

Cyklus přednášek z mineralogie pro Jihočeský mineralogický klub



Témata přednášek

1. Minerály a krystaly
2. Fyzikální vlastnosti nerostů
3. Chemické vlastnosti nerostů

4. **Určování nerostů**
5. Mineralogický systém, prvky a sulfidy
6. Halogenidy a oxidy
7. Karbonáty, sulfáty a fosfáty
8. Silikáty I (nesosilikáty a sorosilikáty)
9. Silikáty II (cyklosilikáty a inosilikáty)
10. Silikáty III (fylosilikáty a tektosilikáty) a ostatní
11. Minerogeneze

Obsahem není krystalografie, strukturní mineralogie, termodynamika a fázové přechody, ložisková mineralogie, užitá mineralogie, drahé kameny...

Minerály a krystaly

- ◆ **Co je minerál?**
- ◆ **Jak se liší krystalická látka od amorfní?**
- ◆ **Jaké jsou krystalové soustavy a jak se od sebe liší?**
- ◆ **Co znamená idiomorfni, hypidiomorfni a alotriomorfni vývin krystalů?**
- ◆ **K čemu slouží Millerovy indexy a jaký mají tvar?**
- ◆ **Jak vypadá prisma, romboedr, tetraedr a dodekaedr? Uved'te příklady minerálů, které krystalují v uvedených tvarech.**
- ◆ **Co znamená krystalová spojka a krystalové dvojče?**
- ◆ **Co je to pseudomorfóza?**

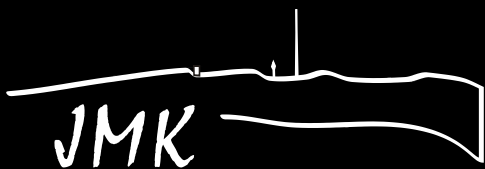
Fyzikální vlastnosti nerostů

- ◆ **Jakou barvu vrypu mají zbarvené minerály?**
- ◆ **Uved' tři minerály, jejichž hustota je větší než 4.**
- ◆ **Čím je způsobena disperze?**
- ◆ **Jaké minerály jsou opticky izotropní?**
- ◆ **Jak se liší opticky izotropní a anizotropní minerály?**
- ◆ **Čím se indukuje fluorescence a k čemu je dobrá?**
- ◆ **Uved' tři magnetické minerály.**
- ◆ **Čím se detekuje radioaktivita minerálů a k čemu je možné jí využít?**

Chemické vlastnosti nerostů

- ◆ **Co je izotop?**
- ◆ **Jak se liší iontová a kovalentní vazba?**
- ◆ **Jaké podmínky musí splňovat ionty, aby mohlo docházet k jejich záměnám ve strukturách minerálů?**
- ◆ **Jaký musí být krystalochemický vzorec minerálu s ohledem na elektrický náboj?**
- ◆ **Proč dochází k odmíšení albitu v ortoklasu (vznik pertitu)?**
- ◆ **Proč je v okrajových jednotkách pegmatitu hojnější almandin, zatímco ve vnitřních jednotkách spesartin?**
- ◆ **Uved' příklad polymorfních minerálů.**
- ◆ **Proč nemůže za běžných podmínek vzniknout diamant, ale proč za těchto podmínek může existovat?**

4. Určování nerostů



Obecné zásady

- ◆ Vždy co možná nejpřesněji znát lokalitu
- ◆ Mít k dispozici více vzorků (řada analýz je destruktivních)
- ◆ Určovat typické ukázky bez chemických přeměn



Nejjednodušší metoda

Zeptat se někoho, kdo
„TO ZNÁ“



Klubová schůzka, Prácheňské muzeum (J. Cícha), Národní muzeum (J. Sejkora, L. Vrtilška), mineralogické burzy,...

Topografické mineralogie

- ◆ Většina lokalit, a na nich se nacházejících minerálů, byla již někdy někde popsána
- ◆ Platí pravidlo, že nalezený minerál je z 99% někde popsán
- ◆ Popisy minerálů z lokalit lze najít v topografických mineralogiích:
 - ◆ Oswald J. (1959): Jihočeské nerosty a jejich naleziště
 - ◆ **Novák V. (2002): Topografická mineralogie jižních Čech 1966-1998**
 - ◆ Kratochvíl J. (1957): Topografická mineralogie Čech, I.-VII. díl
 - ◆ Tuček K. (1970): Naleziště českých nerostů a jejich literatura 1951-1965
 - ◆ **Bernard J.H. et al. (1981): Mineralogie Československa, II. vydání**
 - ◆ Burkart E. (1953): Moravské nerosty a jejich literatura (v němčině)
 - ◆ Krut'á T. (1966): Moravské nerosty a jejich literatura 1945-1965
 - ◆ Pauliš P. (2000-2003): Nejzajímavější mineralogická naleziště....
 - ◆ **Časopis MINERÁL**
 - ◆ ...

