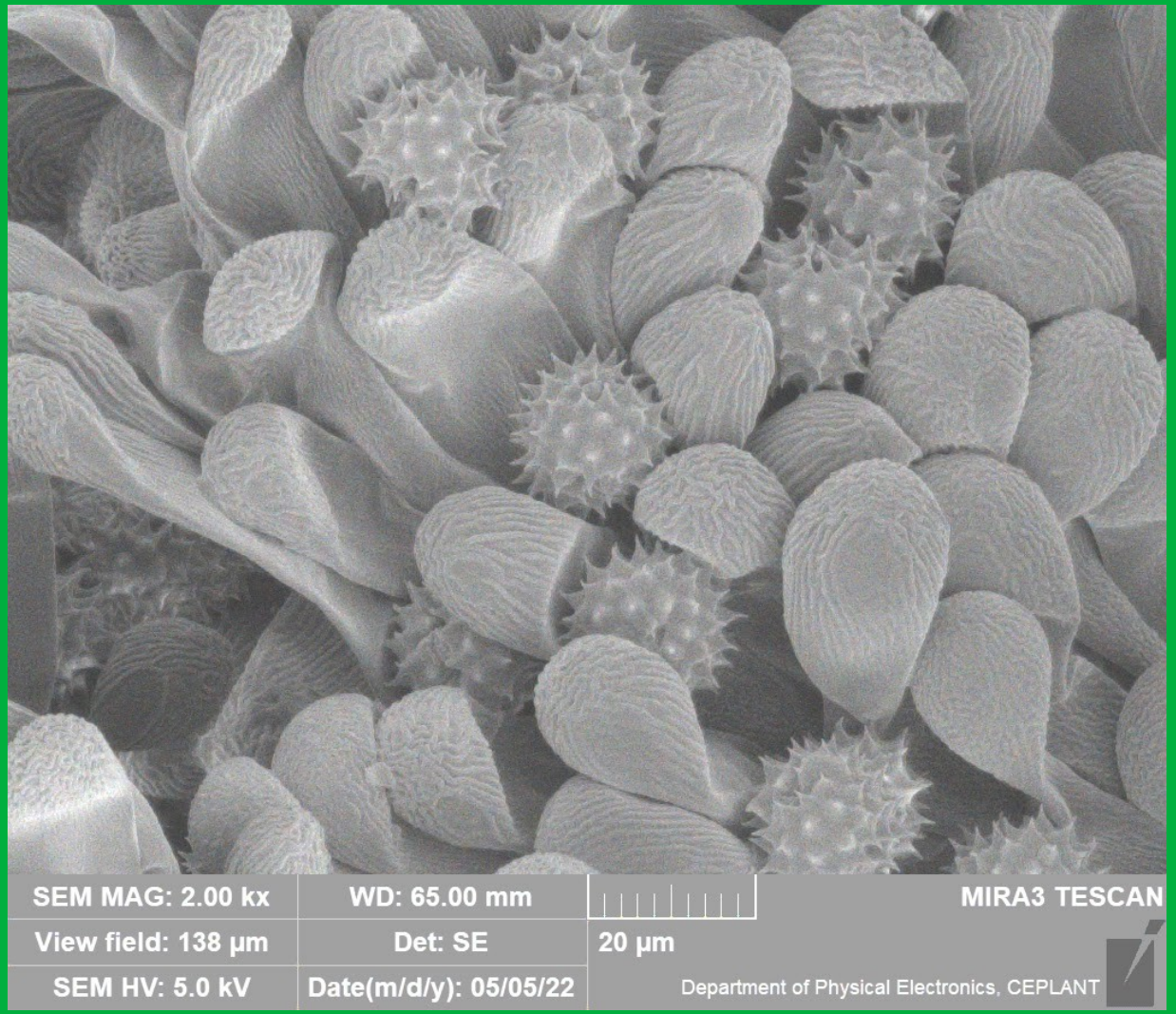
Fakta o elektronové mikroskopii pro žáky (od ZŠ výše)

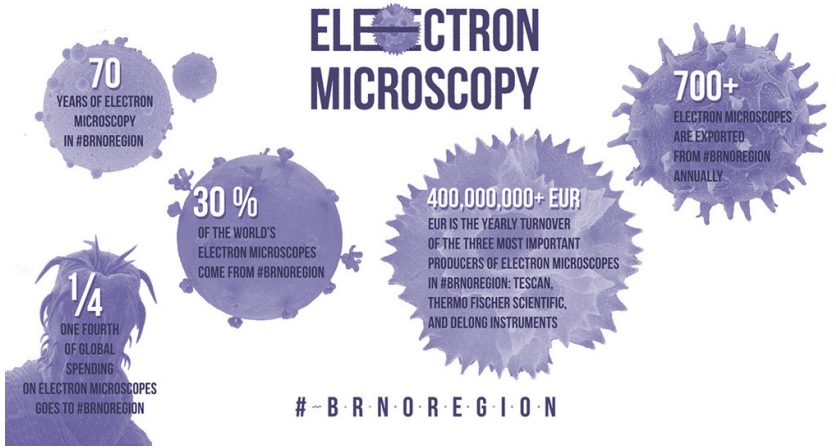
Jana Jurmanová



Brno - světová metropole elektronové mikroskopie

- Tři firmy vyrábějící elektronové mikroskopy
- Výzkum vedený už od roku 1947
- Řada ocenění (zlatá medaile na Světové výstavě v Bruselu 1958)
- Třetina světové produkce elektronových mikroskopů (700 mikroskopů ročně) a čtvrtina celosvětového obratu
- Unikátní technická řešení

“Brněnský mikroskopický ekosystém” = Thermo Fisher Scientific, TESCAN, Delong Instruments + Ústav přístrojové techniky AV ČR, vědecké centrum CEITEC, MU, VUT



Optické kontra elektronové mikroskopy

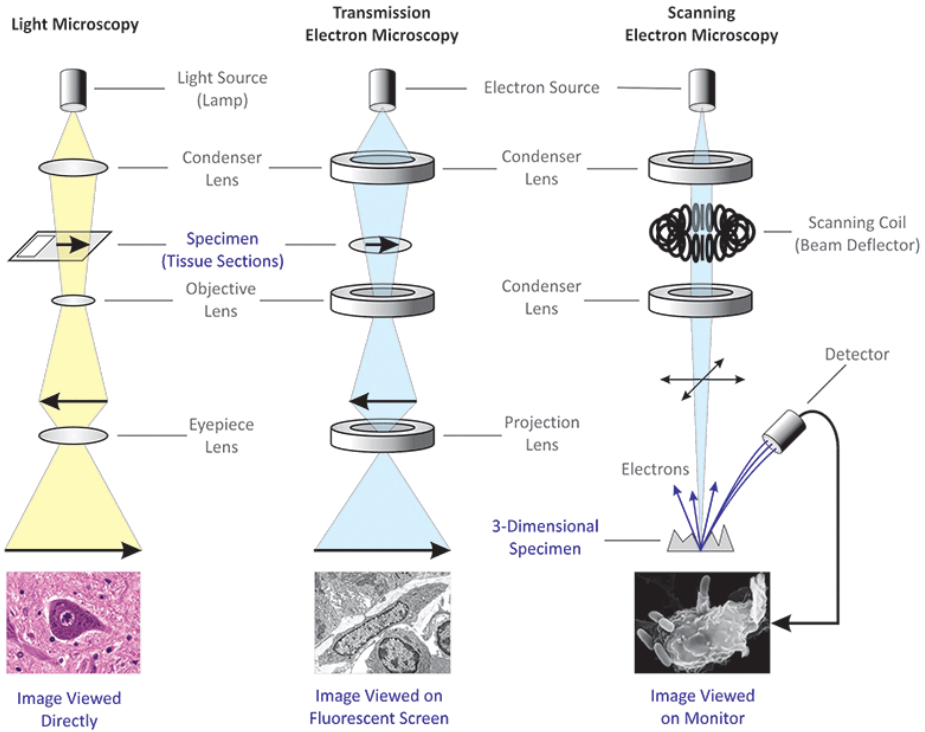
- žárovka
- skleněné čočky
- vzorek
- kamera, oko

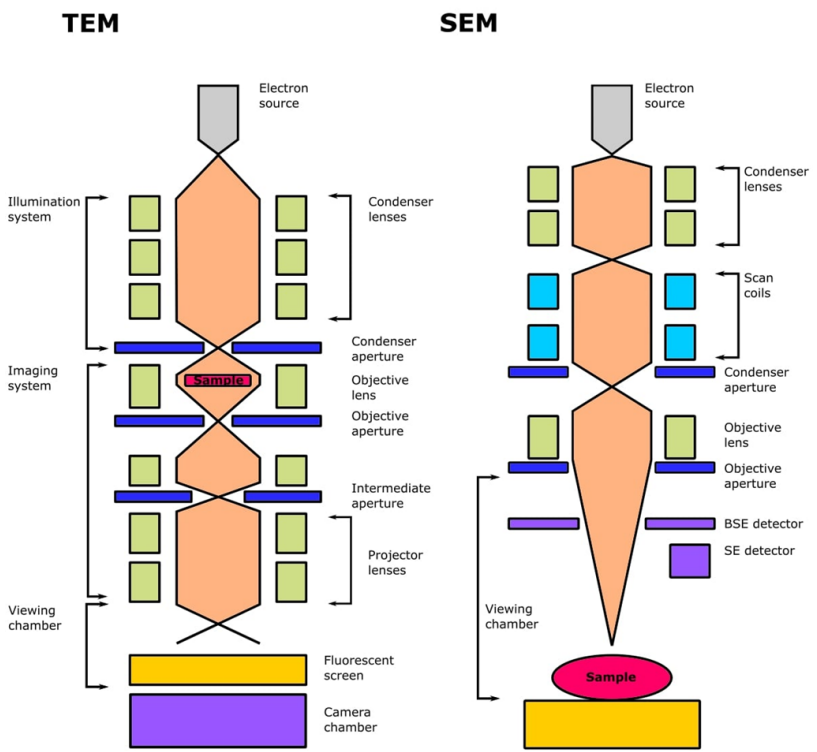
- katoda
- elmag. čočky
- vzorek
- stínítko a řada dalších detektorů

- fotony (světlo)
- menší rozlišení (200 nm)
- topografie (povrch)

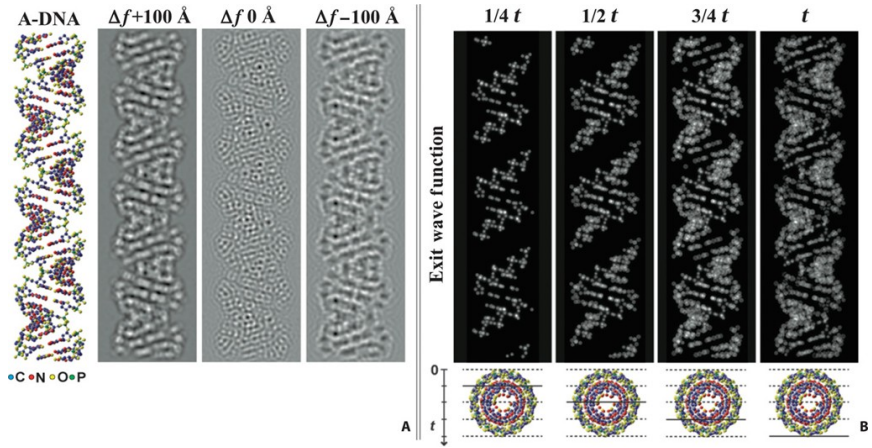
- elektrony
- rozlišení 0,050 nm (a méně)
- topografie (povrch), prvkové složení

Transmisní (TEM) a skenovací (SEM) mikroskopy





Co umí TEM - zobrazovat jednotlivé atomy!



