

Prace magisterskie:

1. Oddziaływanie promieniowania o wysokim *LET* (współczynniku liniowego transferu energii) z materiałem organicznym w aspekcie terapii nowotworowej- Dr Krzysztof Przeglęta:

Propozycja pracy magisterskiej jest kierowana do studentów IV roku Fizyki Medycznej, po kursie Dozymetrii

Celem pracy jest badanie i opis mechanizmów fizycznych leżących u podstaw efektów radiobiologicznych, zachodzących w tkankach pod wpływem napromieniowania ich wiązką ciężkich cząstek naładowanych, tzn.: protonów, cząstek alfa i tzw. ciężkich jonów (C-12, N-14, O-16) o energiach dochodzących do kilku GeV. Dla wiązek hadronowych uzyskuje się tzw. odwrotny profil dawki, charakteryzujący się (w przeciwieństwie do promieniowania fotonowego) wzrostem dawki pochłoniętej w miarę penetracji wiązki w głąb absorbenta, aż do wystąpienia ostrego maksimum – tzw. piku Bragga (dla energii rzędu MeV na nukleon). W obszarze piku Bragga, który pojawia się pod koniec toru jonu w materiale (absorpcja zasięgowa), wartość *LET* osiąga bardzo duży gradient i dochodzi do 1 MeV/μm. Możliwość regulacji profilu dawki poprzez zmianę energii hadronów i stopnia ich jonizacji, w połączeniu z tradycyjną techniką prowadzenia wiązki za pomocą pól elektromagnetycznych (umożliwiającej elastyczne określenie kształtu skanowanej powierzchni) może być wykorzystana do precyzyjnego kształtowania rozkładu dawki pochłoniętej w ciele pacjenta.

Wykorzystanie wiązek hadronowych daje więc znacznie bardziej precyzyjne narzędzie do teleradioterapii nowotworów, niż powszechnie dziś stosowane promieniowanie gamma i wiązki elektronowe. Dzięki temu napromieniowywany obszar ciała pacjenta można skutecznie ograniczyć do niezbędnego minimum, oszczędzając zdrowe tkanki, a ponadto znacznie zredukować czas napromieniowywania gwarantujący otrzymanie pożądanej dawki frakcyjnej. Daje to nadzieję na bardziej efektywne prowadzenie terapii, zwłaszcza w przypadku nowotworów atakujących najważniejsze (tzw. krytyczne) i najbardziej wrażliwe narządy organizmu.

Terapia ciężkojonowa jest nową i bardzo kosztowną metodą leczenia nowotworów, wymagającą zaangażowania fizyków (obsługa akceleratorów, planowanie leczenia – symulacja rozkładów dawek). Ponadto, aby w pełni wykorzystać zalety terapii hadronowej konieczne jest precyzyjne określenie rozmieszczenia nowotworu za pomocą nowoczesnych i także kosztownych metod diagnostycznych (NMR i PET). Sprawia to, że obecnie teleradioterapię z zastosowaniem wiązek hadronowych prowadzi się zaledwie w kilkunastu ośrodkach na świecie, kolejnych kilkanaście jest w trakcie budowy. Jednocześnie prace badawcze nad skutecznością tej metody w zwalczaniu komórek nowotworowych i doskonaleniem technik napromieniowywania trwają w wielu laboratoriach, także w Polsce.

Zagadnienia fizyczne, które zasługują na szczególną uwagę w pracy to:

- otrzymywanie i charakterystyka wiązki ciężkich jonów (np. rozkł. energetyczny),
- rozkład dawki pochłoniętej w napromieniowywanym preparacie biologicznym,
- pomiar bezwzględnej wartości mocy dawki pochłoniętej.