Knihovny

- ◆ Všechny výše uvedené publikace plus řada dalších včetně geologicko-mineralogických periodik, závěrečných prací apod. je dostupná v geologických knihovnách:
 - ◆ Knihovna Jihočeského muzea na Senovážném náměstí
 - ◆ Knihovna Prácheňského muzea v Písku
 - ◆ Geologická knihovna Karlovy Univerzity v Praze na Albertově
 - ◆ Geologická knihovna Masarykovy Univerzity v Brně Veverčí
 - ◆ Knihovna Národního muzea v Praze na Václavském náměstí
 - ◆ Knihovna ČGS v Praze na Klárově
 - ◆ Geofond v Praze Holešovicích
 - ◆ a další



Atlasy, klíče, určovací tabulky

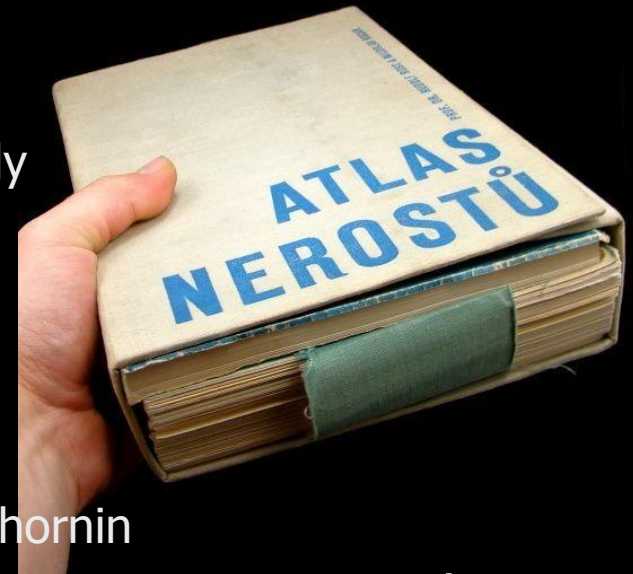
- ◆ Pro určení neznámých minerálů prakticky nepoužitelné
 - ◆ (nereálné zobrazení, omezený výběr minerálů,...)
- ◆ Spíše pro ověření určení jinými „metodami“

◆ Atlasy

- ◆ Ďud'á R., Rejl L. & Slivka D. (1990): Minerály
- ◆ Sejkora J & Kouřimský J. (2005): Atlas minerálů České a Slovenské rep.

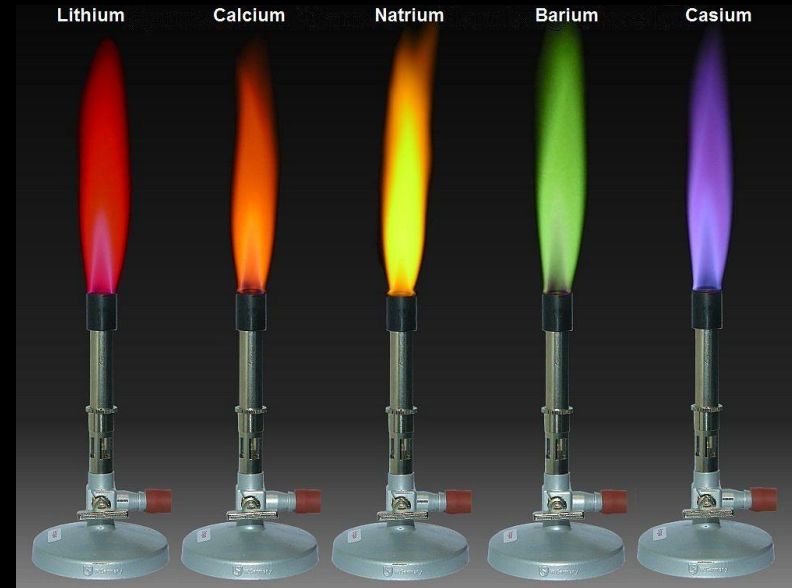
◆ Klíče

- ◆ Němec F. (1967): Klíč k určování nerostů a hornin
- ◆ Rosický V. (1939): Příručka pro určovací praktikum mineralogické



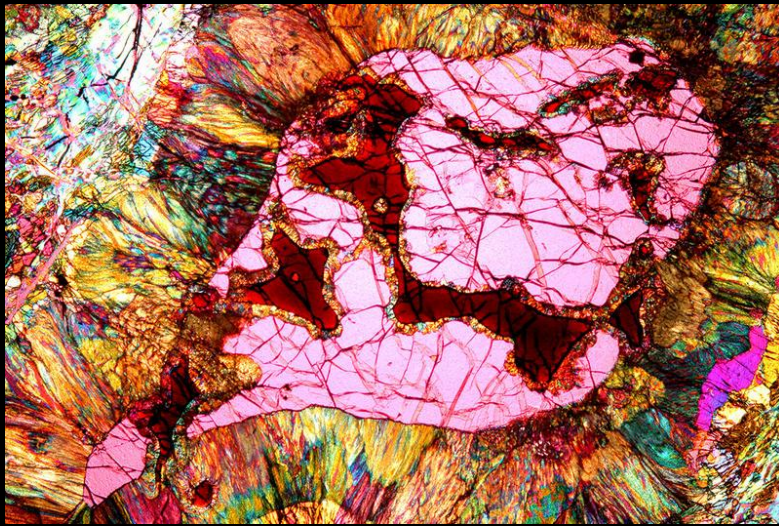
Jednoduché zkoušky

- ◆ Pozorování pouhým okem
 - ◆ lesk, barva, tvar krystalů, štěpnost, ...
- ◆ Fyzikální zkoušky
 - ◆ vryp, tvrdost, hustota, magnetičnost, UV luminiscence, ...
- ◆ Chemické zkoušky na suché cestě
 - ◆ tavitelnost, barvení plamene, žíhání v baňce, perličky, ...
- ◆ Chemické zkoušky na mokré cestě
 - ◆ rozpustnost v kyselinách, důkazy prvků, ...



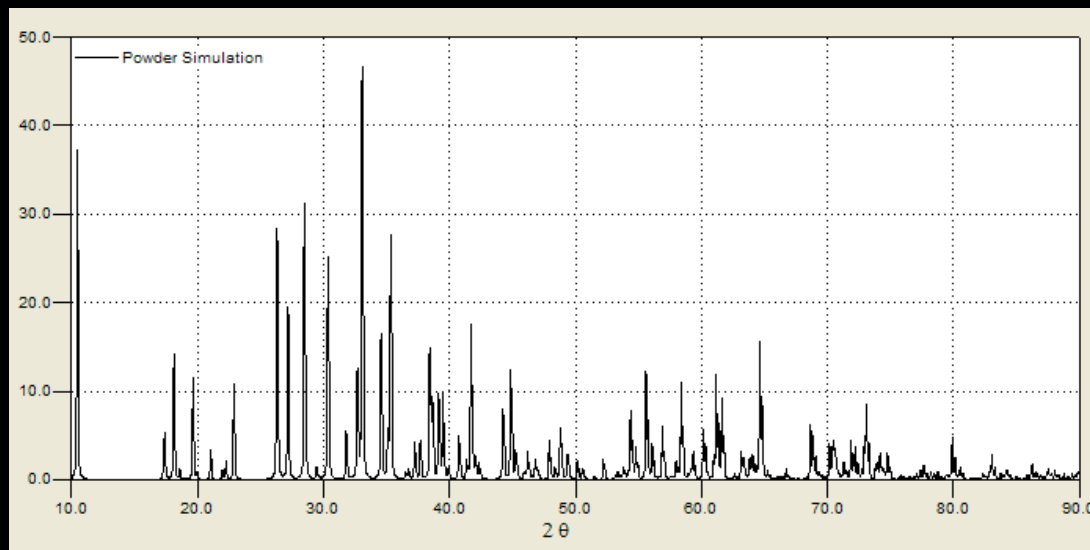
Polarizační a odrazová mikroskopie

- ◆ Obtížně dostupné
- ◆ Vyžadují relativně drahé přístroje
- ◆ Nutná přípravu vzorku (výbrus)
- ◆ Použití spíše v petrografii

