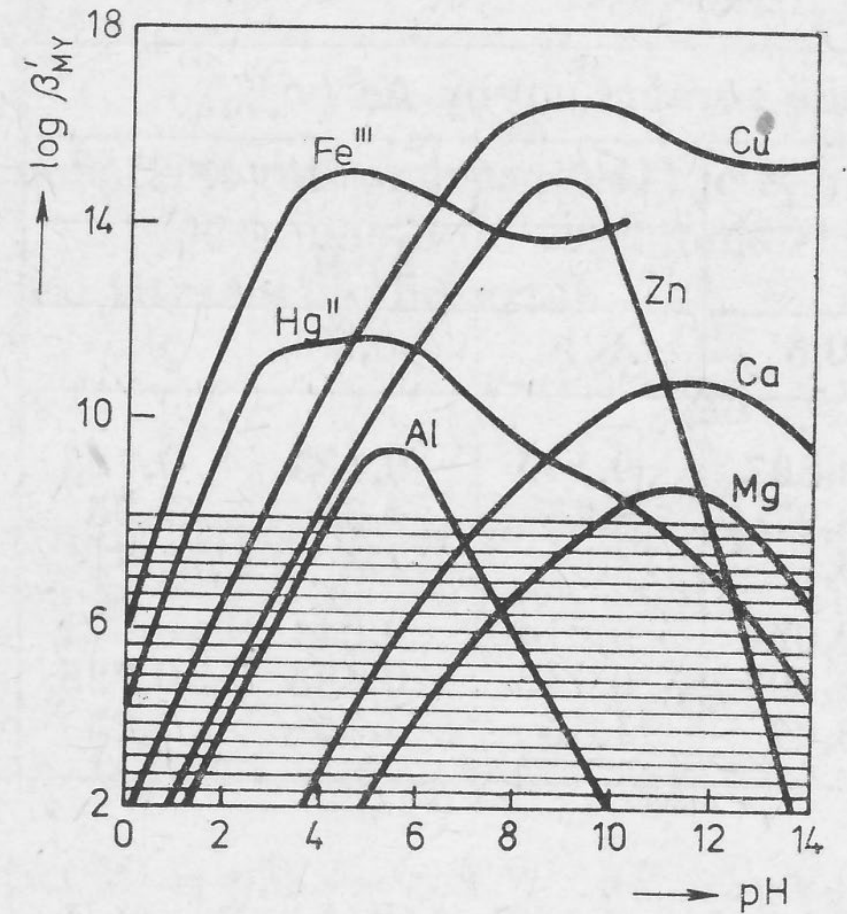
hexakynoželezitan draselný

Úvod do klasické anorganické analýzy

Komplexometrie: základem je EDTA
etylendiamintetraaminoctová kyselina

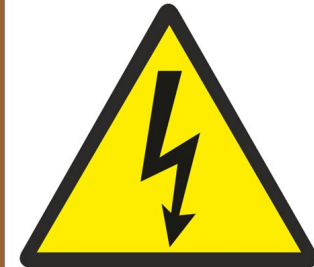


Úvod do klasické anorganické analýzy



Obr. 73. Závislost podmíněných konstant stability některých komplexů EDTA s kationty na pH (hodnoty $\log \beta'_{MY}$ viz [2]). Oblast, ve které je $\beta'_{MY} < 10^8$, je vyznačena šrafováním

Elektrochemické analytické techniky



**POZOR
ELEKTRICKÉ
ZAŘÍZENÍ**

**NEHAS VODOU ANI
PĚNOVÝMI HASÍCÍMI
PŘÍSTROJI**

Elektřina má oproti uhlí nebo plynu značné výhody!



Elektrochemické analytické techniky

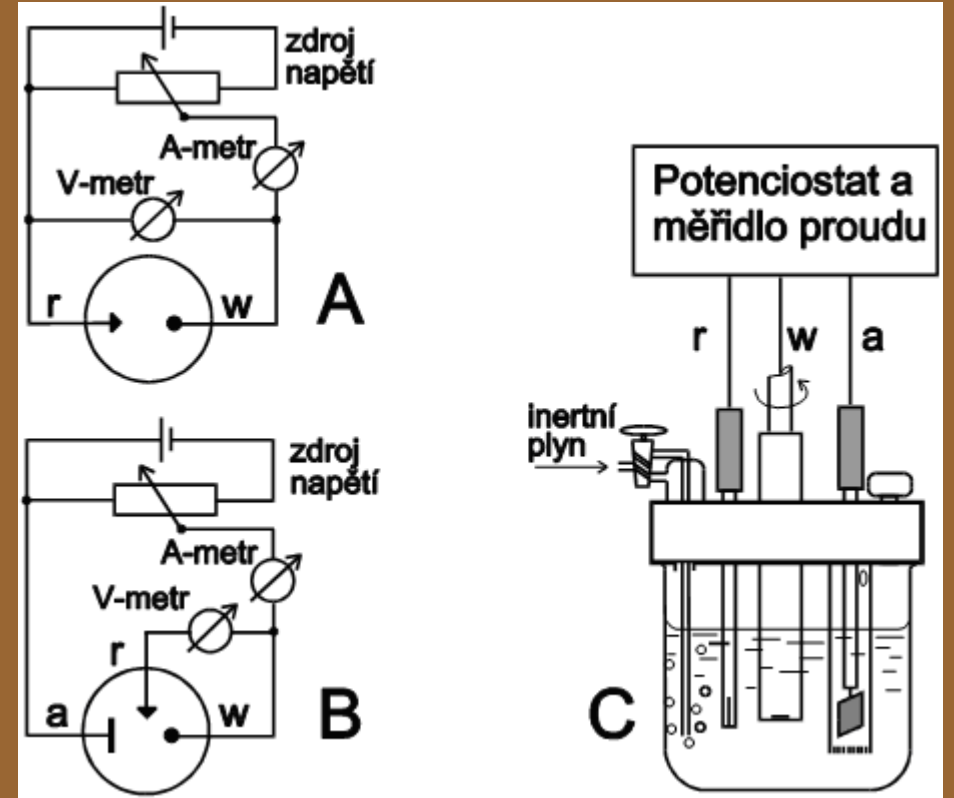
Založeny na měření některé z elektrických veličin (napětí na elektrodách, procházející elektrický proud, spotřebovaný náboj, vodivost roztoku, relativní permitivita)

Měřená veličina musí být jednoznačně závislá na koncentraci stanovované látky

Napětí U	[V – volt]
Elektrický proud I	[A – ampér]
Elektrický náboj Q	[C – coulomb = A.s]
Elektrická vodivost G	[S – siemens = Ω^{-1}]

Využívá se zde jevů spojených s reakcí přenosu náboje na fázovém rozhraní nebo jevů spojených s transportem nabitých částic v roztoku

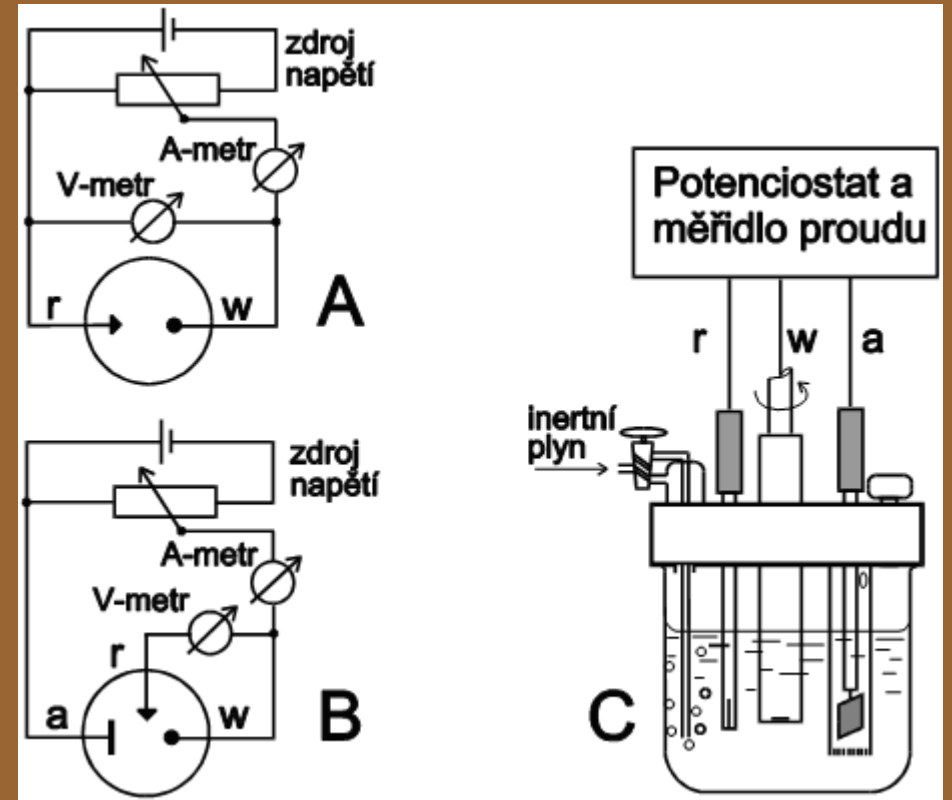
Voltametrie



Voltametrie (a polarografie) jsou elektroanalytické metody založené na vzniku elektrochemických článků tvořených pracovní polarizovatelnou elektrodou a referentní nepolarizovatelnou elektrodou. Měří se časová závislost proudu protékajícího pracovní elektrodou na potenciálu měnícím se s časem, který je na ni vkládán. Proud závisí na koncentraci analyzované látky.