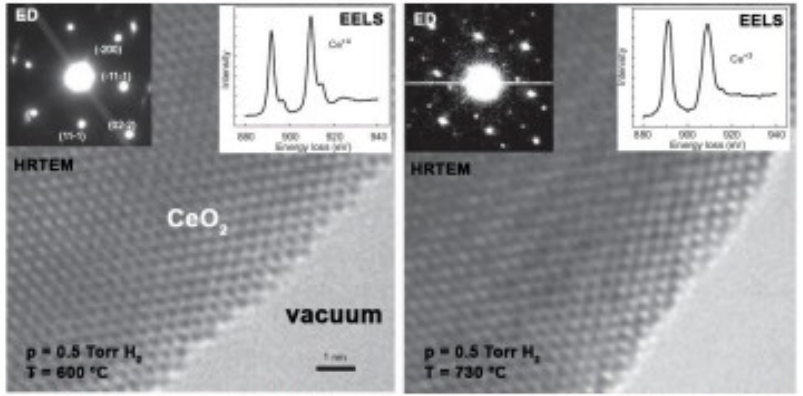
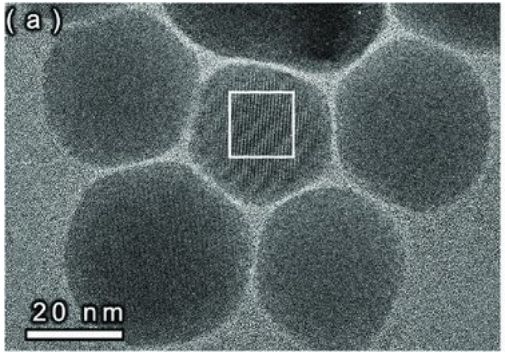
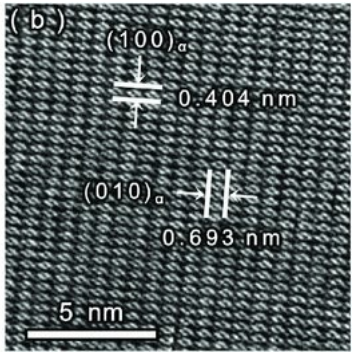


Figure 2 – In situ environmental TEM studies of dynamic changes in cerium-based oxides nano-particles during redox processes. The in situ gas–solid reaction causes a change in composition and structure in a ceria crystal, dynamically observed by in situ HRTEM, electron diffraction (ED), and energy-loss spectra (EELS) recorded at 600 °C and at 730 °C in 0.5 Torr of hydrogen atmosphere (see Ref. 13 for details). (Reprinted with permission from Ultramicroscopy; copyright 2008, Elsevier.)



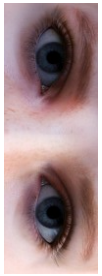


- polovodiče (tranzistory)
- růst krystalů
- medicína - struktura tkání nebo navazování léčiv na nosiče…