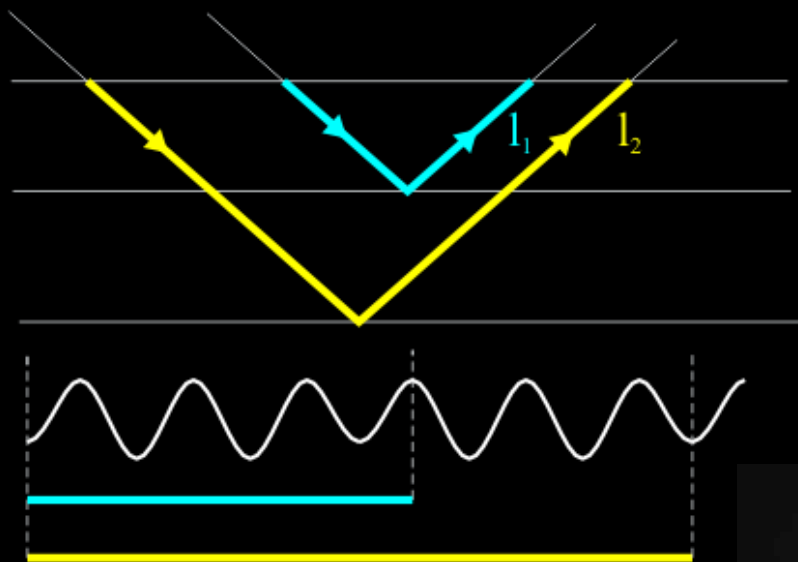


RTG prášková difrakce

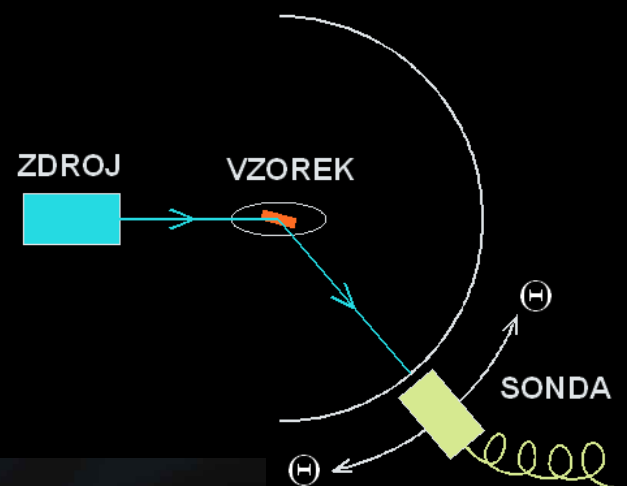
- ◆ Nejpoužívanější metoda v rámci JMK
- ◆ Pro analýzu stačí malý vzorek („špendlíková hlavička“)
- ◆ Rychle dostupné výsledky
- ◆ V rámci výzkumu jižních Čech zdarma (platí redakce)
- ◆ Problematická u pevných substitučních roztoků
 - ◆ (nelze rozlišit např. jednotlivé koncové členy turmalínu apod.)



RTG prášková difrakce - princip



$$n\lambda = 2d \sin \Theta$$



RTG prášková difrakce - výsledky

JZI 1 GRANÁT?

7.969
12.553
19.472
20.005
20.855
23.871
25.219
26.403

4	Brusná		
5	d (Å)	I	I (%)
6	4,708	0,125	3
8	4,087	0,073	2
10	3,089	0,098	2
11	2,889	1,502	37

2.57 - 2.51									
2.56x	1.91 ₈	1.62 ₆	1.46 ₆	1.41 ₇	4.10 ₅	3.00 ₄	2.93 ₄	Gudmundite	
2.52 ₇	1.91 ₇	1.75 ₅	3.19 ₈	3.03x	2.89 ₉	2.75 ₅	2.63 ₅	Rustumite	
2.57 ₄	1.88 ₃	1.82 ₉	1.67 ₃	1.55 ₇	1.18 ₃	1.05 ₃	2.97x	Tennantite, mercurian	
2.57x	1.87 ₃	1.66 ₄	1.60 ₄	1.54 ₃	1.26 ₃	4.04 ₃	2.87 ₄	Almandine	
2.51 ₈	1.87 ₄	8.31 ₅	6.01 ₅	5.00 ₁	3.84 ₁	3.75 ₁	2.82x	Stanfieldite	

9-427 MAJOR CORRECTION

d	2.57	1.54	2.87	4.04	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	$3FeO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$
I/I ₁	100	50	40	30	IRON ALUMINUM SILICATE	ALMANDINE