Voltametrie

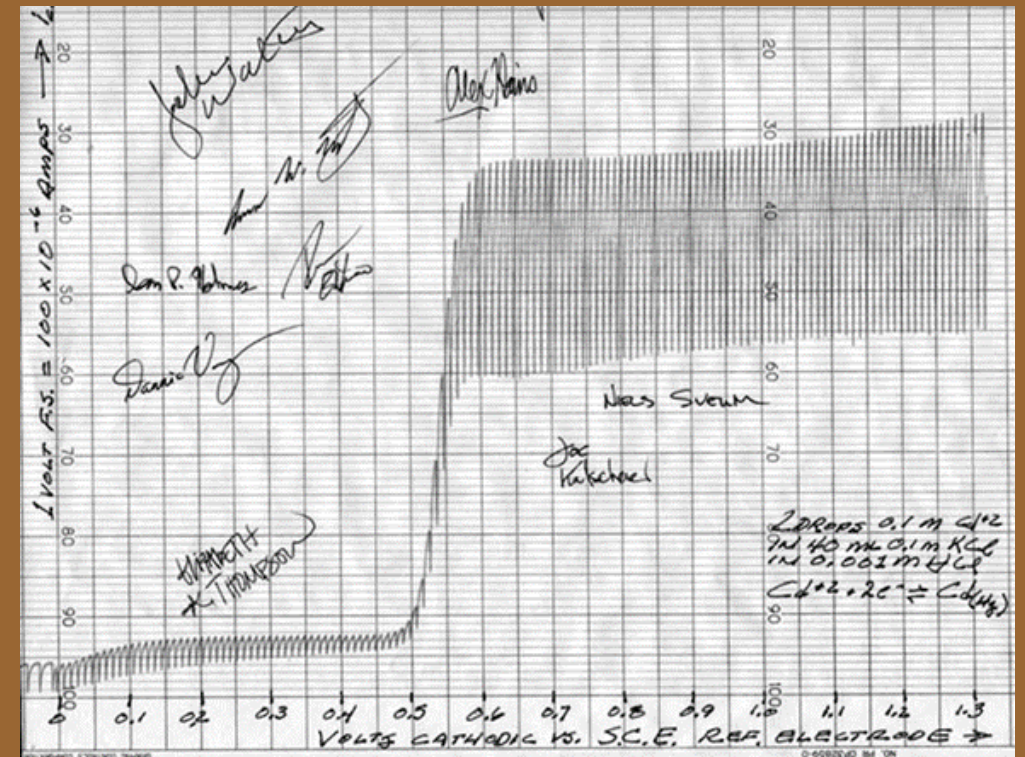
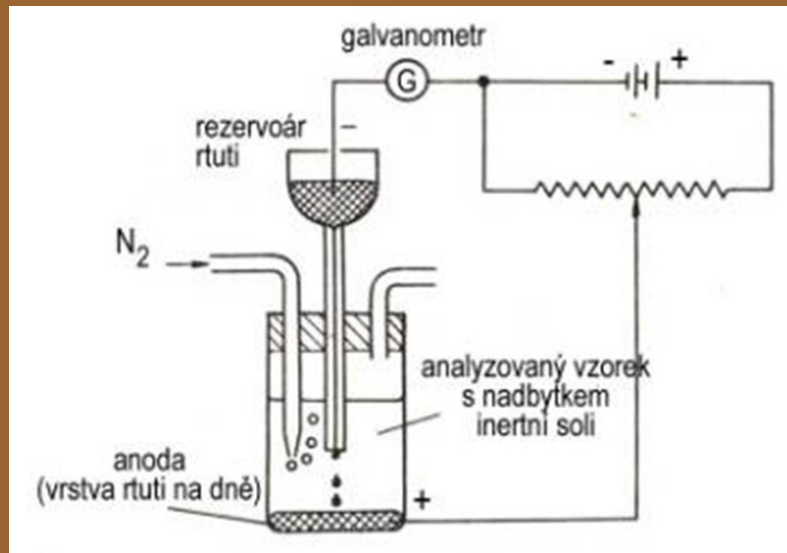
Alessandro Volta
1745-1827



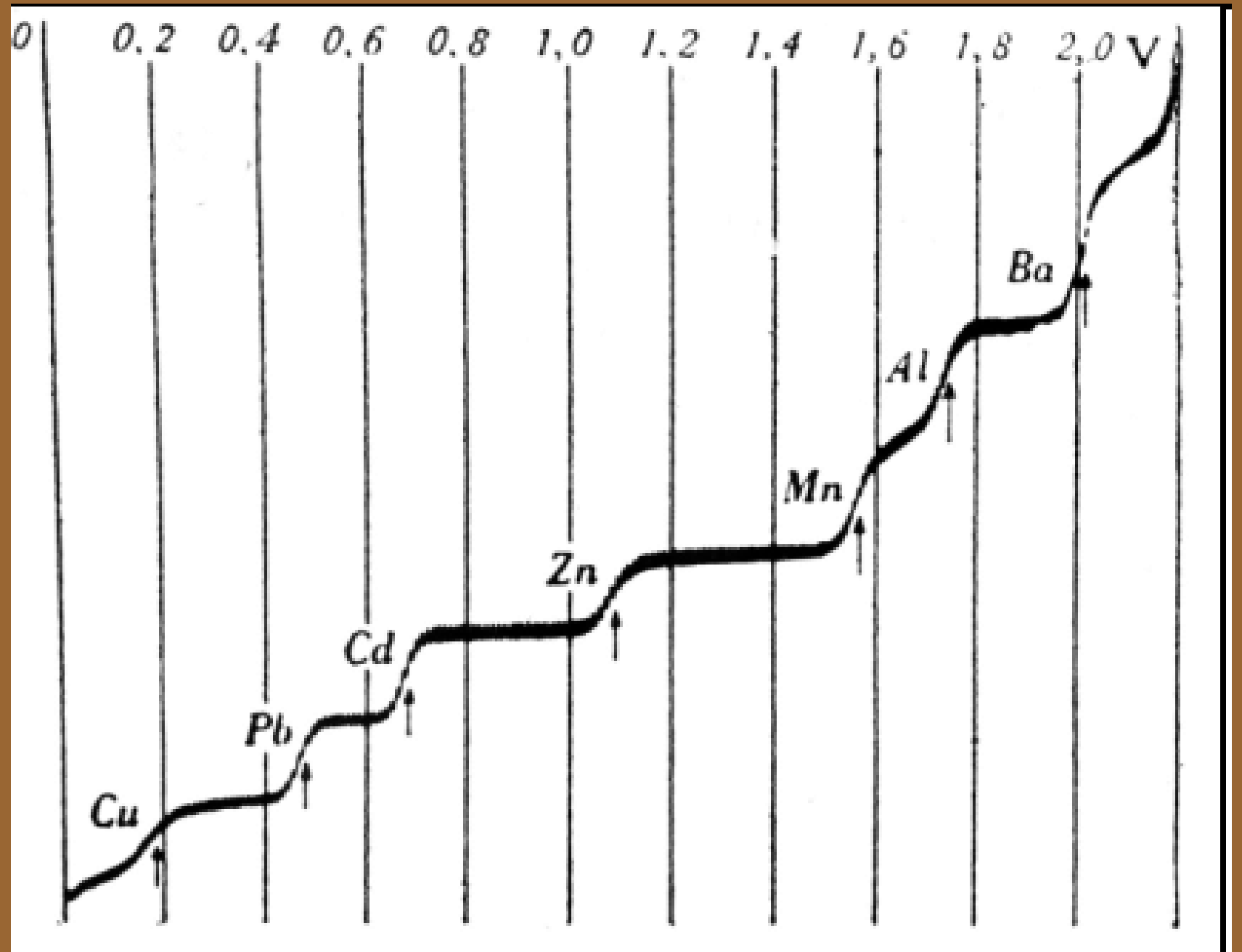
Voltametrie (a polarografie) jsou elektroanalytické metody založené na vzniku elektrochemických článků tvořených pracovní polarizovatelnou elektrodou a referentní nepolarizovatelnou elektrodou. Měří se časová závislost proudu protékajícího pracovní elektrodou na potenciálu měnícím se s časem, který je na ni vkládán. Proud závisí na koncentraci analyzované látky.

Polarografie

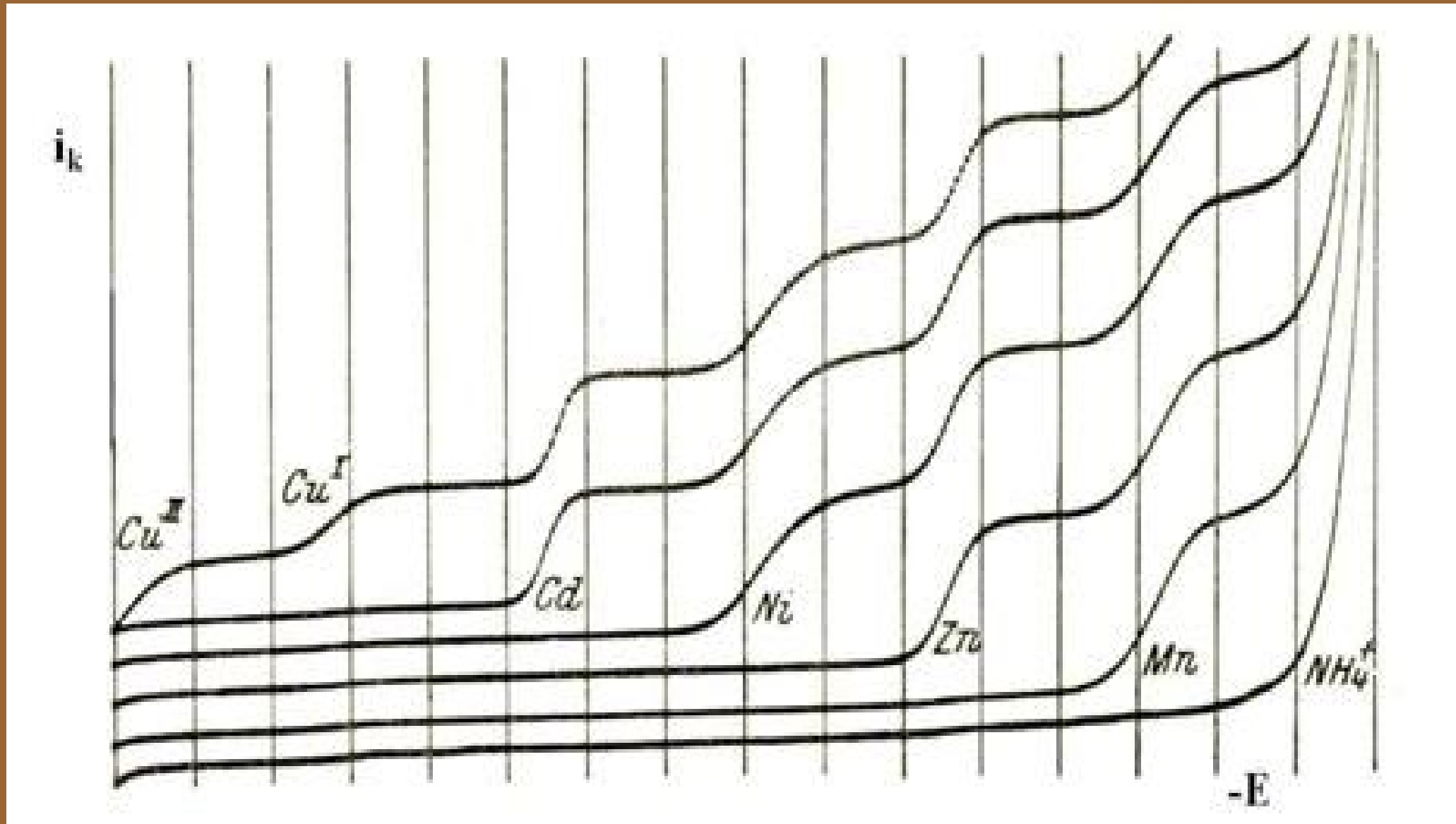
Princip spočívá ve vyhodnocování závislosti elektrického proudu na napětí na dvojici elektrod, které jsou ponořené do roztoku, v němž probíhá elektrolýza. Závislosti mají tvar vln, jejichž poloha charakterizuje jednotlivé druhy látek. Z velikosti nárůstu proudu lze určit koncentraci příslušné látky.



Polarografie

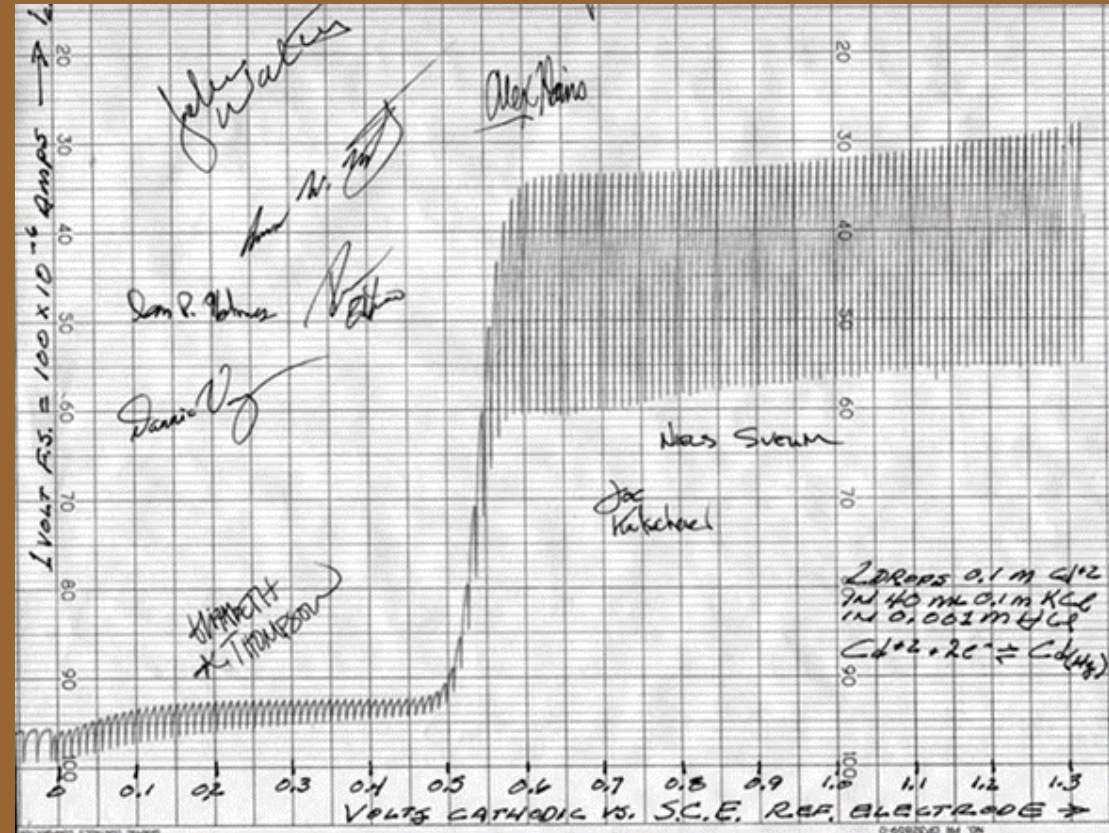


Polarografie



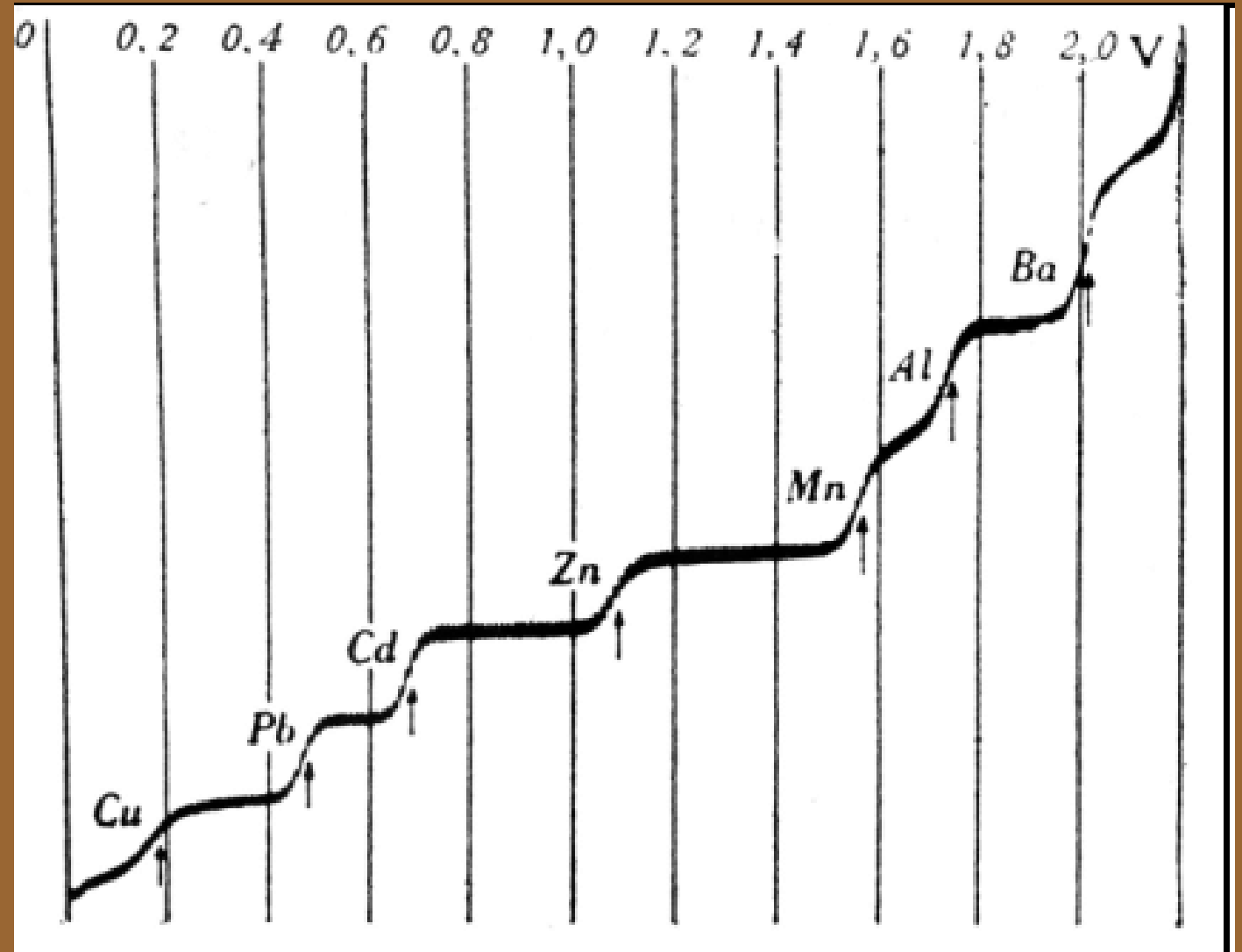
Polarografie

1959: Nobelova cena pro J. Heyrovského



Před 100 lety, 10. února 1922, provedl Jaroslav Heyrovský (1890-1967) v laboratoři sérii experimentů a z naměřených výsledků pochopil, že se mu podařil průlomový objev. V roce 1959 za něj získal Nobelovu cenu, nově objevená polarografie byla po řadu let jednou z nejpoužívanějších analytických metod na světě.

Polarografie



Za svoj objav polarografie bol profesor Jaroslav Heyrovský ocenený Nobelovou cenou za chémiu v roku 1959. Jeho žiak Dionýz Ilkovič sa považuje za zakladateľa fyziky na Slovensku.

Ilkovičova rovnice pro střední limitní difúzní proud

- Ilkovič vycházel z odvození výrazu pro koncentrační gradient při lineární difúzi ke rtuťové kapkové elektrodě
- Ilkovičova rovnice pro okamžitou hodnotu difúzního proudu má tvar:

$$I = k' \cdot z \cdot F \cdot D^{1/2} \cdot m^{2/3} \cdot t^{1/6} \cdot (c - c^0)$$

I ... okamžitá hodnota difúzního proudu

k' ... numerická konstanta

z ... počet vyměňovaných elektronů

F ... Faradayova konstanta

D ... difúzní koeficient

m ... hmotnostní průtok rtuti

t ... čas

c ... koncentrace depolarizátoru v roztoku

c⁰ ... koncentrace depolarizátoru na povrchu elektrody

Voltametrie obecně

- Voltametrie je založena na měření polarizačních křivek
- Při voltametrické analýze se používají pracovní elektrody z různých materiálů; obvykle se jedná o elektrody platinové, zlaté, uhlíkové i rtuťové) rtuťová odkapávající elektroda = polarografie
- Velmi časté je použití rotujících diskových elektrod
- Depolarizátor se dostává k povrchu rotující diskové elektrody konvektivně-difúzním transportem
- Konvekcí se dostává depolarizátor do blízkosti povrchu elektrody, kde se utváří tenká difúzní vrstva

Voltametrie obecně

Pro konvektivně-difúzní limitní proud platí *Levičova rovnice* ve tvaru:

$$I_l = \pm k' \cdot z \cdot F \cdot p \cdot r^2 \cdot D^{2/3} \cdot n^{-1/6} \cdot w^{1/2} \cdot c = k \cdot c$$