x příprava vzorků je nesmírně náročná

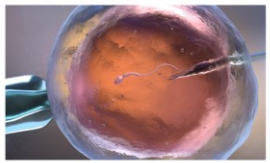
Měřítka a velikosti

foton



2 m

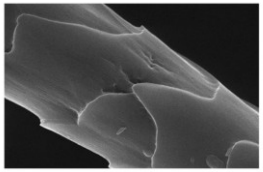
10 cm



0.1 mm

tloušťka listu papíru

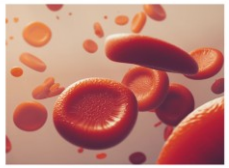
30 - 70 µm



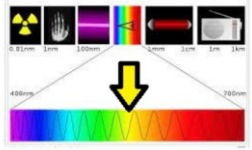
cca 10 µm

10 do listu papíru

foton



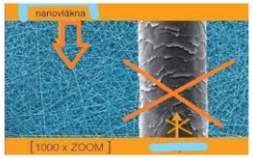
průměr
7,5 µm



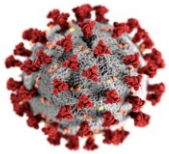
cca 500 nm

20 do králičího chlupu

elektron

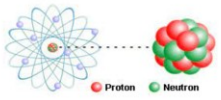


pod 200,
častěji pod
100 nm



100 nm

5 do vlnové délky světla

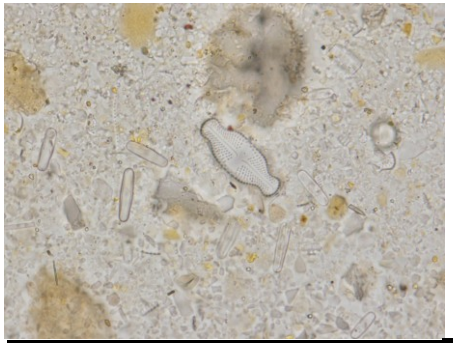


celek 0.1 nm,
jádro 100 000x
menší

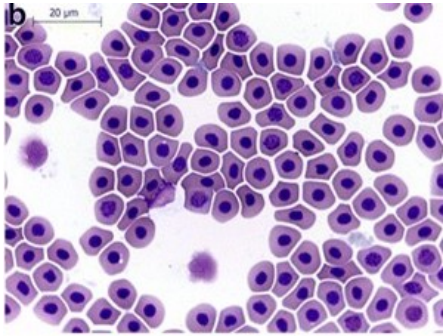
1000 atomů napříč covidem

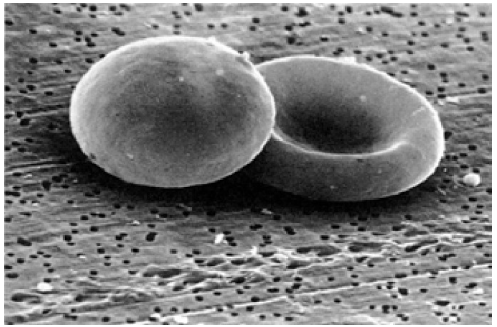
Co umí SEM - 1. zobrazovat

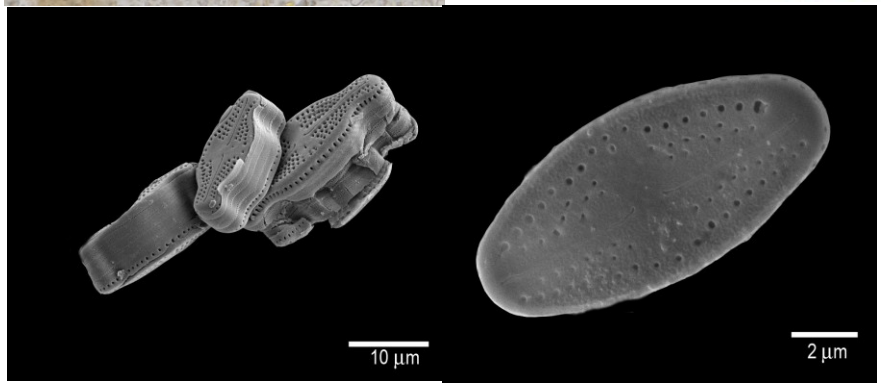
Obrázky jsou ve srovnání s optickými jiné - větší hloubka ostrosti, větší zvětšení



Co je na obrázcích?

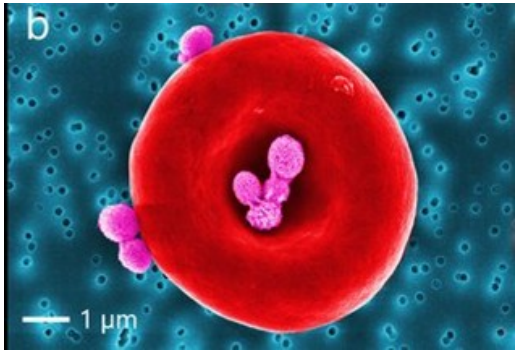






rozsivky (hnědé řasy s křemičitou kostrou)

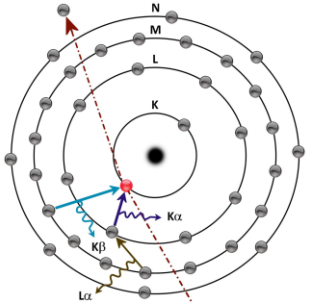
Pozor, skutečnost je přibarvená! :)

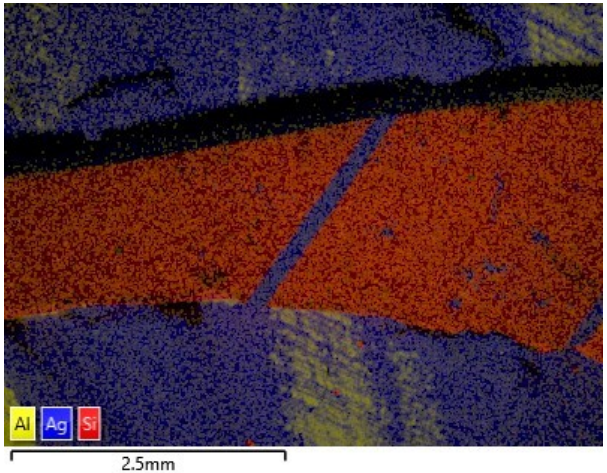


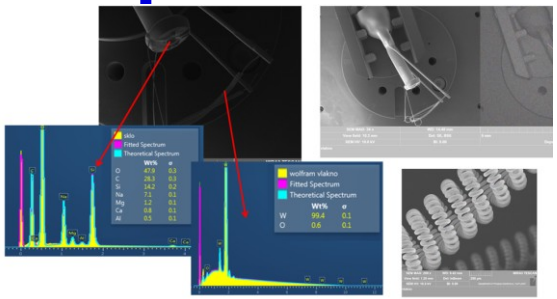
lidské červené krvinky (s bakteriemi)

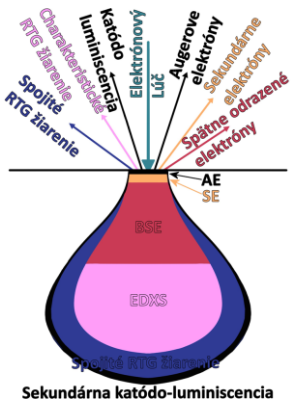
Co umí SEM - 2. určovat prvkové složení

Víme, z jakých prvků jsou vzorky složeny:



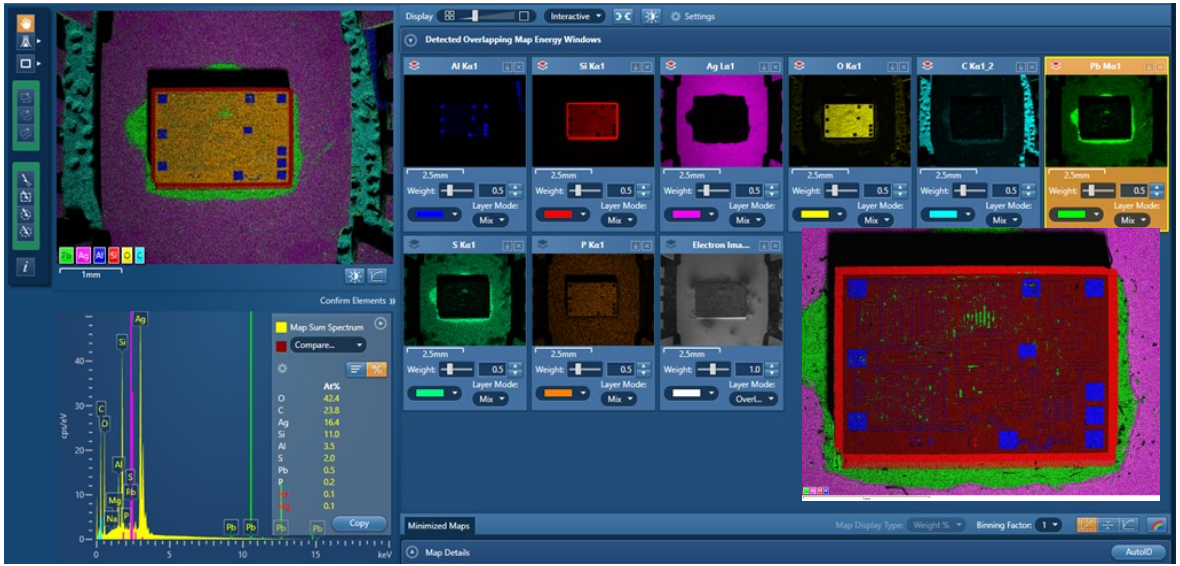




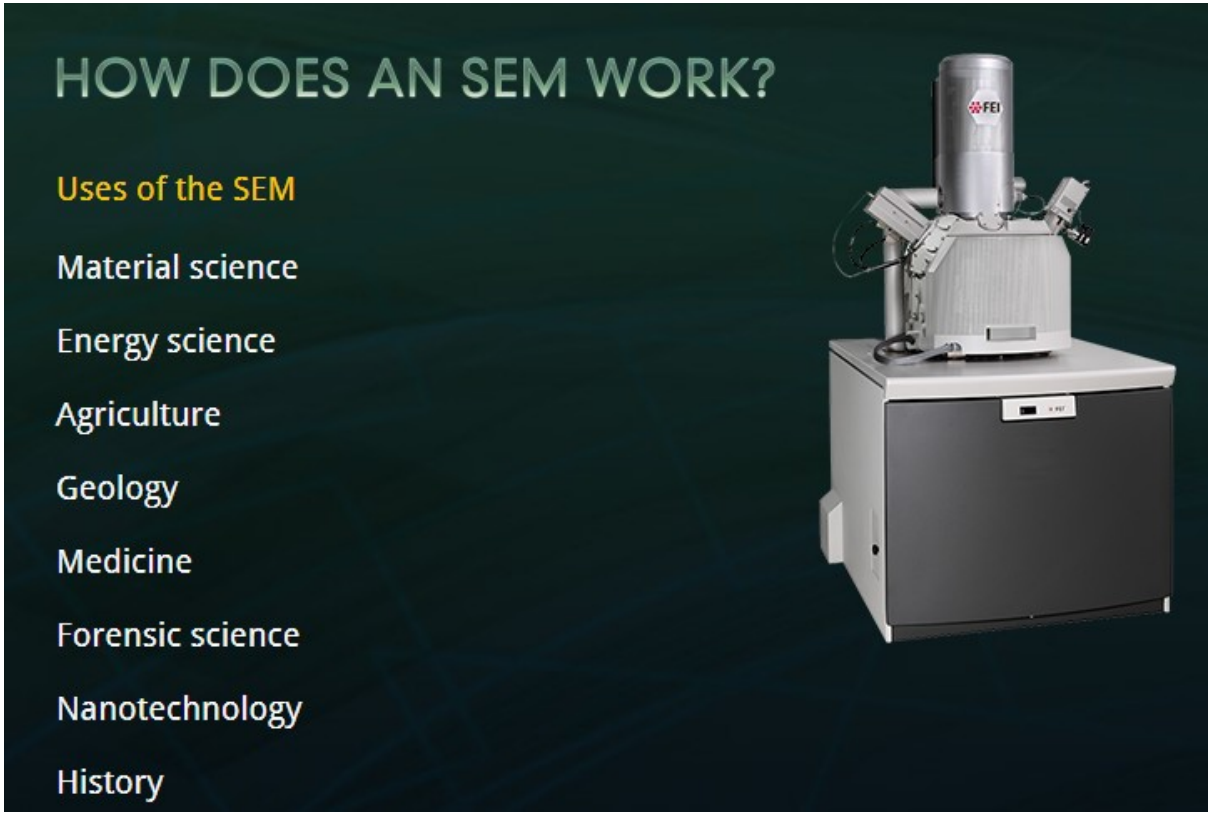


Sekundárna katódo-luminiscencia

max hloubka- králičí chlup



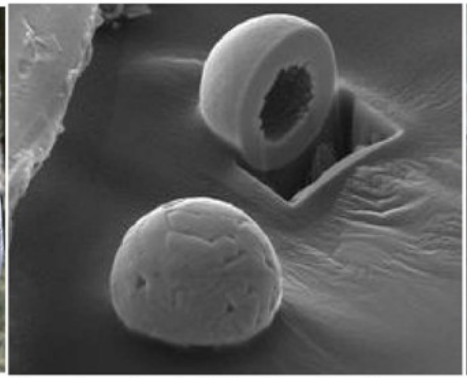
Kde se SEM používá? - několik příkladů



Kriminalistika: OSP – povýstřelové rezidua

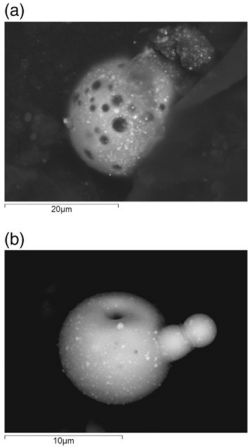
Před spravedlností se neschováš!