Rad. CuKα λ 1.5405 Filter Ni Dia. 114.6MM				d Å	I/I ₁	hkl	d Å	I/I ₁
Cut off I/I ₁ VISUAL				4.04	30	220	0.947	5
Ref. L.G. BERRY, QUEEN'S UNIVERSITY, KINGSTON, CANADA				2.873	40	400	.935	10
Sys. CUBIC S.G. O _H ¹⁰ - Ia3D (230)				2.569	100	420	.869	5
a ₀ 11.53	b ₀	c ₀	A C	2.447	5	332	.860	10
a	β	γ	Z 8 Dx 4.313	2.348	20	422	.850	5
Ref. IBID.				2.257	20	510	.835	5
ε α	n ω β 1.815	ξ γ	Sign	2.102	20	521	.792	20
2V	D 4.29 mp	Color RED		2.043	10	440	.785	30
Ref. IBID.				1.866	30	611		
SAMPLE FROM CAVENDISH TP., PETERBOROUGH CO., ONTARIO, CANADA.				1.660	30	444		
				1.599	40	640		
				1.540	50	642		
				1.441	20	800		
				1.287	20	840		
				1.257	30	842		
				1.228	10	664		
				1.167	5	941		
				1.070	20	10.4.0		
				1.051	10	10.4.2		
				1.019	10	880		

4	Brusná		
5	d (Å)	I (%)	hkl
6	4,708	3	2 1 1
8	4,087	2	2 2 0
10	3,089	2	3 2 1
11	2,889	37	4 0 0
14	2,584	100	4 2 0
15	2,463	7	3 3 2
16	2,360	23	4 2 2
17	2,266	13	4 3 1
18	2,111	19	5 2 1
19	2,044	4	4 4 0
20	1,875	21	5 3 2
23	1,669	16	4 4 4
25	1,604	36	6 4 0
27	1,545	42	6 4 2
29			
30	a = 11.55, cell vol = 1541.92		

Rentgen-fluorescenční analýza (XRF)

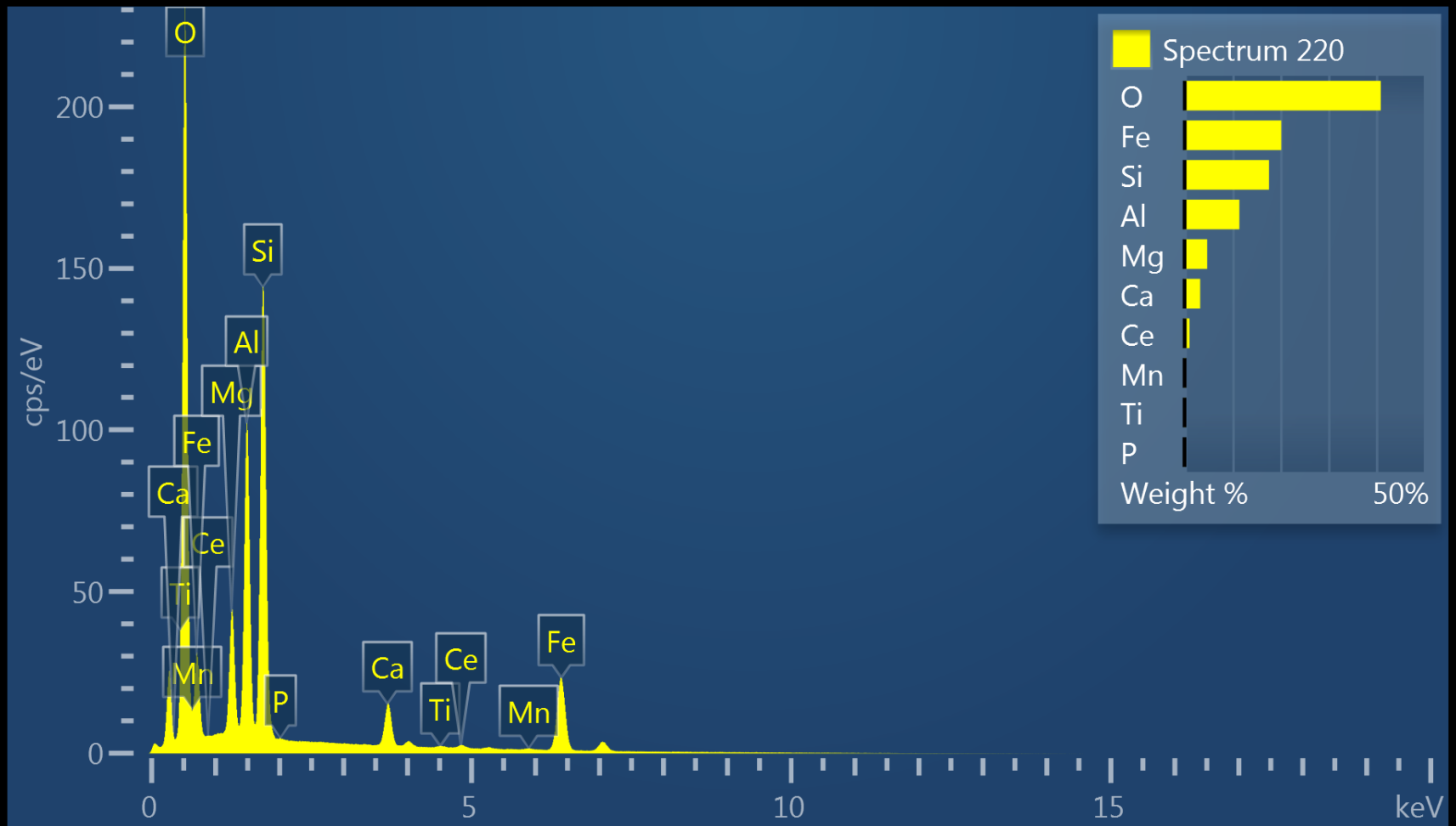
RTG záření vyrazí elektron, který se okamžitě zaplní jiným z vyšší vrstvy a dojde k emitování fotonu o charakteristické vlnové délce

Dva způsoby detekce:

- ◆ Energiově-disperzní metoda ED-XRF - v rámci výzkumu JČ k dispozici (hradí redakce)
 - ◆ Vlnově disperzní metoda WD-XRF
-
- ◆ Rychle dostupná kvantitativní i kvalitativní analýza
 - ◆ Nedestruktivní metoda
 - ◆ Není nutný výbrus, analyzuje se naráz celý objem
 - ◆ Analyzuje se „povrch“, který musí reprezentovat celkové složení
 - ◆ Existují i ruční přístroje
 - ◆ Problematická pro nižší atomová čísla (H, Li, Be,...)
 - ◆ Nižší přesnost (0.X %), citlivost a horší rozlišení (mm)



XRF analýza - výsledky



Mikrosonda

Elektronový mikroskop vybavený pro analytické účely

Podobný princip jako XRF

Poskytuje:

- ◆ EDS - energiově-disperzní metodu
- ◆ WDS - vlnově-disperzní metodu
- ◆ SEM - snímkování prostřednictvím skenovaných elektronů
- ◆ BSE - snímkování prostřednictvím zpětně odražených elektronů
- ◆ CL - katodovou luminiscenci



Instalována například na Masarykově univerzitě v Brně (omezený přístup)

Mikrosonda - výsledky

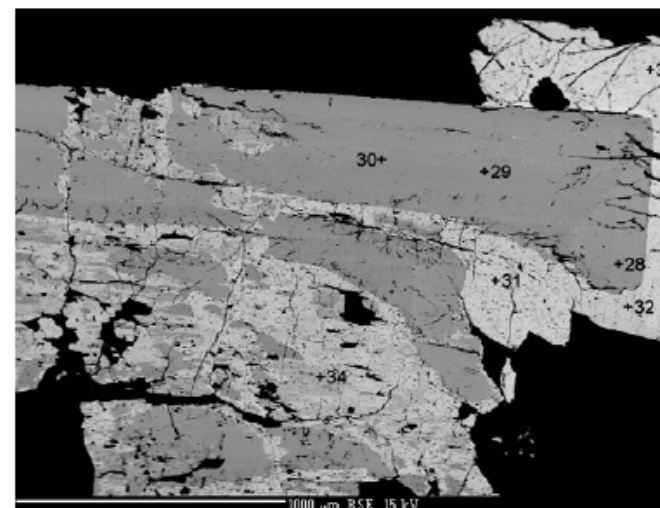
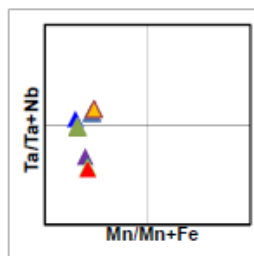
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1		Oxide														
2	DataSet/P	Na2O	Ta2O5	Nb2O5	TiO2	SnO2	FeO	MnO	CaO	UO2	Bi2O3	WO3	SiO2	Y2O3	Sc2O3	
3	15 / 1.	0,01	39,1	39,65	1,85	0,38	13,52	3,91	0	0,09	0,02	0,45	0,16	0,08	0,01	
4	16 / 1.	0	36,64	42,33	1,21	0,22	14,01	3,91	0	0,01	0	1,24	0,18	0,1	0	

Columbit-(Fe), Tantalit-(Fe) - Šejby

Vzorek pracovně označený jako wolframixilit. Analyzoval R. Škoda, 13. 11. 2009

atoms 3
oxygs 6

	wt %	Mol Cat	Mol Oxy	Norm Cat	Norm Oxy	Atoms	Oxygs
FeO	14,35	0,200	0,200	0,796	0,796	0,80	0,80
MnO	3,48	0,049	0,049	0,196	0,196	0,20	0,20
TiO2	1,28	0,016	0,032	0,064	0,128	0,06	0,13
SnO2	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
WO3	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Nb2O5	42,65	0,321	0,802	1,279	3,196	1,28	3,20
Ta2O5	36,95	0,167	0,418	0,666	1,666	0,67	1,67
Total	98,71	0,753	1,501	3,000	5,981	3,00	5,98



