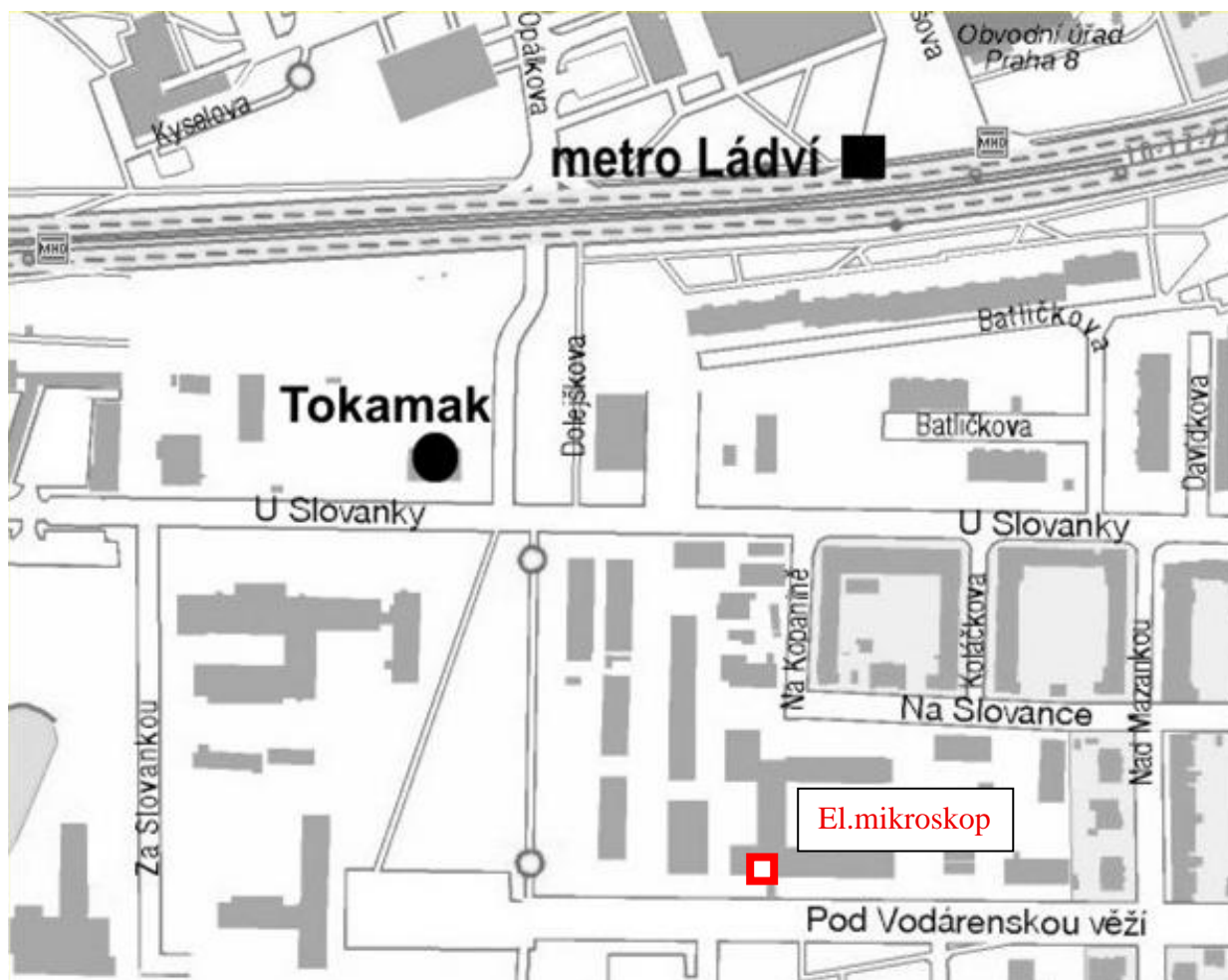


## Exkurze: FzÚ, Na Slovance – elektronový mikroskop

**Místo:** Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.  
Na Slovance 1999/2 Praha 8.  
Vchod je z ulice *Pod vodárenskou věží 1*.

**Termín:** *pondělí 2025-03-24 14:00*  
**Sraz:** podchod ve stanici metra C Ládví: 13:40

**Spojení:** metro C, stanice Ládví  
Na mapě je plným černým čtverečkem vyznačena stanice metra, červeným čtverečkem s dírou pracoviště s elektronovým mikroskopem,



**Základní informace** (převzato z [http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronov%C3%BD\\_mikroskop](http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronov%C3%BD_mikroskop)):

**Elektronový mikroskop** je stejně jako světelný mikroskop optický přístroj, ve kterém jsou ale fotony nahrazeny elektrony a skleněné čočky elektromagnetickými čočkami. Elektromagnetická čočka je v podstatě cívka, která vytváří vhodně tvarované magnetické pole. Jedním ze základních parametrů všech mikroskopů je jejich mezní rozlišovací schopnost. Protože mezní rozlišovací schopnost je úměrná vlnové délce použitého záření a elektrony mají podstatně kratší vlnovou délku (viz vlnové vlastnosti elektronu) než má viditelné světlo, má elektronový mikroskop mnohem vyšší rozlišovací schopnost a dosáhne tak mnohem vyššího *efektivního zvětšení* (až 1 000 000×) oproti světelnému mikroskopu.