W aspekcie terapeutycznym interesujący jest opis zmian genetycznych, zachodzących w jądrze komórkowym pod wpływem przejścia jonu oraz zagadnienia związane z badaniem czułości radiobiologicznej różnych tkanek (np. limfocyty: chore –zdrowe):

- analiza ilościowej częstości aberracji chromosomów (niestabilnych i stabilnych) w zależności od wartości *LET* i w funkcji dawki,
- badanie wpływu warunków napromienienia (forma preparatu, rodzaj podłoża, itp., rola farmakologicznych środków uczulających w komórkach nowotworowych).

Uwagi: Część eksperymentalna realizowana będzie w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie, pod opieką dra hab. Zygmunta Szeplińskiego z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego. Literatura specjalistyczna nt. ciężkojonowej terapii nowotworów dostępna jest głównie w języku angielskim i tylko częściowo w języku polskim.

2. Czas, wzorce czasu i metody jego pomiaru - Dr Krzysztof Przeglęta:

Propozycja pracy magisterskiej jest kierowana do studentów IV roku Fizyki i MSN (specj. nauczycielska)

Celem pracy jest analiza problemów związanych z pojęciem czasu i sposobami jego mierzenia. Fizycy od dawna starają się określić istotę tego, czym jest czas. Pytanie to jest jednym z najważniejszych pytań filozofii, dlatego próby uzyskania odpowiedzi mają ogromne implikacje nie tylko w sferze nauk przyrodniczych, ale również dotyczą fundamentalnych aspektów światopoglądowych. Ogólna i szczególna teoria względności Einsteina ujawniła relatywistyczne „oblicze” czasu i pozbawiła ludzkość punktu odniesienia w tej dziedzinie, tak jak niegdyś rewolucja kopernikańska ukazała złudność wyróżnionego położenia Ziemi we Wszechświecie. Trudno przecenić znaczenie podważania przez fizyków kolejnych (obok pojęcia absolutności), zdawałoby się pewnych, właściwości czasu, jak np.:

- pytanie o ciągłość (gradację, kwantyzację) czasu,
- jego początek (i koniec) w aspekcie teorii Wielkiego Wybuchu,
- czy kierunek tzw. „upływu” czasu jest zdeterminowany, czy tylko stanowi swoiste złudzenie (pojęcie tzw. „strzałki czasu”).

Pytania te wprowadzają niepokój w nasze oswojone poczucie czasu, którym posługujemy się w życiu codziennym. Jednak nieuchwytność istoty czasu, wymykająca się próbom ścisłej definicji, nie pomaga w rozwianiu tych wątpliwości. W istocie, stajemy przed pytaniem, co tak naprawdę mierzymy dokonując pomiaru czasu.

Właśnie opis metod chronometrii w ujęciu rozwoju historycznego miałby stanowić drugą część pracy. Ogromny postęp w tej dziedzinie, jaki dokonał się zwłaszcza w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat zaowocował takim wzrostem precyzji, że obecnie czas i częstotliwość są wielkościami podlegającymi najdokładniejszym pomiarom fizycznym. Ponadto warto zauważyć ogromną rozpiętość skali czasu, jaką obejmują różne gałęzie chronometrii (z jednej strony ultraszybkie procesy na poziomie kwantowym, z drugiej – metody datowania, sięgające głęboko w przeszłość). Zaangażowanie do tego celu najbardziej wyrafinowanych współcześnie eksperymentalnych metod fizycznych (np. tzw. „zimne atomy”) nie ogranicza się jedynie do dziedziny badań podstawowych. Bynajmniej, opracowywanie dokładnych wzorców czasu podyktowane jest również względami czysto praktycznymi. Znajdują one bowiem szerokie zastosowania we współczesnej technice, umożliwiając m.in. postęp w dziedzinie globalnych systemów pozycjonowania – GPS (podobnie było, gdy w XVIII wieku postęp chronometrii stymulowany był potrzebami nawigacji oceanicznej, która musiała sprostać dynamicznemu rozwojowi żeglugi wywołanemu wzmożoną intensywnością podbojów kolonialnych i rozkwitem wymiany handlowej). Precyzyjne wzorce czasu i częstotliwości odgrywają również dużą rolę w technikach mikroprocesorowych i telekomunikacji oraz wielu nowoczesnych technologiach. Ich znaczenie we współczesnym świecie trudno jest przecenić.