To si jen myslíš, že tě nikdo neviděl. Máš ruce plné povýstřelových částic.

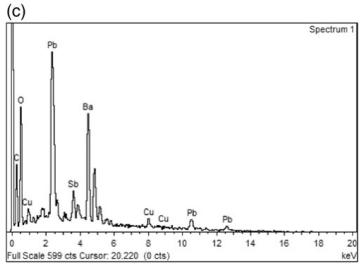


Nevymlouvej se, že jsi škrtal zapalovačem. Kriminalisté částici rozříznou a poznají, že vznikla při vyšší teplotě.

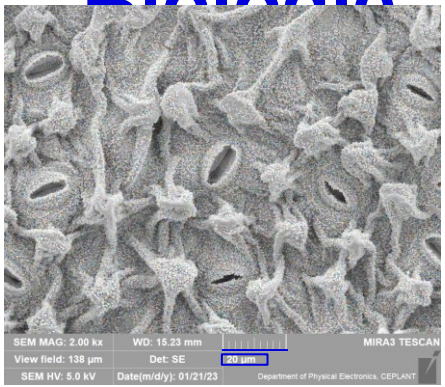
Zbytek je v rukou policie. (Chceš-li to vidět, pusť si https://www.youtube.com/watch?v=WfkWSL1Z8sY)

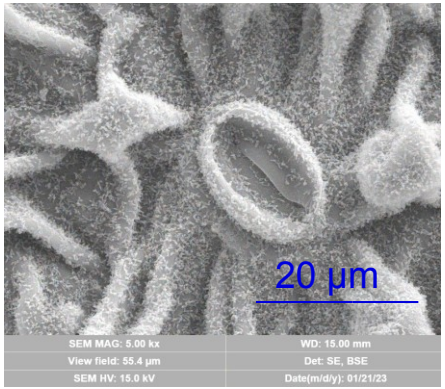


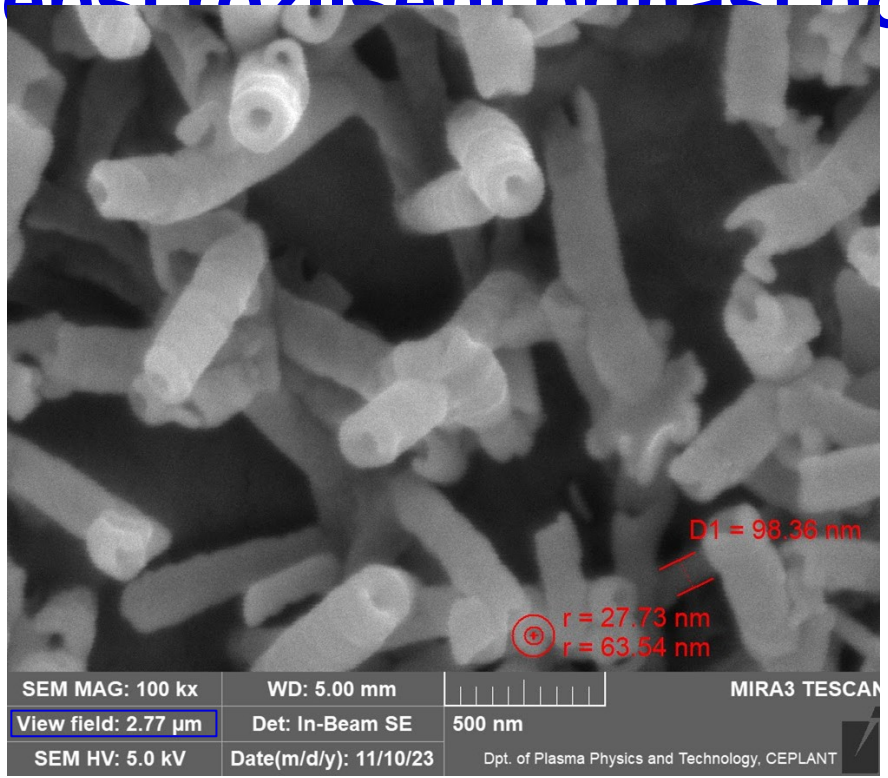
a řada dalších situací - dopravní nehody, poškození při výbuchu, mechanické stopy nástrojů a chemické analýzy…



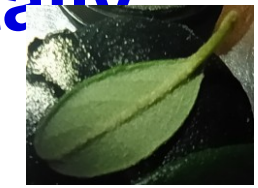
Biologie: lepší rozlišení přináší nové detaily

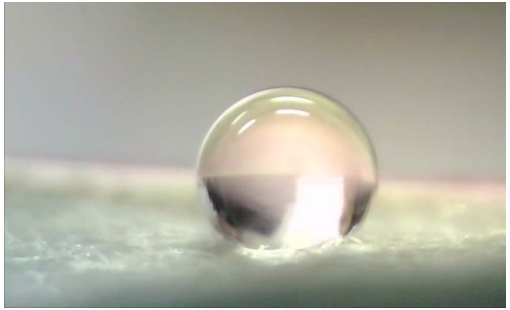






PROČ?