I_l ... konvektivně-difúzní limitní proud

k' ... numerická konstanta

z ... počet vyměňovaných elektronů

F ... Faradayova konstanta

r ... poloměr diskové elektrody

D ... difúzní koeficient

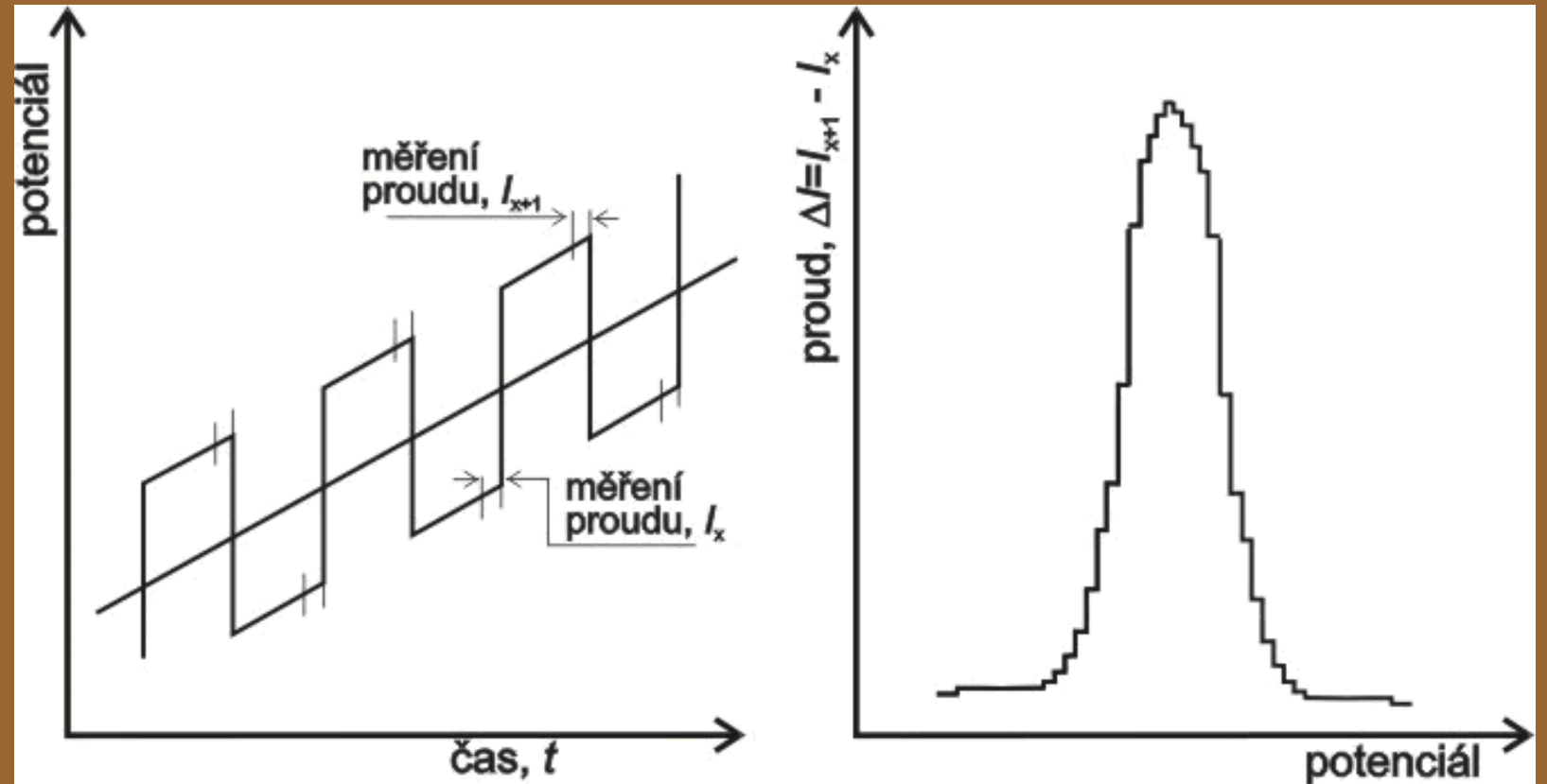
n ... kinematická viskozita roztoku

w ... úhlová rychlost otáčení elektrody

c ... koncentrace depolarizátoru

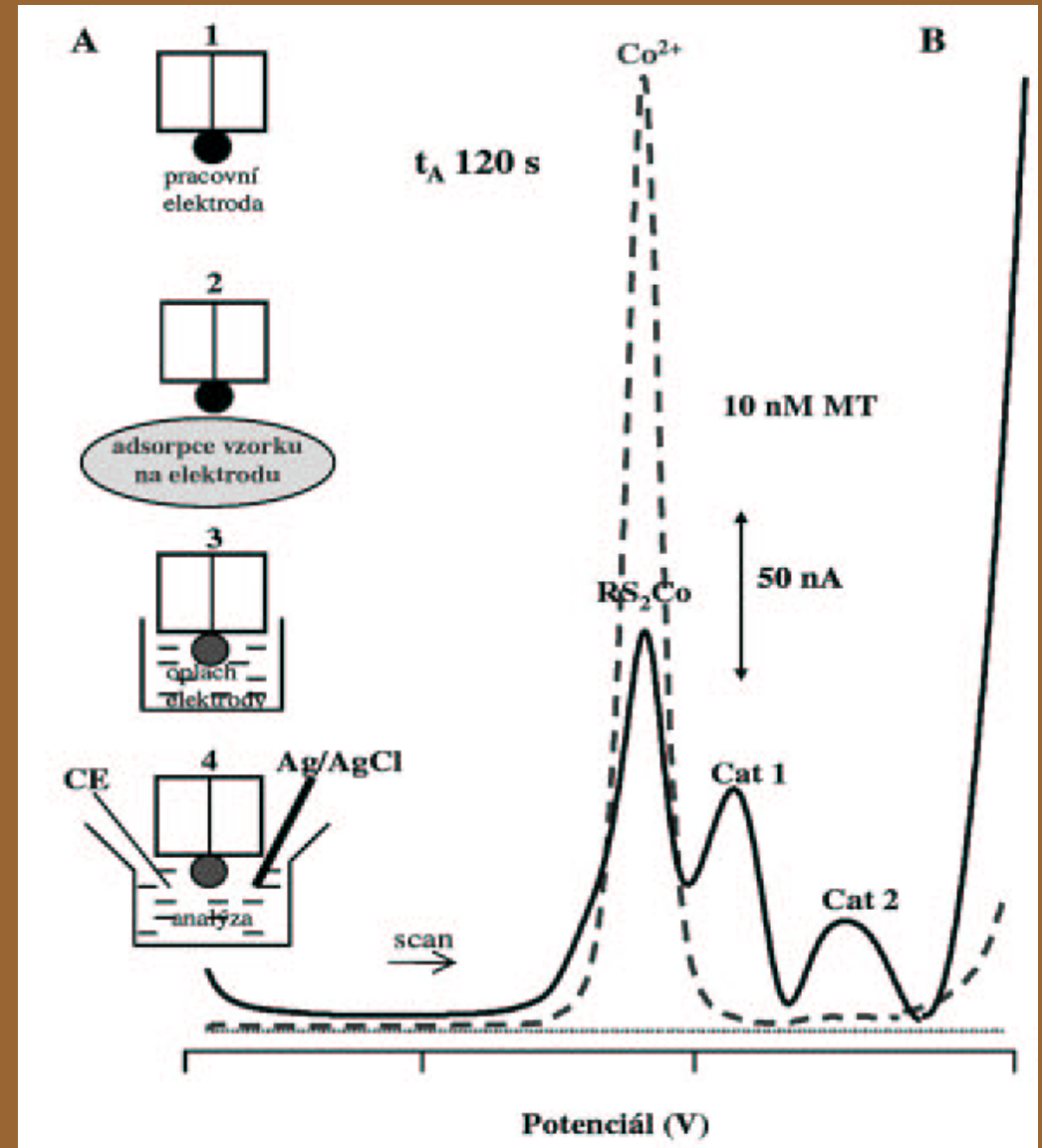
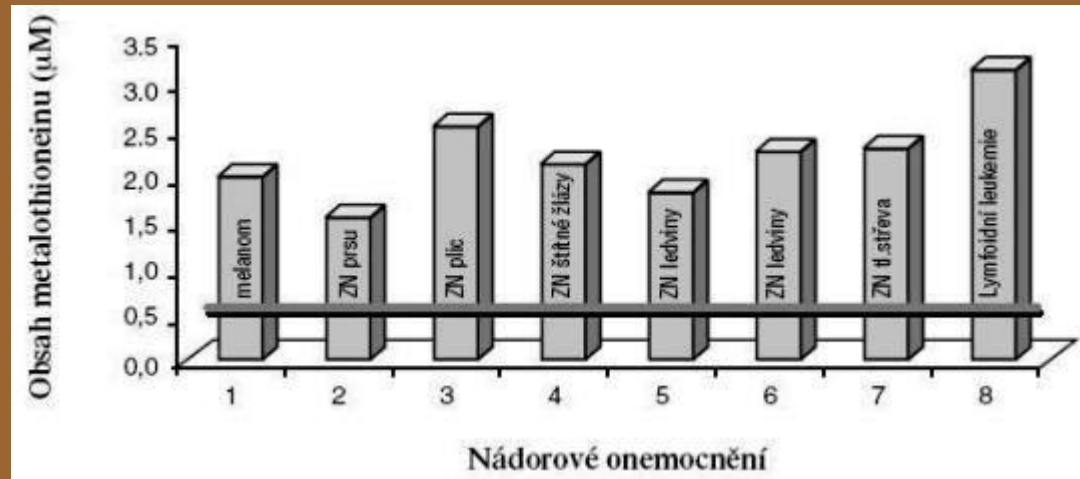
k ... numerická konstanta

Diferenční pulsní voltametrie



Diferenční pulsní voltametrie – průběh potenciálu vkládaného na pracovní elektrodu (vlevo) a závislost proudu na potenciálu (vpravo).

