

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>Název práce:</b>               | <b>Konfokální rentgenová fluorescenční analýza vrstevnatých vzorků</b> |
| <b>Jméno autora:</b>              | <b>Bc. Kateřina Limburská</b>  |
| <b>Typ práce:</b>                 | diplomová práce  |
| <b>Fakulta:</b>                   | Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)                          |
| <b>Katedra:</b>                   | Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření                      |
| <b>Oponent práce:</b>             | Ing. Marek Fikrle, Ph.D.   |
| <b>Pracoviště oponenta práce:</b> | Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i.                                   |

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>Zadání</b>   | <b>náročnější</b> |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>   |                   |
| Zadání práce je v souladu s dlouhodobou snahou pracoviště diplomantky systematicky se podílet na vývoji různých variant metody XRF. V případě, že se jedná – jako tomu bylo i zde – o vývoj zatím nikým nepublikované ověřené metodiky je vždy náročnost takové úlohy vysoká. |                   |

|  |                |
|--|----------------|
| <b>Splnění zadání</b>  | <b>splněno</b> |
| <i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i> |                |
| Zadání diplomové práce považuji za splněné. To, že se diplomantce nepodařilo najít kalibrační model pro kvantitativní vyhodnocení velmi úzce souvisí s náročností samotného zadání. Velmi oceňuji, že i přesto se diplomantka do práce pustila.  |                |

|  |               |
|--|---------------|
| <b>Zvolený postup řešení</b>   | <b>vhodný</b> |
| <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>  |               |
| Studentka zvolila postup práce odpovídající náročnosti úkolu a svým praktickým a teoretickým znalostem. V případě stanovení tloušťky měděné folie je ověření za pomoci tradičních metod, tj. mikrometru, přinejmenším velice obtížné ne-li zcela nemožné. Zkusil bych navrhnout využití kalibrovaného mikroskopu, kde by mohlo být možné (byť s omezenou přesností) tloušťku změřit. V případě analýzy slitiny (mosazný válec) se nepodařilo dosáhnout shody s certifikovanou hodnotou. U slitiny v případě velmi malé stopy (v tomto případě objemu) je nutné brát v úvahu i její homogenitu. Ta nutně nemusí být certifikována pro takto malý objem a hodnoty se tedy mohou lokálně odlišovat. |               |

|   |                |
|---|----------------|
| <b>Odborná úroveň</b>   | <b>výborná</b> |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>            |                |
| Studentka využila znalostí nabytých studiem a své předcházející práce a zvládla pracovat s literaturou, což je základním kamenem úspěchu libovolné vědecké práce. |                |

|  |                 |
|--|-----------------|
| <b>Formální a jazyková úroveň</b>  | <b>průměrná</b> |
| <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>  |                 |
| Práce je vypracována pečlivě, dokument je strukturován do přehledných kapitol tak, jak to mám být. Grafické a jiné vstupy (rovnice, obrázky, grafy i tabulky) jsou korektně očíslovány a popsány a to vč. odkazů v textu. Taktéž literatura je citována korektně. Zde se ukazuje velmi vhodná volba systému LaTeX pro tvorbu práce. Jako v téměř každé práci najdeme i zde drobné překlepy či ne zcela ideální formulace. Jejich míra nijak nepřesahuje obvyklá měřítka v podobných pracech. S přibývajícím publikačním činností autorky bude těchto drobností ubývat. |                 |

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**výborné**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

Studentka použila dostatek kvalitních literárních zdrojů. Vycházela i z literatury již obhájených prací na příbuzná témata, které byly zpracovány na KDAIZ. Čtenář se bez problémů orientuje mezi vlastní tvorbou autorky a z literatury převzatými závěry či jinými vstupy (tabulky, obrázky). Citace jsou uvedeny korektně.

**Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

I přes velikou snahu diplomantky se nepodařilo vytvořit funkční model kalibrace pro kvantitativní vyhodnocení konfokální XRF. Tento zdánlivý neúspěch však rozhodně není dán nedostatky autorky, ale čistě současným stavem poznání. Doposud takový model pro zařízení s rentgenkou jako zdrojem budicího záření nebyl nikým publikován. Autorka popsala a experimentálně ověřovala upravený postup pro výpočet hloubkových profilů jak na sestavě měděná folie – měděný plech, tak na sestavě měděný plech – mosazný válec. Naměřená data nebyla v souladu s hodnotami které byly očekávány. Studentka velmi správně vyhodnotila situaci a započala hledat příčiny nezdaru. Tyto popsala, některé zvládla v rámci své práce i experimentálně ověřit. Pro další práci týmu na KDAIZ tak připravila vstupy pro následný výzkum především v oblasti stability nutné pro udržení konfokálního objemu jako jednoho z kritických parametrů systému. I přes uvedené nezdary aplikovala metodu na reálný vzorek malby (nově připravený tak, aby imitoval malbu historickou). Naměřená experimentální data vykazovala jisté anomálie avšak vycházející z vlastního předmětu výzkumu – malby nikoliv související s metodou jako takovou. Experimentální data byla tedy doplněna daty ze simulací, které potvrdily domněnky o nehomogenitě pigmentu v rámci jedné barevné vrstvy. Využití simulací pro tento účel hodnotím jednoznačně kladně.