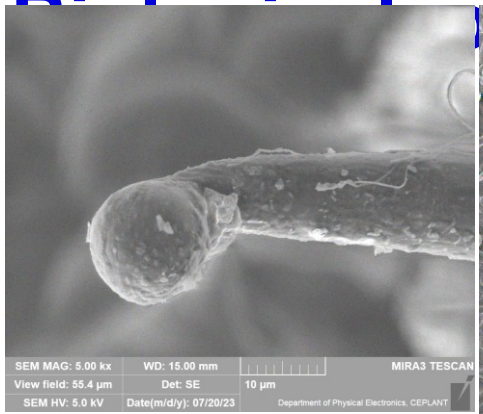


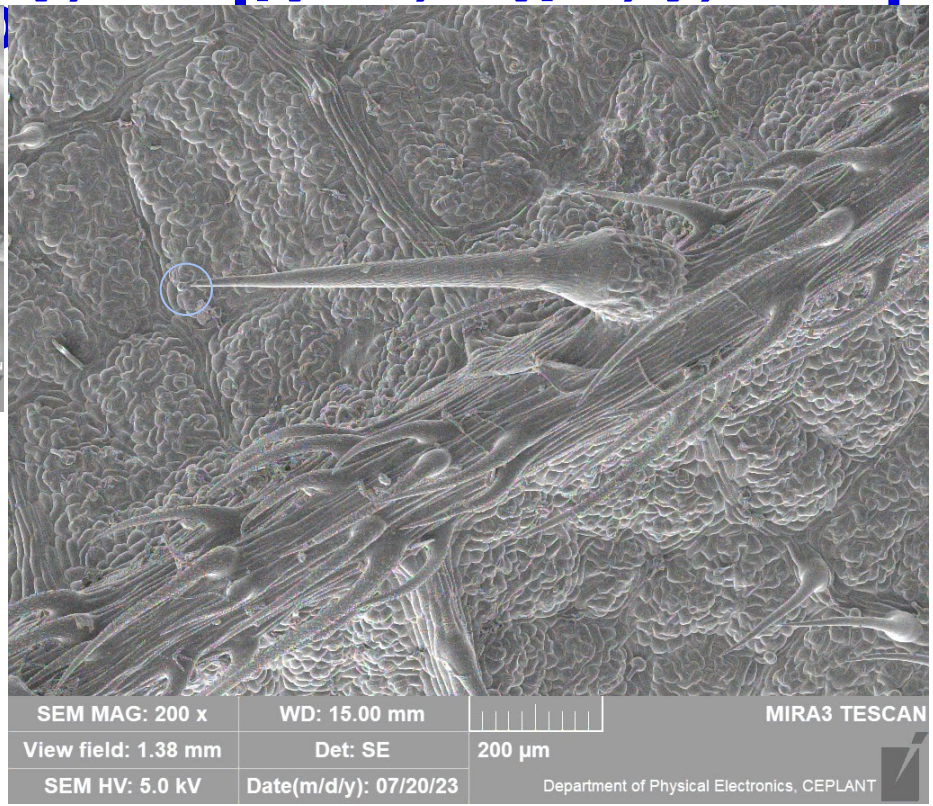
skalníky - rub listu musí zůstat suchý, aby se voda nedostala do průduchů

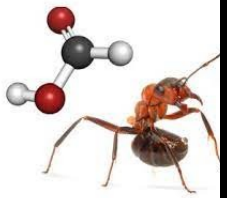
MUNI SCI

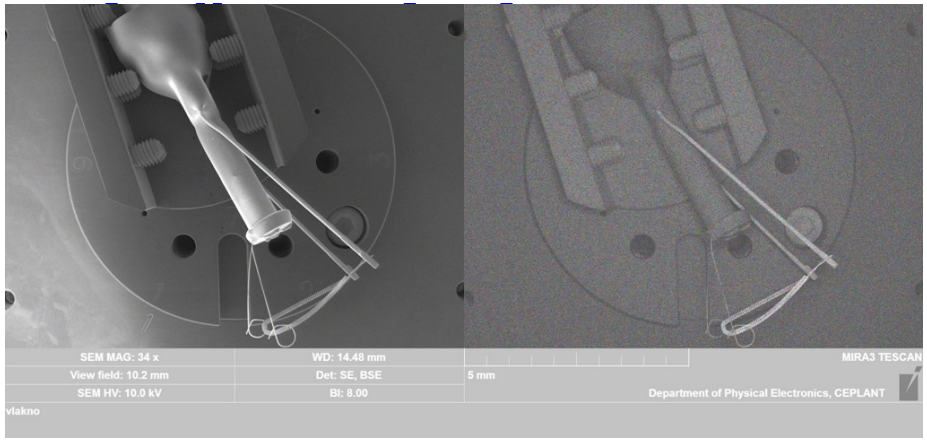
Biologické otvírání

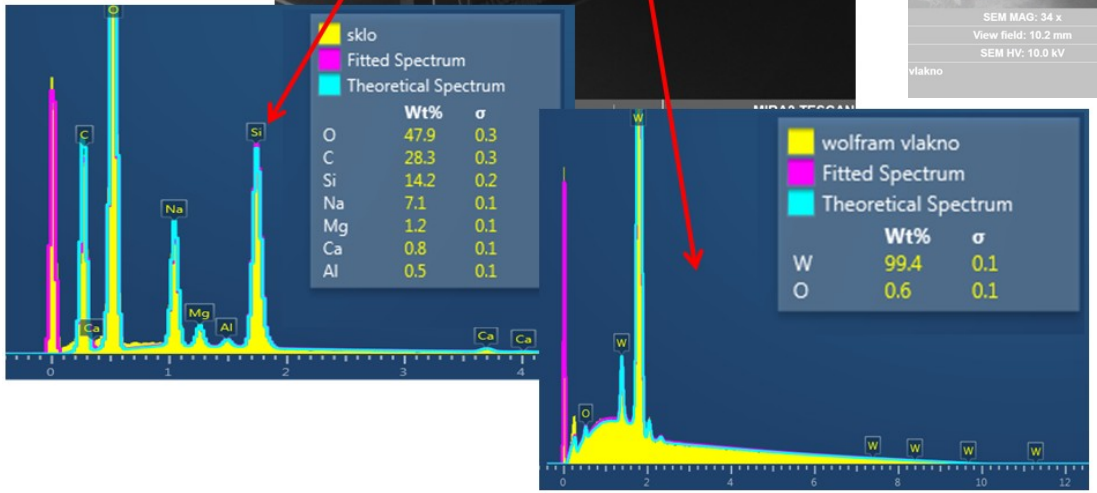
PROČ A JAK PÁLÍ KOPŘIVA?