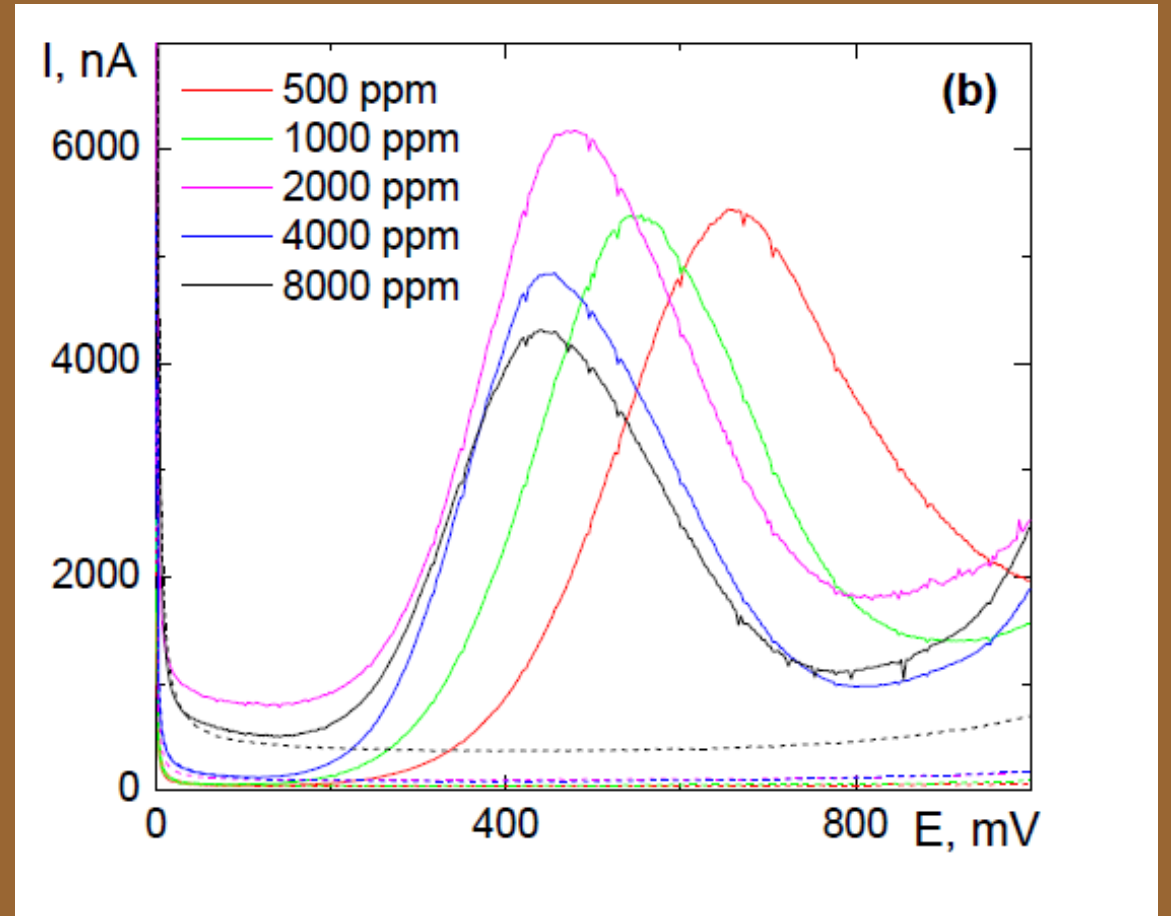
Diferenční pulsní voltametrie



Příklad: DPP stanovení metallothioneinu v séru onkologických pacientů

<https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/kongresy/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/zmeny-obsahu-metalothioneinu-v-seru-pacientu-s-nadorovym-onemocnenim/>

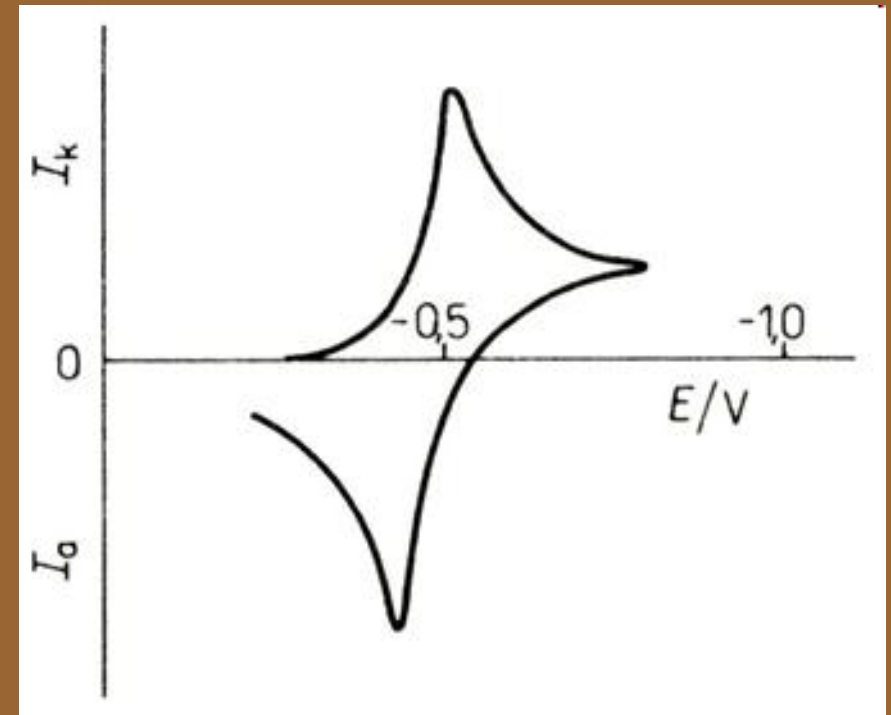
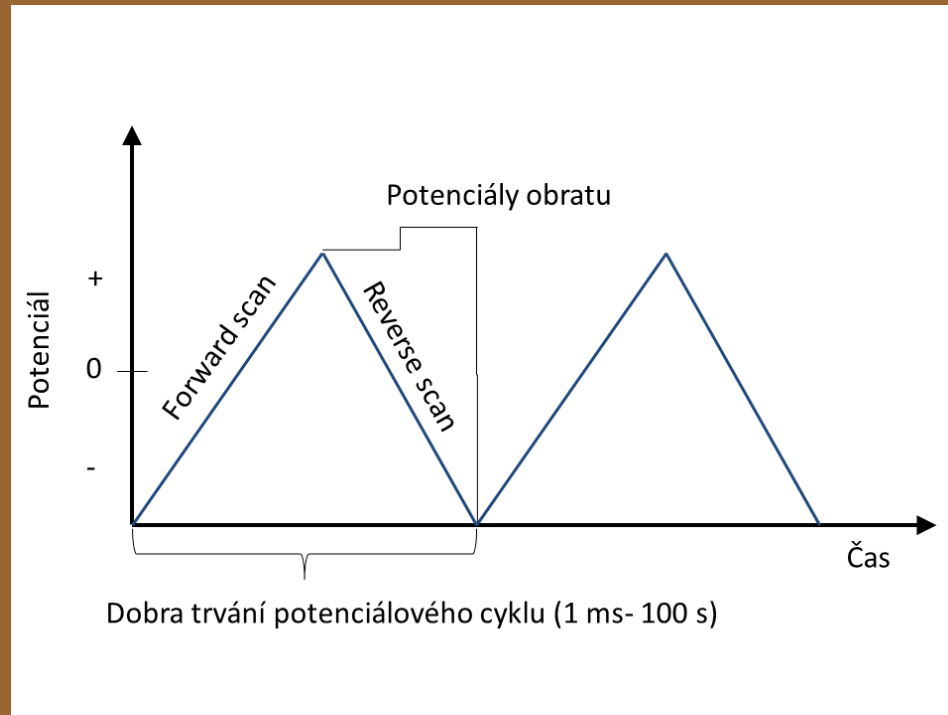
Diferenční pulsní voltametrie



Obr. 12: Voltamogramy dopaminu ($c = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) v prostředí fosfátového pufru o pH 7,4 naměřené po anodické aktivaci ($0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$, $E_{\text{akt}} = +2400 \text{ mV}$, $t = 20 \text{ min}$) na O-BDD elektrodách s různou koncentrací bóru B/C (ppm): 500, 1000, 2000, 4000, 8000. Měřeno DPV, rychlost scanu $20 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$, zobrazen vždy první scan z pěti měřeních, čárkovaně je znázorněna linie základního elektrolytu.

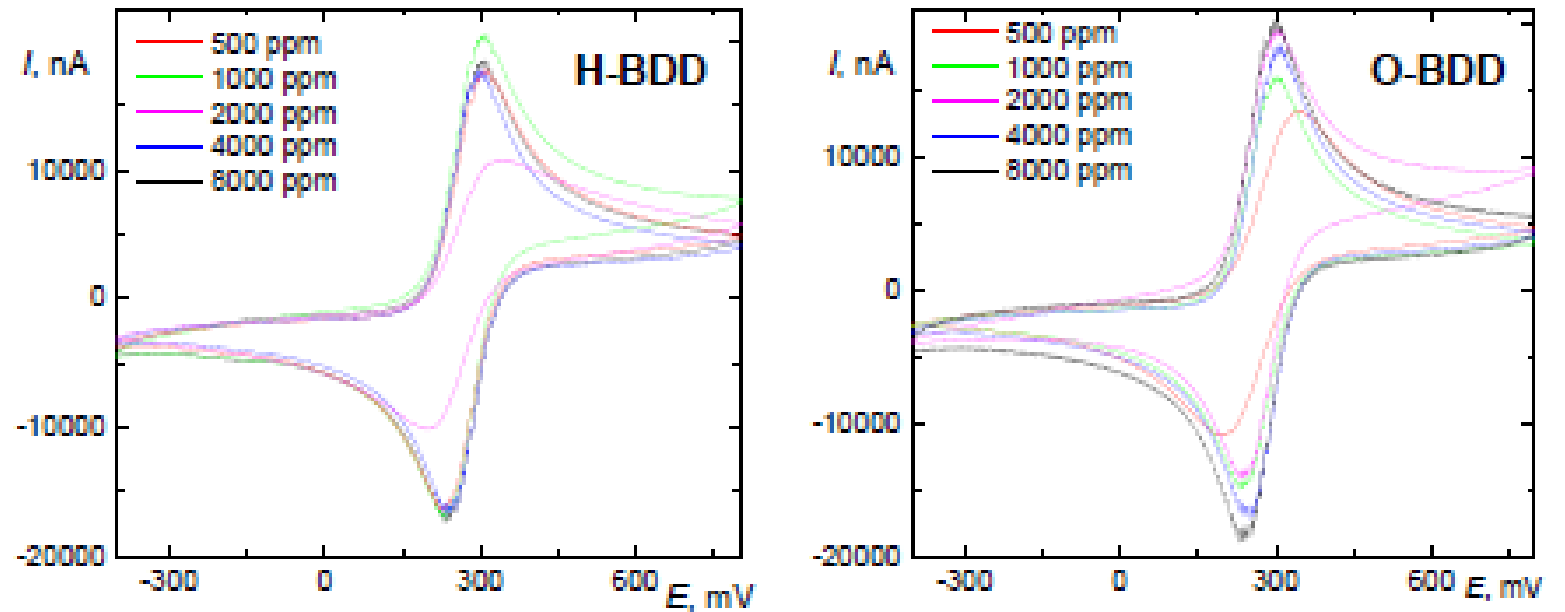
Z dipl. práce Michala Nedvěda (PřF UK, 2018)

