

doc. Ing. Tomáš Trojek, Ph.D.
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská,
České vysoké učení technické v Praze
Břehová 7
115 19 Praha 1

Oponentský posudek

na doktorskou disertační práci Ing. Lukáše Opálky s názvem „On-line mapování sekundární radiace v průběhu hadronové terapie“

Disertační práce Ing. Opálky se zabývá měřením pole ionizujícího záření v protonovém a uhlíkovém terapeutickém svazku na zařízení hadronové terapie v Heidelbergu.

Zhodnocení práce dle jednotlivých kritérií:

1) Aktuálnost tématu disertační práce

Téma disertační práce je aktuální, neboť hadronová terapie je poměrně novou ozařovací technikou a nabízí nové možnosti při léčbě závažných onemocnění. Nejen přesnější určení prostorové distribuce absorbované dávky a dalších dozimetrických charakteristik ve svazcích těžkých nabitých částic, ale i verifikace ozáření konkrétních pacientů, může přispět k zvýšení úspěšnosti léčby a potlačení nežádoucích efektů spojených s touto léčbou.

2) Splnění cílů disertační práce

Zda byly splněny plánované cíle disertační práce, nelze po prostudování práce plně zhodnotit, neboť zadané cíle práce jsou explicitně uvedeny. V abstraktu práce je uvedeno, že tato disertační práce navrhuje metody určení spektrálních a směrových charakteristik neznámých radiačních polí při hadronové radioterapii. S tímto konstatováním lze souhlasit. Dále je v úvodu disertační práce uvedeno, že „Cílem práce je navrhnout metody pro minimalizaci vznikajících nežádoucích efektů“. Toto vyjádření je již diskutabilní. Předložená práce sice obsahuje výsledky experimentů, ze kterých by tato nová metoda mohla vycházet, ale rozpracování takové metody bude představovat ještě značné úsilí a z výsledků práce není zřejmé, zda by tato metoda byla dostatečně přesná.

3) Metody a postupy řešení

K zamýšleným účelům bylo použito vhodné přístrojové vybavení i metody pro vyhodnocení naměřených dat.

4) Výsledky disertační práce a konkrétní přínosy

Práce obsahuje vlastní výsledky disertanta týkající se měření parametrů terapeutického svazku ^{12}C na pracovišti hadronové terapie v Heidelbergu. Konkrétně se jednalo o měření LET spekter, čistoty svazku nebo rekonstrukce drah jednotlivých částic.

5) Význam pro praxi a rozvoj oboru

Jak jsem již uvedl výše, tyto výsledky mohou být základem pro další práci na této problematice a vést ke zlepšení radioterapeutických výkonů na pracovišti se svazky ^{12}C . Pro využití v praxi by bylo také žádoucí zaměřit se více na protonové svazky, které jsou k dispozici na mnohem větším počtu pracovišť.

6) Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Členění práce do kapitol je vhodně zvolené a nemám připomínky ani k formátování textu, tabulek a obrázků. Co se týče jazykové úrovně, práce obsahuje přiměřený počet drobných chyb (např. čárek), avšak často se v ní objevují chyby neshody přísudku s podmětem (např. částice vylétli, apod.), což na první pohled kazí dojem z předložené práce. Dále se v textu nebo v seznamu zkrátek objevují nesprávná označení některých veličin, např.: „koeficient útlumu“ místo „součinitel zeslabení“, LET je „lineární přenos energie“ a ne „lineární přenosová energie“ nebo správné označení pro „RBE“ v češtině je „relativní biologická účinnost“.

7) Další připomínky, dotazy a závěrečné zhodnocení disertační práce

- str. 16. Vysvětlíte, proč verifikace pomocí metody PET může vést ke zvyšování toxicity ozáření.

- str. 19. „...fotonové záření doručí největší dávku do tkáně na začátku své dráhy...“ To není přesné, neboť i na Obr. 1 je vidět, že na povrchu je dávka od fotonů malá a svého maxima dosahuje v určité hloubce pod povrchem v závislosti na energii.

- str. 28. Z porovnání rozdílů mezi ozařováním protony a ionty ^{12}C není zřejmá žádná výhoda pro použití iontů ^{12}C v hadronové radioterapii.

- str. 38 Detektor o velikosti 4×4 čipy by měl mít více než 512×512 pixelů.

- str. 39-42. Na těchto téměř 4 stranách je popsáno použití detektoru Timepix při zobrazování. Tato konkrétní aplikace s tématem práce příliš nesouvisí. Naopak pro čtenáře by bylo přínosnější, kdyby autor práce provedl rešerši literatury a v práci shrnul další existující detektory a dozimetry pro monitorování parametrů svazků těžkých nabitých částic.

- str. 41. Věta „Neutronové záření je pro většinu anorganických materiálů a kovů prakticky průhledné“ je také nevhodně formulovaná.

str. 50. U čísla „60,654“ by zřejmě měla být také jednotka „keV/px“ a ne jen „keV“

LET je mezinárodně užívaná fyzikální veličina popisující energii předanou látce nabitou ionizující částicí na jednotce dráhy s obvykle užívanou jednotkou keV/ μm . V disertační práci se ale pomocí LET označuje energie absorbovaná v jednom pixelu detektoru Timepix. Přestože bývá v práci uváděná jednotka keV/px, pro čtenáře to může být matoucí a v případě porovnání s jinými výsledky by musel sám provést přepočet.

str. 54 a 55. Neměly by se obrázky č. 33 a 34 shodovat, což by dokládalo soulad teoretického výpočtu program MCNPX s výsledkem experimentu, a tedy validaci Vaší metody?

str. 73. Uvádět hodnoty Sigma a FWHM v Tab. 18 se 4 desetinnými místy je poněkud nešťastné, když s ohledem na způsob provedení experimentu a vyhodnocení dat jsou diskutabilní už jednotky.

str. 84. Jak by se určila relativní biologická účinnost (RBE) svazku z dat z detektoru Timepix?

str. 88. Celková energie primární částice má být „3 000 MeV“ a ne „3 000 GeV“.

str. 89. „Síla PA fólie...“ raději použít „Tloušťka PA fólie“

Lze konstatovat, že disertační práce Ing. Lukáše Opálky splňuje požadovaná kritéria pro doktorské disertační práce. I přes výše uvedené nedostatky doporučuji tuto práci přijmout k obhajobě a po její úspěšné prezentaci a zodpovězení všech dotazů doporučuji kandidátovi udělit titul doktor (Ph.D.).

V Praze dne 20.1.2020



doc. Ing. Tomáš Trojek, Ph.D.