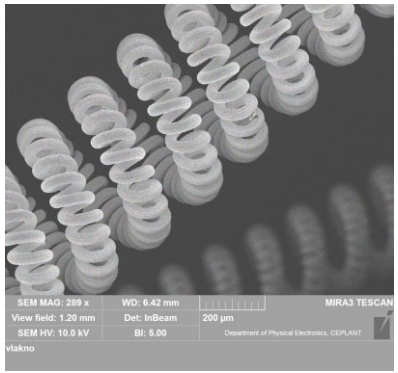


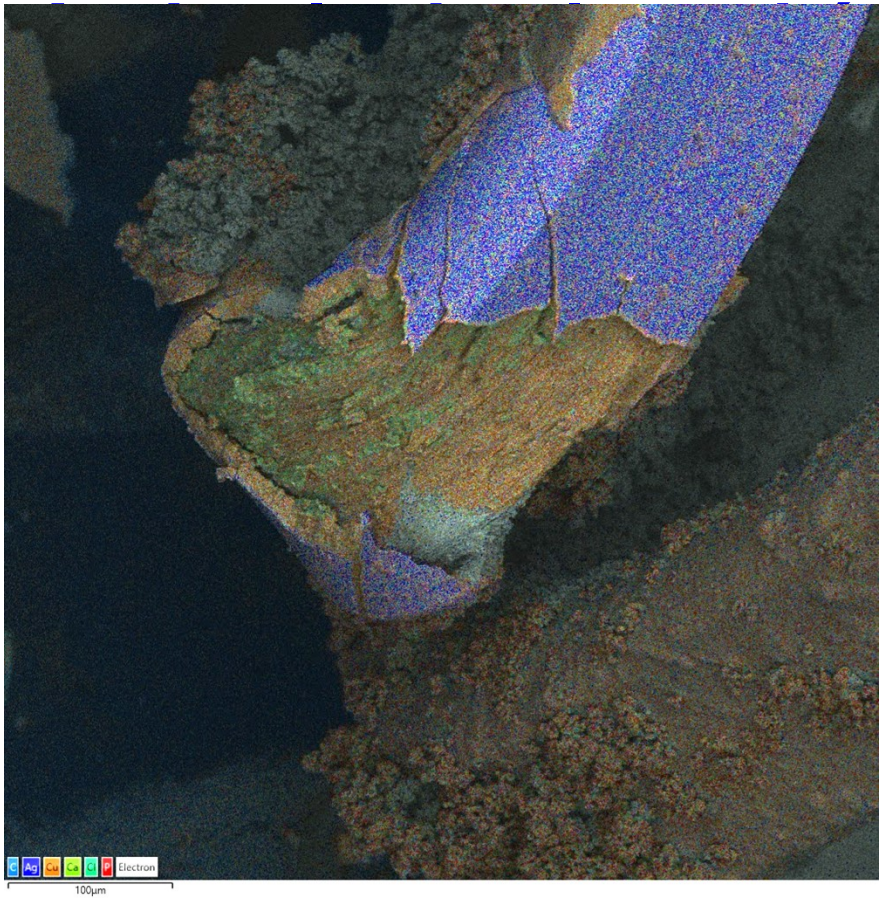





SEM MAG: 34 x
WD: 14.48 mm
MIRA3 TESCAN
View field: 10.2 mm
Det: SE, BSE
5 mm
SEM HV: 10.0 kV
BI: 8.00
Department of Physical Electronics, CEPLANT
vlakno


sklo
Fitted Spectrum
Theoretical Spectrum
Wt% σ
O 47.9 0.3
C 28.3 0.3
Si 14.2 0.2
Na 7.1 0.1
Mg 1.2 0.1
Ca 0.8 0.1
Al 0.5 0.1
wolfram vlakno
Fitted Spectrum
Theoretical Spectrum
Wt% σ
W 99.4 0.1
O 0.6 0.1


SEM MAG: 269 x
WD: 6.42 mm
MIRA3 TESCAN
View field: 1.20 mm
Det: InBeam
200 µm
SEM HV: 10.0 kV
BI: 5.00
Department of Physical Electronics, CEPLANT
vlakno



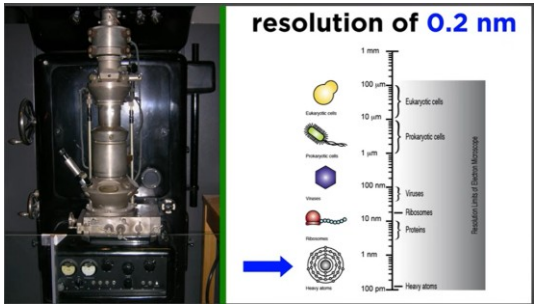
Jádro drátku je měděné a jeho obal stříbrný. Jedná se tedy o takzvaný polopravý leonský drát, v němž je jádro z mědi potažené vzácným kovem: zlatem a nebo, jako v tomto případě, stříbrem.

Dokud byl drátek celistvý, byl od pravého stříbrného k nerozeznání. Dámy se tedy mohly pyšnit zdánlivě celostříbrnými síťkami, aniž by se na podvod přišlo.

Pro zájemce - jak funguje SEM (https://myscope-explore.org)

Strojový překlad je vcelku vyhovující, ale ani text v angličtině není příliš obtížný.

Ještě jedno opakování optika, TEM, SEM na YouTube https://www.youtube.com/watch?v=a0G7iyz4McM



Simulátory na všechno, co si chcete z elektronové mikroskopie vyzkoušet :) https://myscope.training/

Doporučuji začít na SEM simulátoru https://myscope.training/SEM_simulator.html a pokračovat na EDS simulátoru https://myscope.training/EDS_simulator.html