Cyklická voltametrie



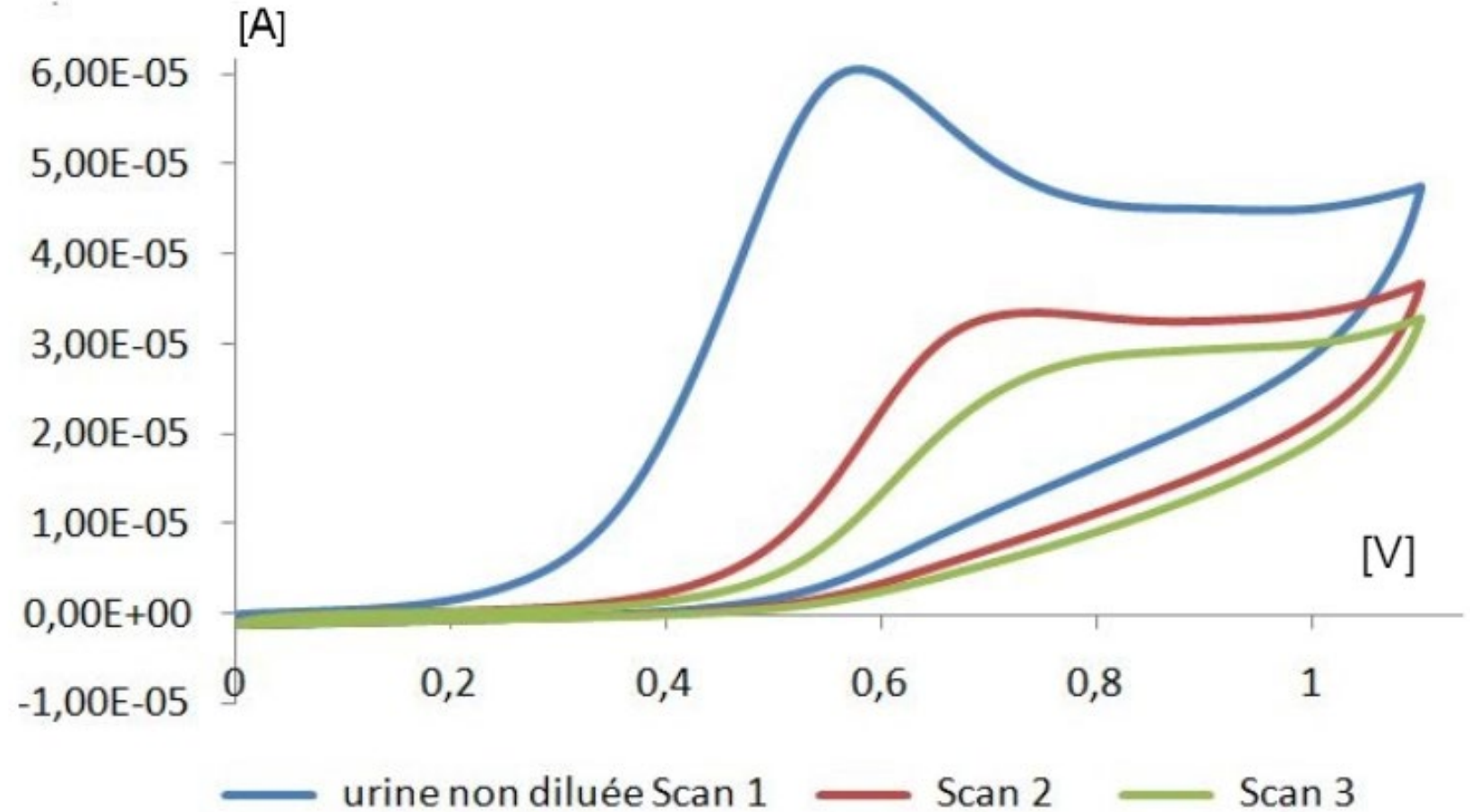
Měření probíhá tak, že napětí na pracovní elektrodě vůči referenční elektrodě je cyklicky lineárně navyšováno a snižováno. Rychlost polarizace se typicky pohybuje od 10 do 200 mV/s. Cyklické změny napětí vyvolávají změny proudu, které jsou zaznamenávány a vynášeny v podobě závislosti napětí na proudu.

Cyklická voltametrie



Obr. 4: Cyklické voltamogramy redoxního systému $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ ($c = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) v prostředí $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl naměřené na BDD elektrodách s různou koncentrací bóru B/C (ppm): 500, 1000, 2000, 4000, 8000: (a) před anodickou aktivací (H-BDD), (b) po anodické aktivaci ($0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ H_2SO_4 , $E_{\text{akt}} = +2400 \text{ mV}$, $t = 20 \text{ min}$; O-BDD). Rychlost scanu $100 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$. Zobrazen je vždy třetí scan z pěti měřených.

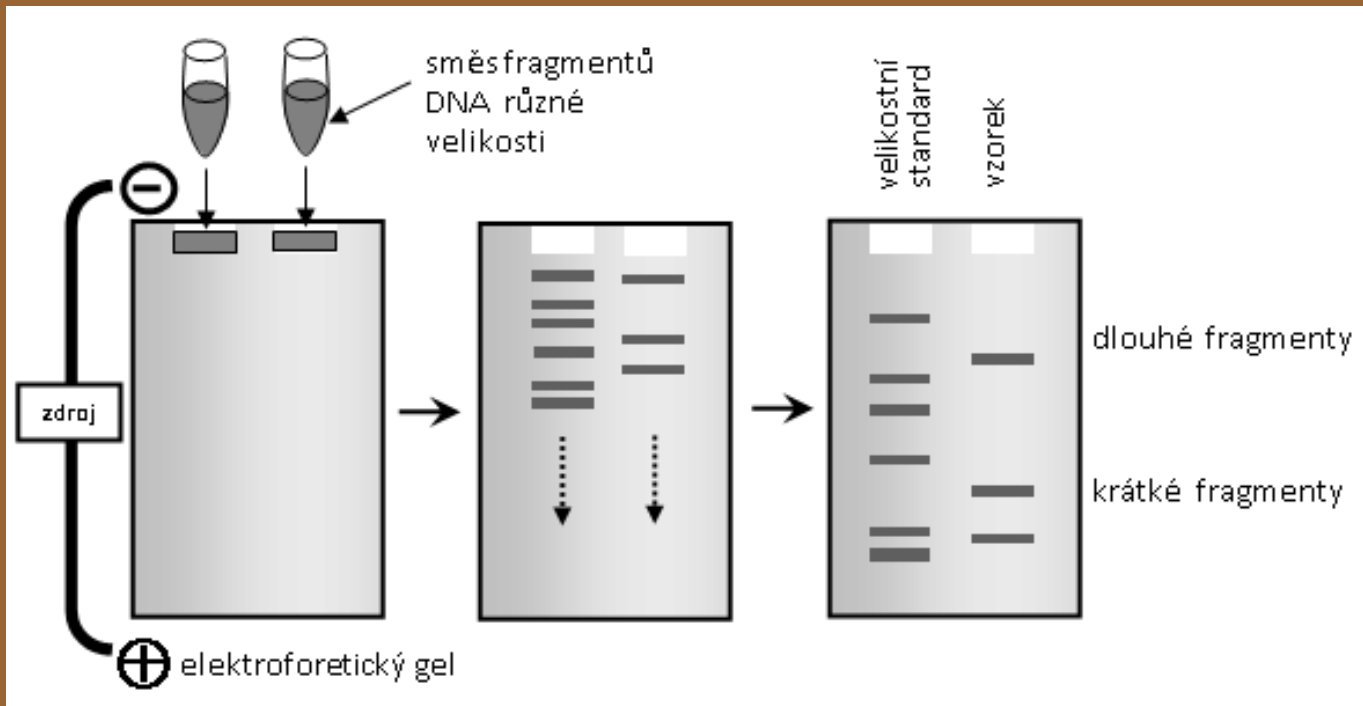
Cyklická voltametrie



Graf 21: Tři po sobě jdoucí CV skeny neředěné moči

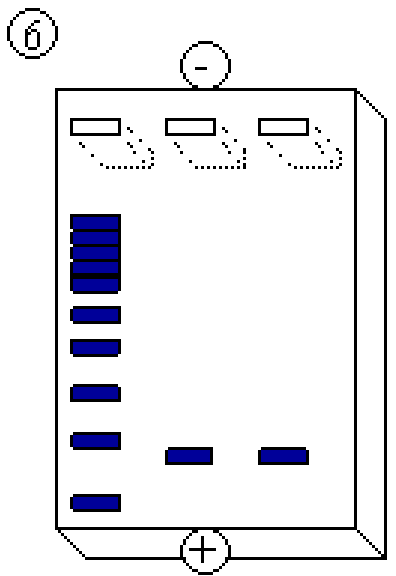
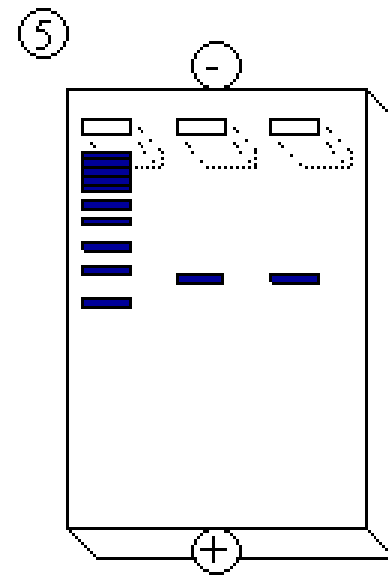
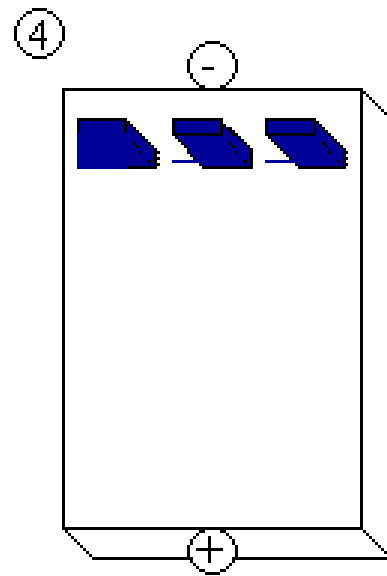
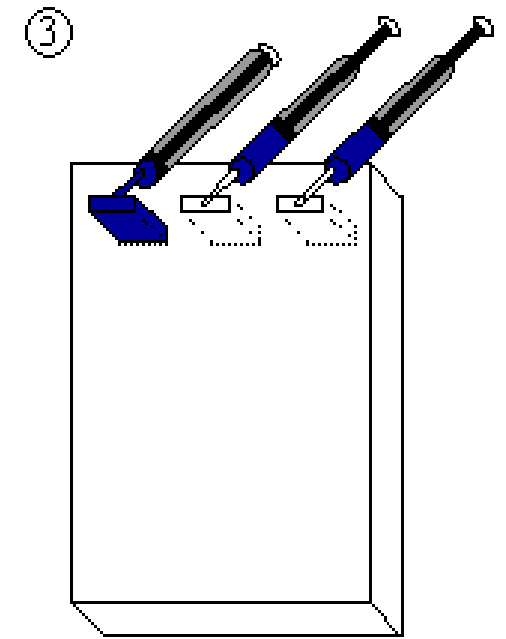
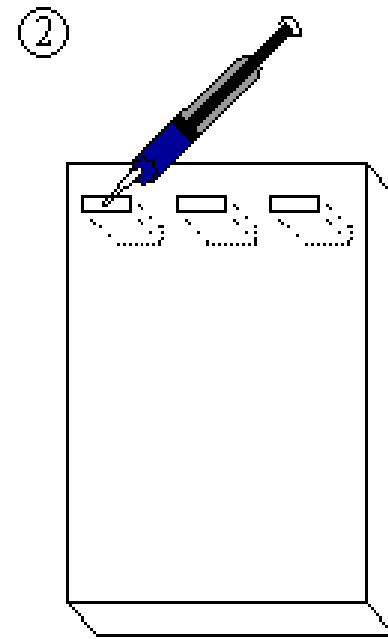
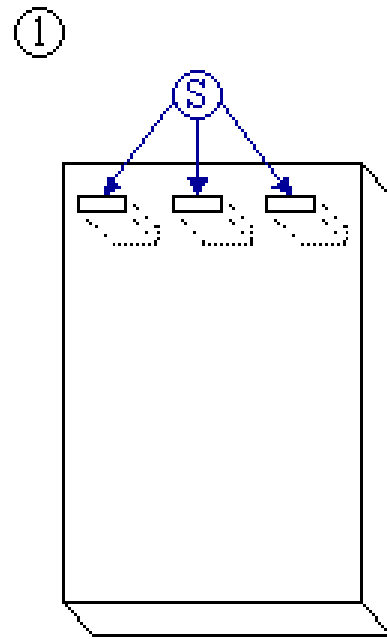
Elektroforéza