## Typy

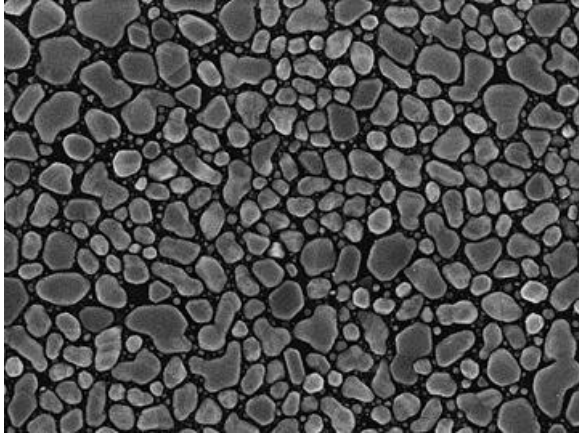
- transmisní elektronový mikroskop (TEM) – zobrazení vnitřní struktury vzorku pomocí prošlých elektronů (TE). Urychlovací napětí elektronů je 100-400kV. První TEM vynalezl a zkonstruoval Ernst Ruska v roce 1931 a v roce 1986 získal za svůj objev Nobelovu cenu. TEM byl první komerčně vyráběný typ elektronového mikroskopu. Lze se setkat i s názvem prozařovací elektronový mikroskop. Slovo "transmisní" v názvu je odvozeno z toho, že elektrony procházejí skrz vzorek a až pak jsou detekovány. Z toho plyne, že a) urychlovací napětí musí být dostatečně vysoké (srovnej se SEM), aby elektrony měly dostatečnou energii projít vzorkem a b) je nutné používat velmi tenké vzorky (10-500 nm).
- rastrovací elektronový mikroskop (SEM) – zobrazení povrchu vzorku nejčastěji pomocí sekundárních elektronů (SE) a/nebo zpětně odražených elektronů (BSE). Urychlovací napětí elektronů je nejčastěji 0,1-30kV. První SEM byl zkonstruován V.K. Zworykinem a kol. v roce 1942. Lze se setkat i s názvy řádkovací nebo skenovací elektronový mikroskop. Slovo "rastrovací" v názvu je odvozeno z toho, že elektronový svazek se pohybuje po vzorku řádek po řádku v jakémsi neviditelném rastru a výsledný obraz se vytváří postupným skenováním. Jednoduchá příprava vzorků a snadná interpretace obrazu (na rozdíl od TEM) činí SEM velmi populárním a rozšířeným.

Výše uvedené rozdělení na dva základní typy je sice názorné, představuje ale v jistém smyslu zjednodušení. Celkem běžně se lze setkat např. s rastrovacím TEM (tzv. STEM) nebo detektorem prošlých elektronů instalovaným na SEM.

## Rozlišovací schopnost mikroskopu

Rozlišení je mnohem důležitějším parametrem mikroskopu než jeho zvětšení. Pokud mikroskop nemá dostatečnou rozlišovací schopnost, nevede pouhé zvětšování k další informaci. Rozlišení vždy závisí na nastavení mikroskopu (např. urychlovacím napětím) a detekovaném signálu (např. SE). Je proto vhodné vždy uvést, za jakých podmínek bylo rozlišení dosaženo. Rozlišovací schopnost se demonstruje pomocí vhodných preparátů. U SEM je to nejčastěji zlato na uhlíkové podložce. Zlato a uhlík jsou voleny záměrně pro dosažení maximálního kontrastu obrazu způsobeného značným rozdílem v atomových číslech jednotlivých prvků. Následující obrázek byl vytvořen při urychlovacím napětí 15 kV a zvětšení 300 000×. Dosažené rozlišení je přibližně 1,2 nm. Nejmodernější přístroje dnešní

doby jsou schopny dosáhnout rozlišení i pod 0,5 nm ale za cenu jistých omezení, např. vzorky musejí být velmi malé.



Zlato na uhlíkovém vzorku



hlava mravence v SEM

U TEM se rozlišení demonstruje například pomocí tenké fólie vhodně orientovaného krystalu křemíku. Rozlišení TEM s urychlovacím napětím 200kV se pohybuje okolo 0,2 nm v závislosti na pracovním módu a použitém detektoru. To je hodnota zhruba o řád lepší než pro SEM.

### ***Využití elektronového mikroskopu***

Bez nadsázky lze říci, že elektronové mikroskopy patří mezi nejvšestrannější přístroje pro pohled do mikrosvěta. Využívají se v mnoha oblastech jako např. v materiálovém výzkumu nebo v biologických aplikacích. Mohou poskytnout komplexní informaci o mikrostruktuře, chemickém složení a o mnoha dalších vlastnostech zkoumaného vzorku. Rastrovací elektronové mikroskopy se využívají pro zobrazení a analýzu povrchů téměř libovolně velkých vzorků (je-li dostatečně velká vakuová komora pro jejich umístění). Transmisní elektronové mikroskopy nacházejí využití při pozorování a analýze vnitřní struktury vzorku a pro zobrazení jednotlivých atomů. Nutnou podmínkou pro použití TEM je, že vzorek musí být dostatečně tenký (10-500 nm) aby jím svazek elektronů prošel. Zjednodušeně lze říci, že TEM vidí více než SEM, ale na úkor složitější přípravy vzorků a obtížnější interpretace získaných snímků.

### **Další informace:**

Stránky ústavu: <http://www.fzu.cz>