Na koniec należy wspomnieć o specyficznej grupie metod chronometrycznych – tzw. metodach datowania, które pozwalają na określenie czasu zajścia niektórych zdarzeń w przeszłości, lub oznaczenie wieku pewnych obiektów (osadów geologicznych, obiektów archeologicznych, itp.). Rozwój tych metod również opiera się na postępie nauk fizycznych (np. techniki radioizotopowe i akceleratorowe w geochronometrii, wykorzystanie odkryć fizyki cząstek elementarnych w badaniach nad rekonstrukcją losów wczesnego

Wszechświata). Interesująca jest ogólna charakterystyka idei i założeń metodologicznych rodziny metod tzw. datowania bezwzględnego. Praktyczne aplikacje zostaną zilustrowane opisem metody radiowęglowej (C-14) i luminescencyjnej. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na znaczenie datowania w prognozowaniu przyszłości (np. badanie zmian klimatu i określenie wpływu działalności człowieka na globalne ocieplenie). Jak się okazuje w przypadku złożonych systemów, jakim niewątpliwie jest biosfera, najlepszą metodą przewidywania przyszłości jest badanie historii zmian zachodzących w przeszłości. Wracamy w ten sposób do zagadnienia cykliczności zmian, które jest podstawą zdecydowanej większości metod chronometrii. Także poznanie przeszłości Wszechświata wydaje się obecnie być kluczem dla określenia jego przyszłych losów.

Proponowany temat powinien zainteresować przede wszystkim przyszłych nauczycieli. Zagadnienia poruszane w pracy warto z pewnością wykorzystać w praktyce szkolnej, stwarzają one bowiem doskonałe możliwości dla opracowania tzw. ścieżek międzyprzedmiotowych, łącząc naukę fizyki z: geografią, astronomią, historią, wiedzą o współczesnej technice, a nawet filozofią i biologią (ewolucjonizm).

Interdyscyplinarny charakter problemów związanych z chronometrią nasuwa pomysł opracowania wykładu monograficznego, który byłby im poświęcony, zresztą nie tylko na potrzeby studentów naszego Wydziału. Wyznaczenie skali czasu różnych procesów (fizycznych i astrofizycznych, chemicznych i biologicznych) można śmiało zaliczyć do największych współczesnych osiągnięć nauk przyrodniczych. Bez tego nasza wiedza na temat ewolucji różnych układów fizycznych i systemów, także biologicznych (w tym również gatunku ludzkiego) a nawet społecznych (kultury historyczne) byłaby znacznie skromniejsza. Poza tym, chronometria jest doskonałym przykładem korzyści wynikających z tego, co obecnie określa się mianem „transferu technologii”, ukazując aplikacyjny potencjał odkryć fizycznych.

Uwagi: Obszerna literatura dostępna jest w języku polskim (np.: F.S. Zawielski, *Czas i jego pomiary*, Warszawa 1981; B. Muchotrzeb, M. Prószyński *Czas*, Warszawa 1983; P. Kartaschoff *Częstotliwość i czas*, Warszawa 1985.) oraz artykuły popularnonaukowe publikowane np. we *Wiedzy i Życiu*, *Świecie Nauki* i *Delcie*).

3. Obliczanie dawek od wewnętrznych źródeł promieniowania - Dr Krzysztof

Przeglądka:

Propozycja pracy licencjackiej jest kierowana do studentów III roku Fizyki Medycznej, uczestniczących w kursie Dozymetrii (wykład i ćwiczenia).