Separace makromolekul v biochemii – molekulární biologii

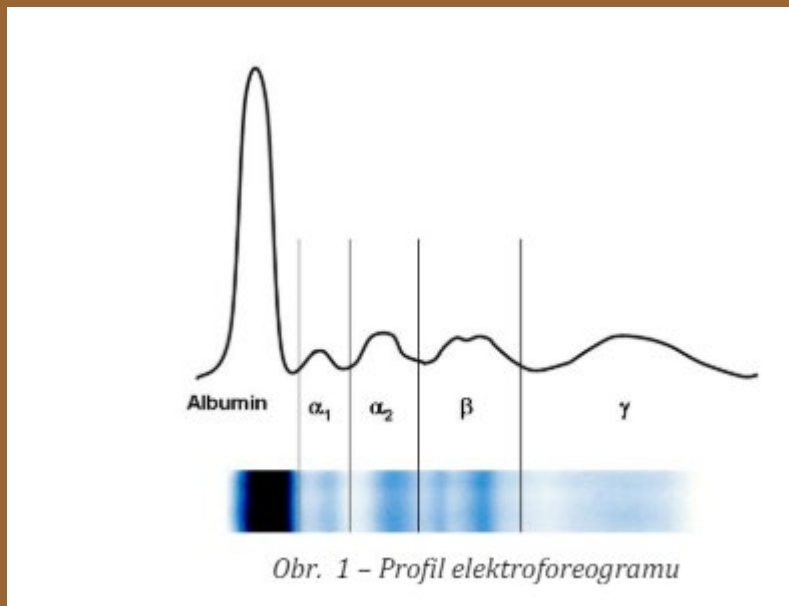


Elektroforéza je soubor separačních metod, které využívají k dělení látek jejich odlišnou pohyblivost ve stejnosměrném elektrickém poli. Na principu rozdílných elektroforetických mobilit se při ní dělí nabitě molekuly (ionty).

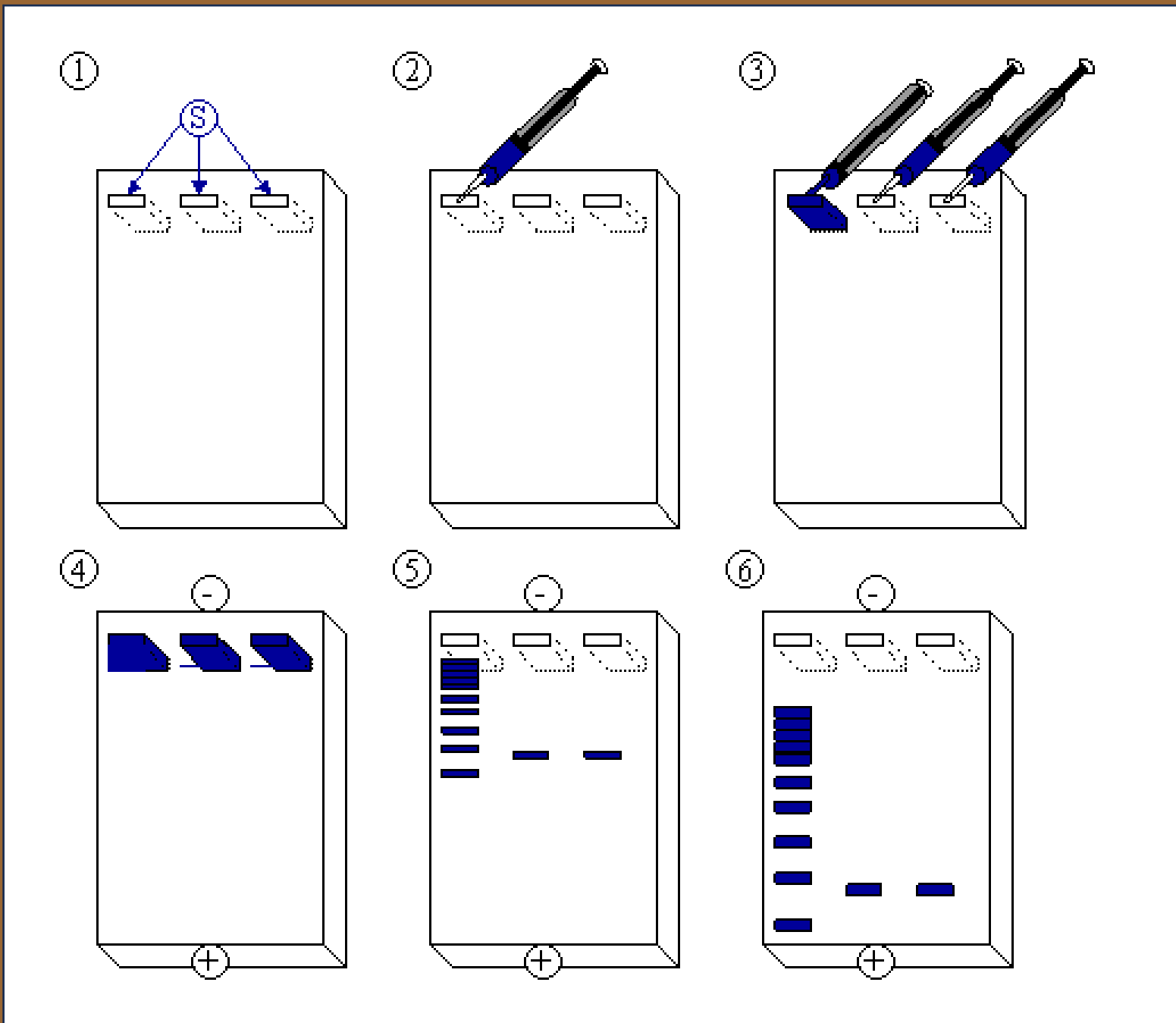
Elektroforéza



Elektroforéza

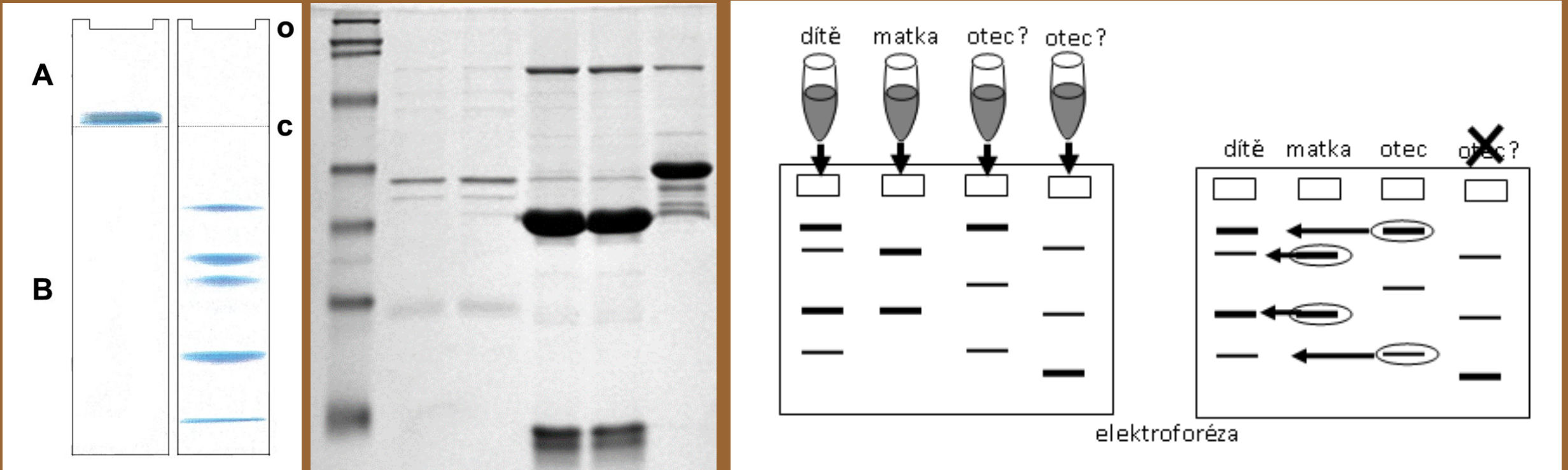


Kudlová Andrea ELEKTROFORÉZA
BÍLKOVIN KREVNÍHO SÉRA (z eseje k
předmětu Repetitorium chemie 2024)



