

# Elektronový mikroskop

**Elektronový mikroskop** je v principu (elektronovou) obdobou optického (fotonového) mikroskopu.

Optické čočky jsou nahrazeny elektromagnetickými čočkami a místo fotonů jsou ke zkoumání objektu použity elektrony. Rozlišovací schopnost a maximální použitelné zvětšení optického mikroskopu jsou omezeny rozsahem vlnových délek viditelného světla. Platí, že nejmenší vzdálenost dvou objektů, které lze v pod mikroskopem ještě rozpoznat, je polovina vlnové délky použitého světelného záření. Fyzikální mez rozlišovací schopnosti optického mikroskopu je tak necelých 200 nm a maximální užitečné zvětšení mikroskopu s kvalitní optikou a imerzním objektivem nepřesáhne 1500×. Vlnové délky urychlených elektronů jsou o mnoho řádů menší než vlnové délky fotonů viditelného světla. Proto má elektronový mikroskop mnohem vyšší rozlišovací schopnost a může tak dosáhnout mnohem vyššího zvětšení (až 1 000 000×).

 Podrobnější informace naleznete na stránce *Mez rozlišení mikroskopu*.

**Vlnová délka elektronu** je při urychlovacím napětí 10 kV pouze 0,0123 nm.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$$

(kinetická energie:  $mv^2/2 = eU$ )

$p = m \cdot v =$  hybnost,  $h =$  Planckova

konstanta,  $m =$  hmotnost elektronu,  $e =$  náboj elektronu,  $U =$  urychlovací napětí

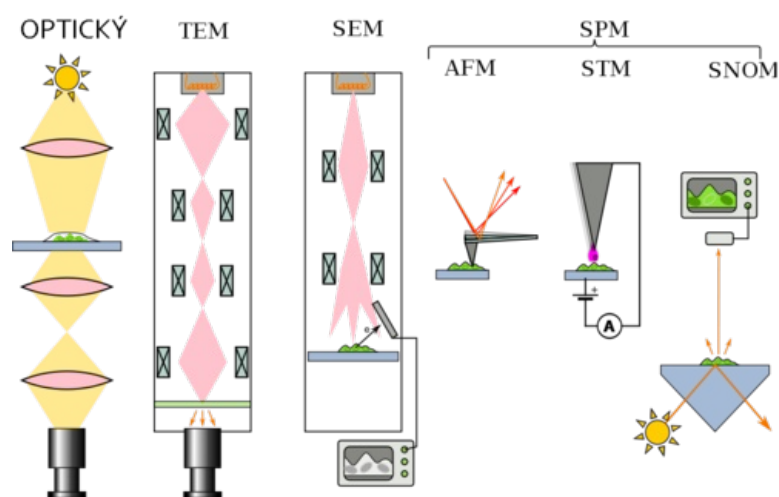
Funkci **čoček** v elektronovém mikroskopu zastávají vhodně tvarovaná elektromagnetická pole. Pozorovaný předmět je umístěn ve vakuu a „prosvětluje“ ho svazkem elektronů, který se průchodem **rozptýlí a dopadne na stínítko**.

## Typy mikroskopů

- **TEM** transmisní elektronový mikroskop – nepohyblivý svazek elektronů, detekce elektronů prošlých vzorkem (TE) na fluorescenčním stínítku nebo detektorem.
- **REM** rastrovací elektronový mikroskop – pohyblivý svazek, zobrazení povrchu vzorku pomocí odražených sekundárních elektronů.
- **SPM** mikroskopie skenující (rastrující) sondou (Scanning Probe Microscopy) je soubor metod určených ke zjišťování struktury povrchu s rozlišením na úrovni velikosti atomu.
  - **AFM** mikroskopie atomárních sil je založena na mapování rozložení atomárních sil na povrchu vzorku. Tyto síly jsou mapovány přiblížením hrotu k povrchu, čímž vzniká přitažlivá nebo odpuzivá síla, která způsobí ohnutí nosníku, na němž je upevněn hrot. Toto ohnutí je snímáno laserovým snímačem. Výhodou metody AFM je možnost studovat jak nevodivé, tak i vodivé vzorky.
  - **STM** skenující tunelovací mikroskopie je jedna z metod SPM. Její princip je založen na kvantové fyzice. Mezi hrotem elektrody a zkoumaným vzorkem teče proud díky tunelovému jevu i když se hrot vzorku přímo nedotýká. Při pohybu nad vzorkem se mění vzdálenost hrotu tak, aby tunelový proud zůstal stejný. Jako jedna z mála metod je schopna poskytnout až atomární rozlišení, přičemž je zároveň vcelku jednoduchá. Oproti ostatním metodám (transmisní elektronová mikroskopie, autoemisní iontová mikroskopie) nevyžaduje náročnou přípravu vzorku. Na druhou stranu poskytuje informace jen o povrchu.
  - **SNOM** rastrovací optický mikroskop blízkého pole (scanning near-field optical microscope).<sup>[1]</sup>



Elektronový mikroskop



Přehled typů mikroskopů

## Odkazy

### Související články

- Optický mikroskop
- Konfokální mikroskop
- Mikroskopie skenovací sondou
- Kontrastování v elektronové mikroskopii

- Mez rozlišení mikroskopu

## Externí odkazy

- Pavel Janda: Mikroskopické a analytické techniky – mikroskopie rastrovací sondou (<http://www.njh.cz/seminare/457865/1270587>)
- Mikroskop atomárních sil použit jako atomární tužka umožňující psaní jednotlivými atomy (<http://strediskovedy.cz/attachment/atomarni-tuzka.doc>)
- Nové možnosti zobrazování jednotlivých atomů pomocí rastrovacích mikroskopů ([http://www.avcr.cz/cs/pro-media/UserFiles/file/aktuality\\_pdf/100104\\_TZ\\_Novemoznostirastrovacichmikroskopu.pdf](http://www.avcr.cz/cs/pro-media/UserFiles/file/aktuality_pdf/100104_TZ_Novemoznostirastrovacichmikroskopu.pdf))

## Reference

1. Jan Valenta, Spektroskopie jednotlivých molekul v blízkém optickém poli, Vesmír 74, 236, 1995/4 dostupné online ([http://www.vesmir.cz/clanek/spektroskopie-jednotlivych-molekul-v-blizkem-optickem-poli-\(2\)\)](http://www.vesmir.cz/clanek/spektroskopie-jednotlivych-molekul-v-blizkem-optickem-poli-(2))))

## Použitá literatura

- JELÍNEK, Pavel, Prokop HAPALA a Vladimír CHÁB. Rastrovací a tunelová mikroskopie : Jitro a poledne kouzelníků. *Vesmír* [online]. 2010, roč. 89, no. 5, s. 290-294, dostupné také z <<http://casopis.vesmir.cz/clanek/rastrovaci-tunelova-mikroskopie>>. ISSN 1214-4029.