Naměřené hodnoty

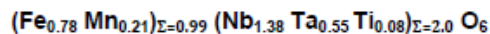
FeO	MnO	TiO2	SnO2	WO3	Nb2O5	Ta2O5	Total
14,430	3,782	1,802	0,000	0,000	46,531	32,069	98,613
14,498	3,881	1,697	0,000	0,000	47,895	30,902	98,873
14,380	3,811	1,629	0,000	0,000	47,425	30,800	98,045
14,084	2,449	0,000	0,000	0,000	28,742	54,045	99,320
12,925	3,729	1,491	0,000	0,000	26,169	55,251	99,564
12,729	3,947	0,917	0,000	0,000	25,422	57,495	100,509
14,205	2,771	0,000	0,000	0,000	31,782	51,138	99,895
14,3480	3,4809	1,2819	0,0000	0,0000	42,6480	36,9539	98,7128

	Ta/(Ta+Nb)	Mn/(Mn+Fe)
28	0,29	0,21
29	0,28	0,21
30	0,28	0,21
31	0,53	0,15
32	0,56	0,23
33	0,58	0,24
34	0,49	0,16
	0,34	0,20

Foto: 014
(bez bodů: 015)

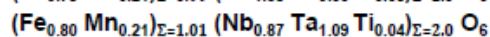
Columbit-(Fe)

bod 28-30



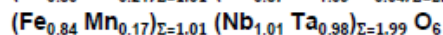
Tantalit-(Fe)

bod 31-33

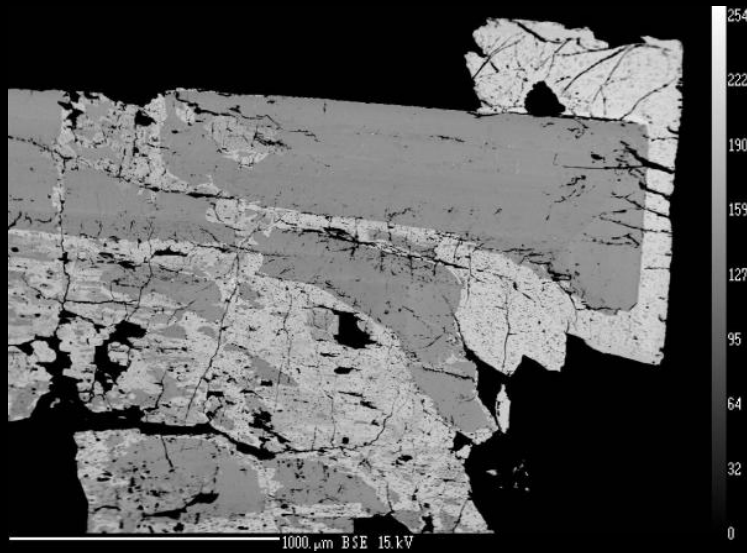


Columbit-(Fe)

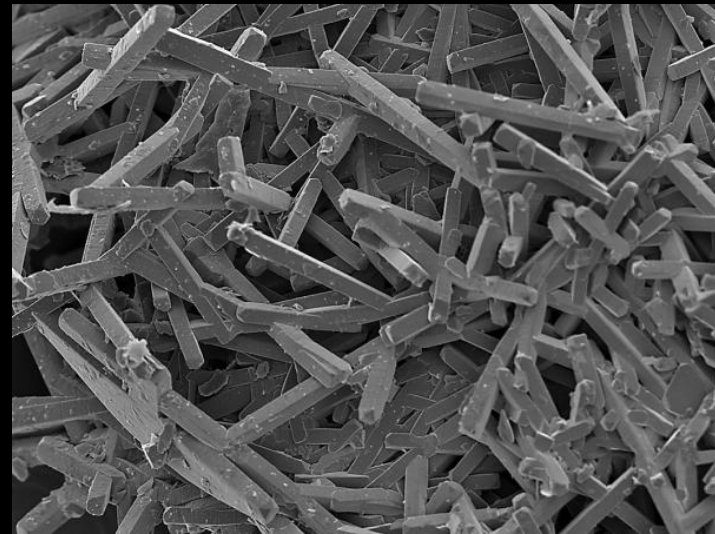
bod 34



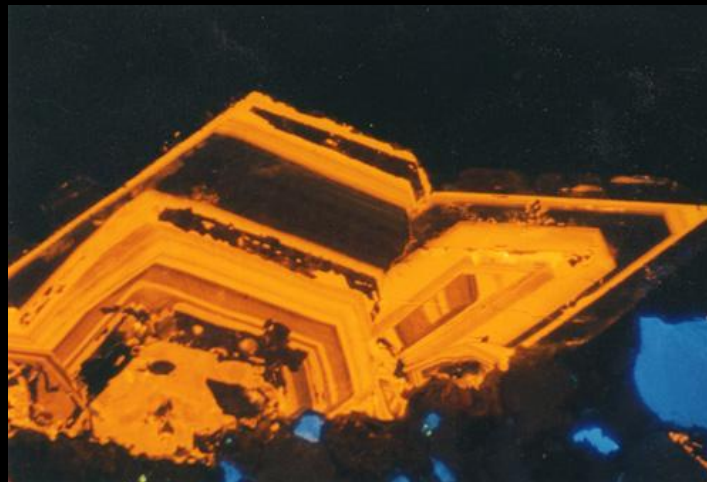
Mikrosonda - výsledky



BSE snímek



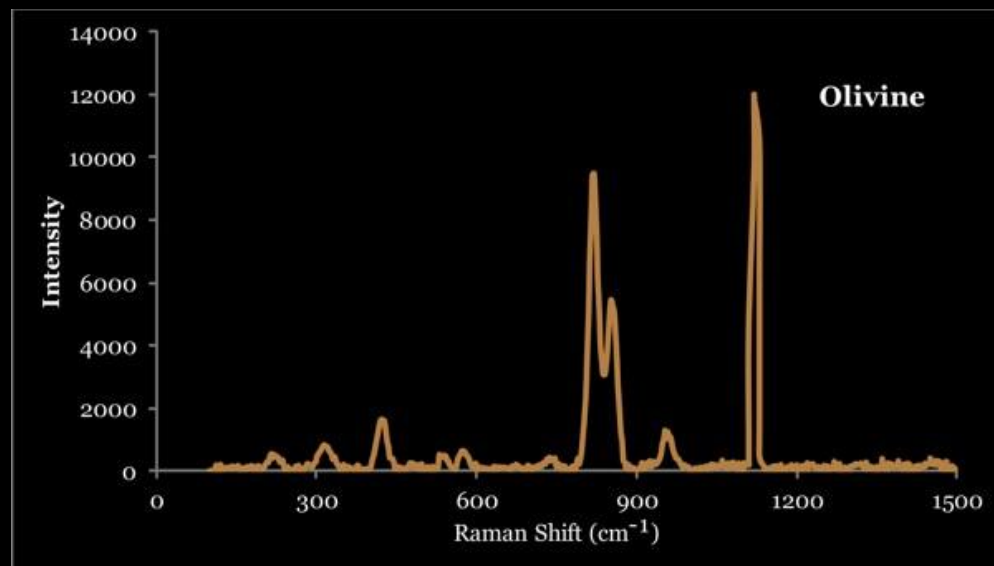
SEM snímek



Katodová luminiscence

IR a Ramanova spektroskopie

- ◆ Nedestruktivní metody
- ◆ Měření absorbovaného a odraženého infračerveného záření (IR)
- ◆ Detekce posunu frekvence laserem excitovaných elektronů oproti použitému zdroji (Raman)
- ◆ Také jako ruční přístroje v cenách ~ 100 000 Kč
- ◆ Výsledkem měření je spektrum, které se porovnává se standardy



Test znalostí

- ◆ **Uved' alespoň jednu topografickou mineralogii popisující jihočeské lokality.**
- ◆ **Uved' alespoň jednu zkoušku „na suché cestě“.**
- ◆ **Jakou analytickou metodu zvolíš pro odlišení skorylu od dravitu?**
- ◆ **Jaké jsou nedestruktivní analytické metody?**
- ◆ **Jaké množství materiálu je třeba pro RTG práškovou difrakci?**
- ◆ **K jakým analytickým metodám mám přístup v rámci JMK?**
- ◆ **Co lze vyčíst z BSE snímku?**

Pro příště

◆ **Kdo má pěkné ukázky a může přinést:**

◆ **prvky a sulfidy, zejména:**

◆ **zlato**

◆ **stříbro**

◆ **meteorické železo**

◆ **krystalovanou síru**

◆ **pyrit (v pentagon dodekaedru)**

◆ **pyrargyrit, proustit**

◆ **teraedrit**

Děkuji za pozornost



Jihočeský Mineralogický Klub