Elektroforéza

Separace makromolekul v biochemii – molekulární biologii



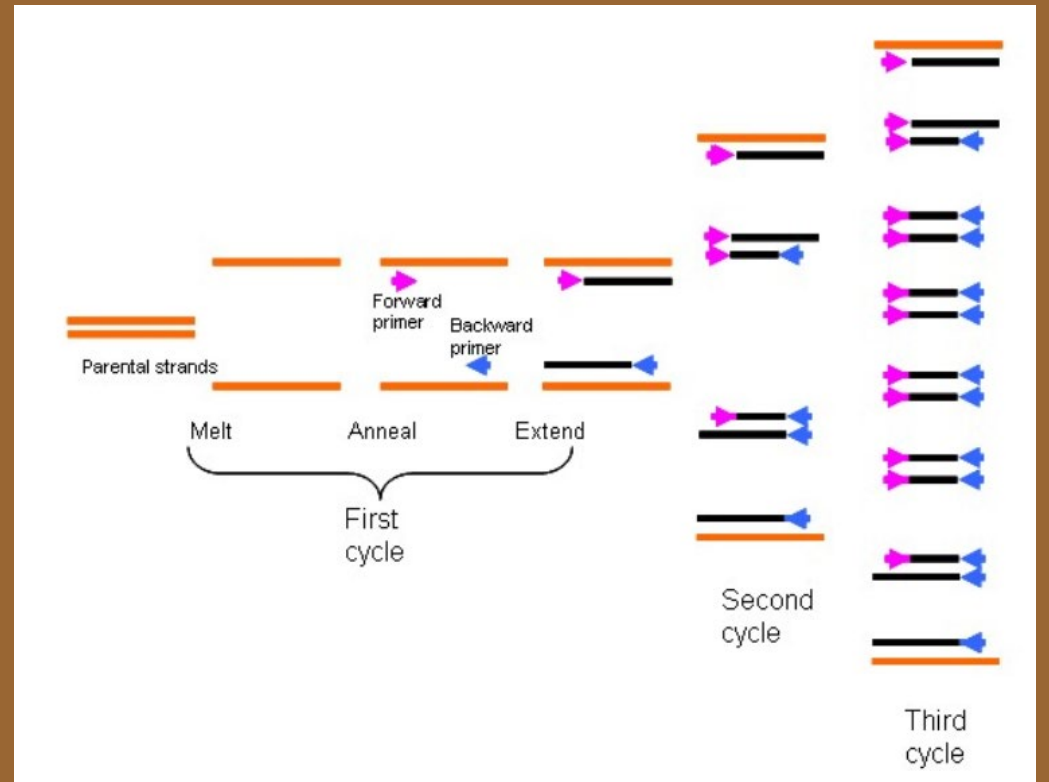
Nejčastěji používanými typy gelové elektroforézy je elektroforéza DNA v agaróze a elektroforéza proteinů v polyakrylamidovém gelu při metodě SDS-PAGE.

PCR (polymerase chain reaction, polymerázová řetězová reakce)

Využití

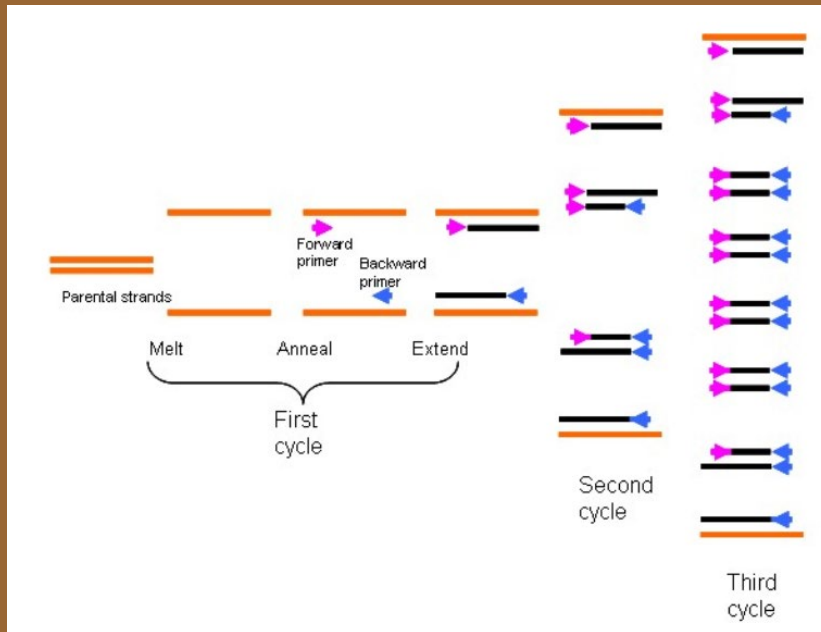
PCR slouží k namnožení DNA pro další biotechnologické metody, jako je:

- sekvenování DNA
- analýza genů
- DNA fingerprinting
- diagnostika infekčních nemocí
- zjišťování genetických nemocí
- identifikace osob



PCR (polymerase chain reaction, polymerázová řetězová reakce) je metoda sloužící k mnohonásobnému zmnožení (amplifikaci) specifického úseku DNA in vitro. Princip syntézy DNA touto metodou je podobný replikaci: kopie úseku DNA jsou syntetizovány pomocí enzymu DNA-polymerázy podle templátu ve formě jednořetězcové DNA na principu komplementarity bází. K zahájení reakce je zapotřebí dvou primerů (čti prajmrů) – chemicky syntetizovaných krátkých oligonukleotidů, které se připojují ke komplementárním úsekům protilehlých řetězců DNA tak, že jejich 3'-OH-konce směřují proti sobě. Pomocí primerů je zároveň vymezen úsek DNA, který bude amplifikován. Jako templáty pro syntézu slouží oba řetězce dsDNA, po předchozí denaturaci.

PCR (polymerase chain reaction, polymerázová řetězová reakce)



1. počáteční denaturace DNA (separace řetězců) (94 °C, 2-5 min)

Vlastní řetězová reakce:

2. **denaturace** (separace řetězců) (94 – 95 °C, 20 – 45 s)

3. **připojení (nasedání) primerů** (55 – 65 °C, 30 – 90 s)

4. **polymerační reakce** (72 °C, 45 – 90 s)

(prodlužování řetězců pomocí DNA-polymerázy, která syntetizuje komplementární řetězce DNA z volných nukleotidů, nově syntetizované řetězce slouží jako templáty pro další cyklus)

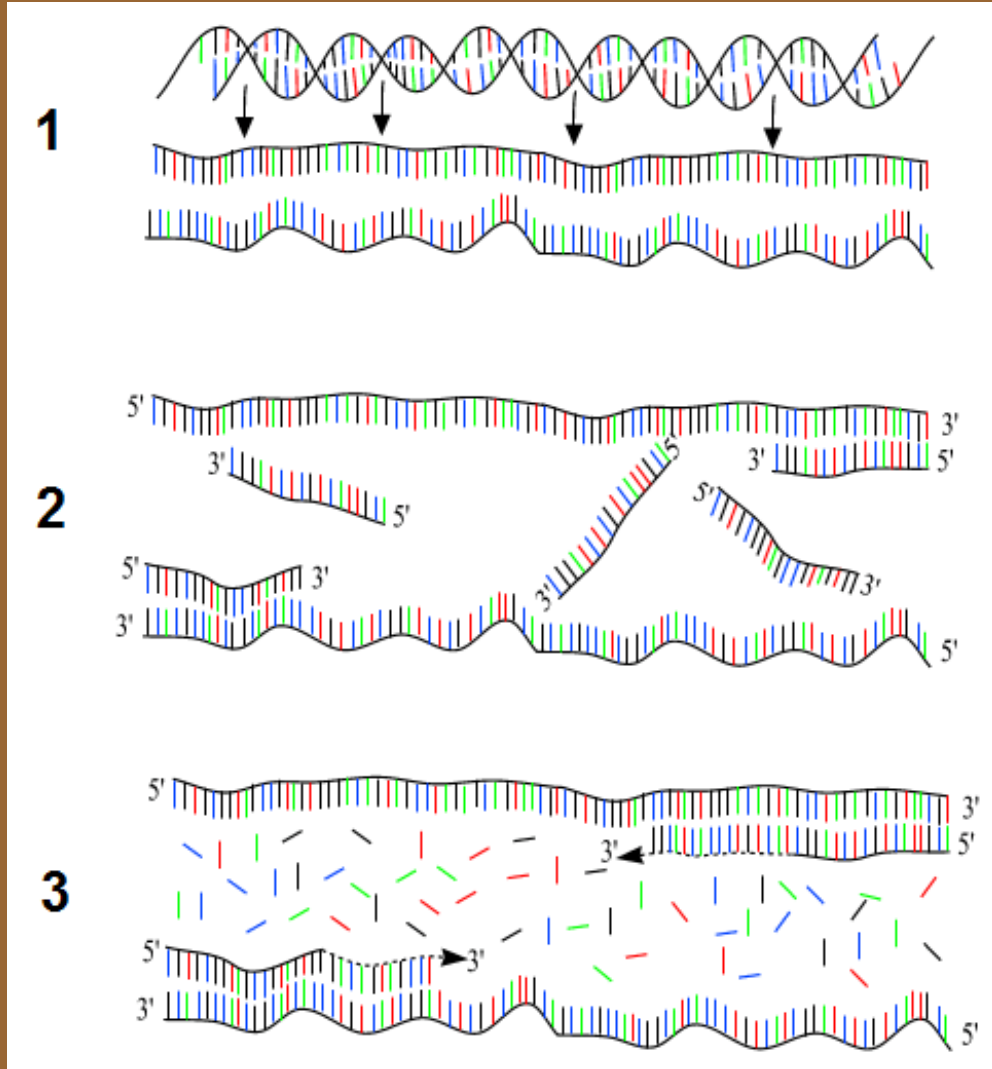
➔ tyto kroky se cyklicky opakují (25-30 cyklů)

5. **závěrečná extenze** (72 °C, 5 min)

(dosyntetizování případně nedosyntetizovaných řetězců)

PCR (polymerase chain reaction, polymerázová řetězová reakce) je metoda sloužící k mnohonásobnému zmnožení (amplifikaci) specifického úseku DNA in vitro. Princip syntézy DNA touto metodou je podobný replikaci: kopie úseku DNA jsou syntetizovány pomocí enzymu DNA-polymerázy podle templátu ve formě jednořetězové DNA na principu komplementarity bází. K zahájení reakce je zapotřebí dvou primerů (čti prajmrů) – chemicky syntetizovaných krátkých oligonukleotidů, které se připojují ke komplementárním úsekům protilehlých řetězců DNA tak, že jejich 3'-OH-konce směřují proti sobě. Pomocí primerů je zároveň vymezen úsek DNA, který bude amplifikován. Jako templáty pro syntézu slouží oba řetězce dsDNA, po předchozí denaturaci.

PCR (polymerase chain reaction, polymerázová řetězová reakce)



PCR (polymerase chain reaction, polymerázová řetězová reakce)



*PCR zavedl do praxe v roce 1983 Kary Mullis (za objev této metody dostal Nobelovu cenu).
PCR = polymerázová řetězová reakce (polymerázová, protože se používá enzym DNA polymeráza, řetězová reakce, protože množství DNA roste během jednotlivých cyklů řetězovou řadou, tj. 2, 4, 8, 16, 32,...).
Jelikož výsledkem polymerázové řetězové reakce je mnohonásobné zmnožení vybraného úseku DNA, lze označit tento způsob za klonování DNA.*

Tento materiál je určen pouze pro výuku studentů.

This presentation has been scheduled for educational purposes only.

Pokud má někdo dojem, že použité obrázky (jiné než moje vlastní) jsou kryty copyrightem, necht' mi dá vědět.

If somebody believes, that pictures or figures in this presentation are covered by copyright, please let me know.

Jiří Gabriel (gabriel@biomed.cas.cz)