

## ***Posudek oponenta diplomové práce***

**Název:** Speciální metody mikroskopie atomárních sil

**Autor:** Bc. Michal Brixí

**Vedoucí DP:** RNDr. Daniel Jezbera

**Oponent DP:** Mgr. Jan Loskot, Ph.D.

Předložená práce se věnuje několika druhům mikroskopie se zaměřením na mikroskopii atomárních sil. V teoretické části autor uvádí stručnou historii a základní principy optického (světelného), elektronového a skenovacího tunelového mikroskopu. Popisuje též mikroskop atomárních sil (AFM) a různé druhy měření, které pomocí něj lze provádět.

Praktická část začíná popisem použitého mikroskopu atomárních sil, následuje popis experimentů, při nichž byla pomocí AFM měřena topografie, lokální tvrdost a voltampérová charakteristika vzorků. Praktická část dále obsahuje porovnání výsledků topografických měření prováděných pomocí AFM s výsledky měření stejného vzorku skenovacím elektronovým mikroskopem (SEM). Poslední technikou, kterou autor vyzkoušel, byla AFM litografie. Výsledky většiny měření autor podrobně diskutuje.

Zvolené téma je vhodné pro autorův obor Fyzikální měření a modelování, práce je logicky uspořádána a je v ní patrný značný podíl tvůrčí práce autora. Práce má celkem 82 stran.

Práce obsahuje velké množství pravopisných, stylistických i typografických chyb, vyskytují se zde i chyby odborného rázu. Text působí těžkopádně a místy je méně srozumitelný. Některé informace se v textu zbytečně opakují.

Reference nejsou číslovány vzestupně. Seznam použité literatury obsahuje pouze 9 zdrojů, přičemž ve dvou případech se jedná o encyklopedii Wikipedia, kterou nepovažuji za dostatečně důvěryhodný zdroj informací. U mnoha převzatých informací chybí odkazy na použitou literaturu. Autor má potíže s používáním odborné terminologie (např. „elektrická optika“ elektronového mikroskopu).

Popis programu pro ovládání mikroskopu atomárních sil mi připadá až příliš podrobný. Podkapitola „2.5 Artefakty“ by měla být zařazena do podkapitoly „2.4 Mikroskop Atomárních sil“, protože se týká právě AFM.

Diplomová práce má nízkou úroveň. Vzhledem k velkému rozsahu vykonané experimentální práce **doporučuji diplomovou práci k obhajobě**, navrhuji hodnocení **stupněm E**.

## Vybrané konkrétní připomínky:

**Str. 7:** Zkratka „AFM“ není vysvětlena v místě jejího prvního použití.

**Str. 8:** Autor píše: „... lze mluvit například o silové spektroskopii, kde lze stanovit vztah mezi silou a hloubkou zabodnutí hrotu“. Chybí mi zde bližší vysvětlení, o jakou sílu se jedná.

**Str. 9:** Autor tvrdí: „Optický mikroskop je nejjednodušší metodou pozorování mikroskopického objektu.“ Optický mikroskop není metoda! Dále je diskutabilní, zda optická mikroskopie je skutečně nejjednodušší metodou pozorování mikroskopických objektů.

**Str. 9:** Autor uvádí: „Objekty, které jsou pozorovány optickým mikroskopem bez podsvícení musí být nejlépe průsvitné.“ Co znamená, že objekt je „nejlépe průsvitný“? Dále je napsáno: „Objekt nemusí být průsvitný v případě, že má mikroskop svůj vlastní zdroj světla.“ Musí tedy být pozorovaný objekt průsvitný, nebo ne? Nezáleží to také na typu osvětlovací soustavy?

**Str. 10:** Autor (bez uvedení zdroje) uvádí: „Nejběžnějším pokusem ve fyzice je interference na dvouštěrbíně.“ O pravdivosti tohoto tvrzení mám vážné pochybnosti.

**Str. 11:** Autor píše: „... abychom mohli pozorovat menší objekty, než je polovina vlnové délky světla, potřebujeme buď světlo s kratší vlnovou délkou, nebo použít jinou částici s podobnými vlastnostmi.“ Není jasné, jaké „podobné vlastnosti“ má autor na mysli.

**Str. 11:** Věta „Zkratka z anglického „Scanning electron microscope“ je typ elektronového mikroskopu, kdy jsou snímány elektrony odražené od vzorku“ je nesmyslná.

**Str. 13:** Větu „Musíme použít silné napětí 100 kV až 400 kV, protože jinak by nebyl dostatečně velký výkon, aby elektrony prošly vzorkem“ snad není třeba blíže komentovat. (O výkon čeho se jedná, autor neuvádí.)

**Str. 16:** Autor v souvislosti s elektronovou mikroskopií tvrdí: „Celé měření probíhá ve vakuu, které se musí dokonale vytvořit vývěvou ...“ Vakuum v žádném elektronovém mikroskopu však nemůže být dokonalé.

**Str. 16:** Autor píše: „Elektrony jsou v elektronovém mikroskopu urychlovány napětím  $U$ , po urychlení získají energii  $E$  podle vzorce ...“. Domnívám se, že (kinetickou) energii elektrony získávají v průběhu svého urychlování, nikoli až po něm.

**Str. 17:** Nejsou vysvětleny některé ze symbolů použitých v uvedených vztazích.

**Str. 17:** Tvrzení, že vzorky pro měření v elektronovém mikroskopu musí být (elektricky) vodivé, je nepravdivé.

**Str. 17:** Použit v diplomové práci formulaci „Na katedře fyziky př. f. UHK ...“ je ostuda!

Další chyby nalezené na následujících stránkách diplomové práce mohou ukázat na požádání. Vzhledem k jejich počtu by nebylo vhodné je do posudku vypisovat.

## Otázky k obhajobě:

1. Který z prováděných experimentů pro Vás byl nejnáročnější a proč?
2. Jak velkou roli hrály při měření na AFM vnější rušivé vlivy, např. vibrace podlahy v laboratoři, v níž probíhalo měření?