Celem pracy jest opis podstaw fizycznych metod obliczania dawek promieniowania od źródeł znajdujących się wewnątrz organizmu człowieka. Chodzi tu zarówno o radioizotopy obecne w ciele człowieka w sposób naturalny (jak np. K-40, C-14), jak również źródła promieniotwórcze sztucznie wprowadzane do organizmu w procesie leczenia: dla celów diagnostycznych (różnego rodzaju znaczniki – preparaty farmakologiczne, zawierające radionuklidy, najczęściej gamma-promieniotwórcze wykorzystywane np. w scyntygrafii lub rozpadające się z emisją pozytonów (β^+) – PET; stosowane nie tylko w rozpoznawaniu zmian nowotworowych, ale również w badaniach wydolności niektórych organów), czy też dla celów terapeutycznych (brachyterapia – z wykorzystaniem zamkniętych źródeł promieniowania jonizującego, wprowadzanych śródtkankowo za pomocą zewnętrznych aplikatorów oraz terapia radioizotopowa – gdy nuklidy promieniotwórcze wprowadza się do organizmu w postaci źródła otwartego). Uwagi wymagają również przypadki, gdy

nienaturalnie wysokie stężenie aktywności radioizotopów w organizmie wywołane jest sytuacją awaryjną (skażenia promieniotwórcze).

Specyfiką dozymetrii wewnętrznych źródeł promieniotwórczych jest o wiele większe znaczenie promieniowania alfa i beta niż w przypadku źródeł zewnętrznych. Ponadto czas napromieniania jest z reguły dłuższy niż w przypadku źródeł zewnętrznych, a jego kontrolowanie jest znacznie utrudnione. W przypadku, gdy źródło wewnętrzne ma charakter otwarty okres napromienienia zależy nie tylko od czasu połowicznego rozpadu danego radioizotopu, ale również od szybkości procesów metabolicznych, charakterystycznych dla danego pierwiastka i drogi wniknięcia do organizmu. W przypadku źródeł wewnętrznych mamy też najczęściej do czynienia z dość selektywnym napromienieniem poszczególnych tkanek, co wynika nie tylko z ograniczonego zasięgu promieniowania w ośrodku materialnym, ale (dla źródeł otwartych) również ze specyfiki procesów metabolicznych w danym przypadku.

Wszystkie te zagadnienia należy uwzględnić przy obliczaniu różnych rodzajów dawek promieniowania (dawki efektywne, równoważne, obciążające). W tym aspekcie należy również analizować przestrzeganie określonych norm promieniowania. Przepisy regulujące te kwestie są, nawet jak na akty prawne, dość skomplikowane i w dużej mierze opierają się na obszernych tabelach rozmaitych współczynników, których zrozumienie i zastosowanie wymaga wiedzy nie tylko z zakresu prawa, ale przede wszystkim fizyki.

Wymienione metody diagnostyczne i leczenia nowotworów wymagają współdziałania lekarza: rozpoznanie, wybór metody leczenia i określenie dawek terapeutycznych oraz fizyka: produkcja radioznaczników dla potrzeb diagnostyki (są to zwykle krótkożyciowe radioizotopy, które muszą być wytwarzane na miejscu); planowanie rozkładów dawek tak, aby uzyskać najlepsze efekty terapii przy minimalnym narażeniu zdrowych tkanek; kontrola dozymetryczna pacjenta i personelu (ma tu większe znaczenie, niż przy źródłach zewnętrznych).

Uwagi:

Literatura

dostępna jest w języku polskim (np.: P. Jaracz, *Promieniowanie jonizujące w środowisku człowieka*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2001; A. Hryniewicz, *Człowiek i promieniowanie jonizujące*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001; W. Łobodziec, *Dozymetria promieniowania jonizującego w radioterapii*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1999; B. Gostkowska, *Wielkości jednostki i obliczenia*, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2003; www.paa.gov.pl - strona Państwowej Agencji Atomistyki; Rozporządzenie Rady Ministrów z 18.04.2005 w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego; materiały z wykładów i ćwiczeń z *Dozymetrii*.