Prokázání existence další vrstvy (olověná běloba) stanovení hloubky kde se nachází (byť s větší mírou nejistoty než by se – nejen autorce – líbilo) a tím i stanovení tloušťky vrstvy předcházející se prokázalo, že i přes zatím větší či menší úskalí je metoda platnou a užitečnou.

V poslední fázi se diplomantka zaměřila na možnost využít pixelový polovodičový detektor pro konfokální XRF. Samotný nápad je velmi dobrý a jak ukázala pilotní studie v rámci předložené práce mohl by to být krok správným směrem.

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

V první řadě je potřeba zmínit odvalu chopit se tématu na samé hranici poznání v daném oboru, tedy kvantitativní analýza v konfokálním objemu. I přes dílčí nezdary je vidět snahu hledat další cesty a řešení. Byť v rámci experimentální části mohla být autorka frustrována tím, že se nedaří dosáhnout uspokojivých výsledků vytrvala v práci a trpělivě hledala důvody a další cesty. Zvolením možnosti využití pixelového detektoru pro konfokální XRF otevřela zajímavou cestu pro budoucí bádání.

Možné otázky směrem k autorce:

1. V teoretické části (konkrétně kapitola 1.1 str. 13) se píše: "...na nejbližší slupce K je potřebné rentgenové záření o energii...". Je nutné, aby to bylo rentgenové záření?
2. Stejná část práce - kapitola 1.2 str. 13 - uvádíte, že u klasické XRF prochází svazek budicího záření pod povrch

- vzorků několik desítek až stovek mikrometrů. Toto platí generálně, tj. XRF je takto velmi povrchová metoda?
3. Kapitola 2.1 str. 18 – „Tato metoda se stala nedílnou součástí např. materiálového výzkumu, geologie a biologie“ Z kontextu to vypadá, že se hovoří o konfokální XRF. Jistě souhlasím, že se stává součástí, ale spíše nesouhlasím s tvrzením „nedílnou součástí“.
4. na několika místech v textu (např. str. 20) používáte termín „toxické prvky“ čímž označujete As a Pb. Ostatní prvky jako Cu, Ag atd. takto neoznačujete. Znamená to, že nejsou toxické?
5. U hloubkové křivky mosazného válce vynášíte četnost sečtených detekovaných intenzit pro linky K(alfa) a K(beta) pro měď. Jak jste pracovala s linkou K(alfa) od zinku? Je rozlišení použitého detektoru natolik dobré, že jsou K(alfa) zinku a K(beta) mědi odlišené?
6. Proč používáte pro poměr lokálních atomových hustot procenta?
7. Zastoupení mědi v mosazném válci. Přemýšlela jste o homogenitě vlastní slitiny v souvislosti s velikostí konfokálního objemu?
8. Kap. 4.1 str. 43 „jedná se o dřevěnou paletu s rozměry  $25 \times 25 \text{ cm}^2 \dots 3 \times 3 \text{ cm}^2$ “. Snažil jsem se v tom hledat nějaký hlubší význam. Pokud tam je, tak jsem ho nenašel a prosím vysvětlit. Překlep (byť 2x za sebou) chápu a není třeba řešit.
9. Stejná kapitola str. 41. „...která je překrytá vrstvou rumělky ( $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2$ )...“. Buď je špatně název nebo vzorec. Jak je to oboje správně?
10. Diskutovaná citlivost na konfokální objem a vliv otřesů. Kde je zařízení umístěno? Jsou tam nějaké antivibrační prvky?
11. Kap. 6 str. 65. „...svazek primárního záření X dopadá na vzorek pod dostatečně malým úhlem...“ Nebylo by lepší napsat buď konkrétní rozptyl hodnot, nebo sice také zavádějící, ale možná o něco málo lepší formulaci „vhodným úhlem“?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 31.5.2024

Podpis:

