XXI Studencka Sesja Plakatowa

Instytut Fizyki
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ

AUTOR:
Piotr Kubala

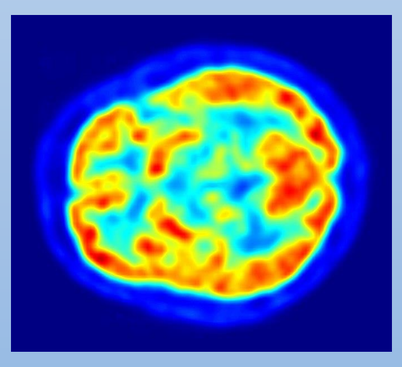
OPIEKUN:
dr Eryk Czerwiński

07

Liniowy model pozytonowego tomografu emisyjnego (PET)

Czym jest PET?

Pozytonowa tomografia emisyjna (ang. *positron emission tomography* – **PET**) jest techniką obrazowania medycznego bazującego na rejestracji promieniowania gamma powstałego po anihilacji elektronu z pozytonem pochodzącym z rozpadu radionuklidu wprowadzonego do organizmu. Tym, co wyróżnia PET od innych technik obrazowania, takich jak magnetyczny rezonans jądrowy (MRJ) czy tomografia komputerowa, jest możliwość badania metabolizmu obserwując zmiany stężenia radiofarmaceutyka w czasie. Dzięki temu metoda charakteryzuje się największą niezawodnością w wykrywaniu nowotworów (rzędu 90%) [1], a także pozwoliła na poszerzenie wiedzy o etiologii i przebiegu choroby Parkinsona, Alzheimera, padaczki i schizofrenii.



Obraz mózgu uzyskany z użyciem PET.
Źródło: [1]

Rozpad β⁺ i anihilacja pozytonu

W rozpadzie β^+ proton rozpada się na neutron, pozyton i neutrino elektronowe – liczba atomowa pierwiastka maleje o 1.

$$^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}_{Z-1}^{A}\mathrm{Y} + e^+ + \upsilon_e$$

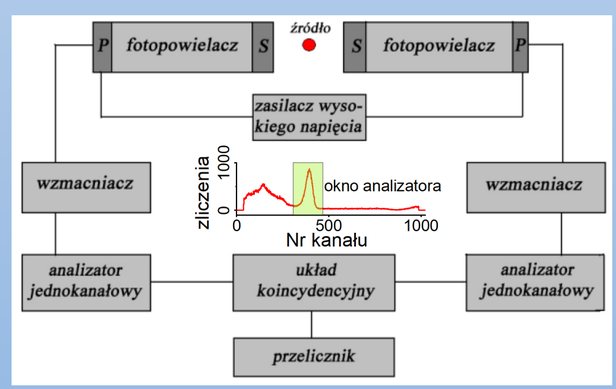
Powstały pozyton przemierza w tkankach kilka milimetrów aż osiągnie prędkość termiczną i następuje wówczas anihilacja z elektronem. Powstają wtedy 2 kwanty gamma o energii 0,511 MeV. Proces trójfotonowy jest ponad 100 razy rzadszy [2].

$$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$$

Kwanty gamma emitowane są pod kątem bliskim 180°– poruszają się w zasadzie po linii prostej.

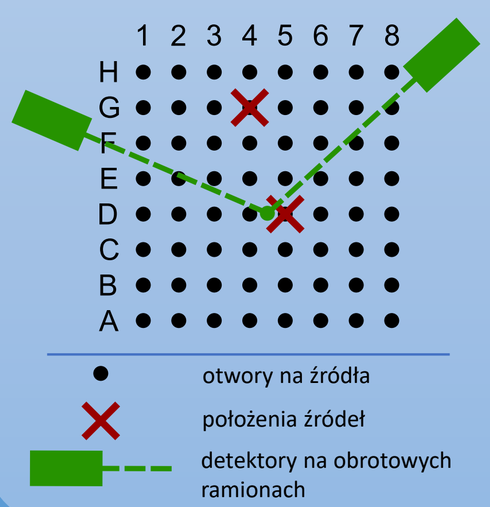
Prosty model PET

Tzw. linia odpowiedzi (and. *line of response* – **LOR**) łączy miejsca detekcji 2 kwantów 0,511 MeV w koincydencji czasowej. W komercyjnych tomografach do detekcji LOR używa się nawet kilkuset detektorów umieszczonych na pierścieniu. W ramach II PF wykonano prosty model z użyciem dwóch detektorów scyntylacyjnych na ramionach mogących obracać się wokół środka pudełka, w którym można było umieścić kilka źródeł promieniotwórczych. Do selekcji sygnału od kwantów gamma o energii 0,511 MeV użyto analizatorów (por. schemat). Sygnały pochodzące z tego samego rozpadu były filtrowane przez układ koincydencyjny, a następnie zliczane przez przelicznik. Lokalizując kilka LOR można było odtworzyć położenia źródeł.



Schemat aparatury pomiarowej. *Zaadaptowano z Ref. [3]*

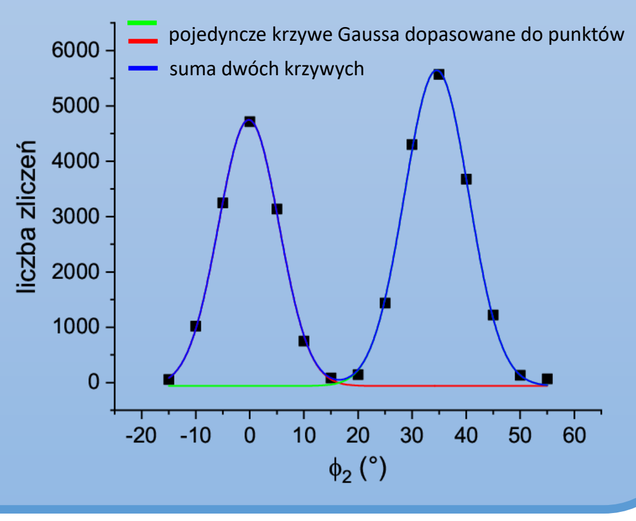
Badane źródła



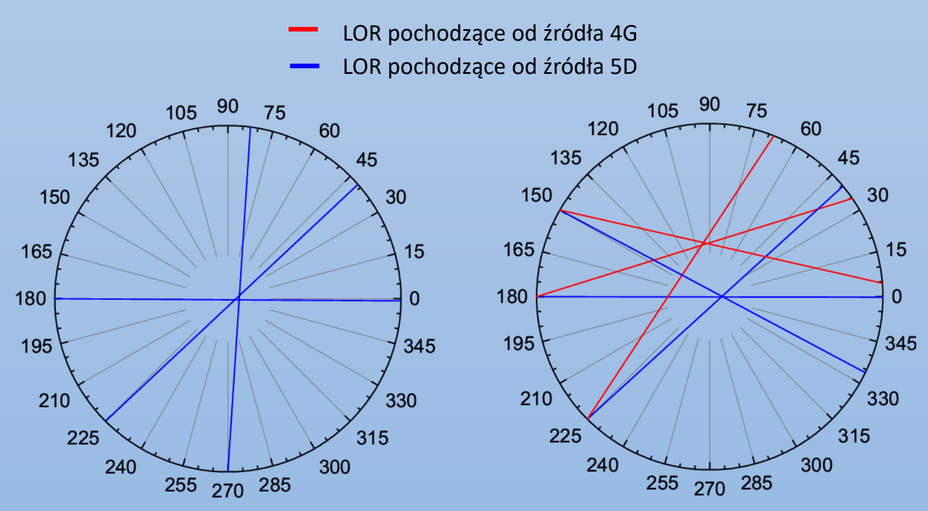
Użytym radionuklidem był promieniotwórczy izotop sodu ^{22}Na. Wykonano 3 serie pomiarowe – dla pojedynczych źródeł i dla 2 jednocześnie. Dla 3 różnych LOR ustalano położenie pierwszego detektora ϕ_1 i dokonywano zliczeń przez 10 s dla kilku położeń drugiego detektora ϕ_2 w okolicy maksimum zliczeń (2 maksimów w przypadku 2 źródeł).

Lokalizacja LOR

Aby precyzyjniej zlokalizować położenia maksimów zliczeń, do punktów pomiarowych dopasowano krzywe Gaussa. Położenia detektorów ϕ_1 i ϕ_2 miały niepewności systematyczne wynikające z działki kątowej, a położenie ϕ_2 miało dodatkową niepewność statystyczną dopasowania krzywej Gaussa.



Odtworzenie położeń źródeł



Schematyczne przedstawienie stołu i LOR dla odpowiednio 1 i 2 źródeł.

Punkt (x; y) = (0; 0) obrano w środku między otworami 4D i 5D. Z położeń detektorów można było wyznaczyć równania prostych LOR, a następnie punkty przecięcia wszystkich ich par. Obliczono również propagację błędów systematycznych i statystycznych metodą różniczki zupełnej. Obliczono średnią położeń przecięć wykorzystując błędy jako wagi. Wyniki zebrane są w tabeli poniżej. Zmierzono także rzeczywiste położenia źródeł. Odtworzone położenia źródeł, po uwzględnieniu niepewności, są spójne między sobą i z rzeczywistymi położeniami.

Położenia odczytane z przecięć LOR	5D		x = (0.80 ± 0.02 ± 0.45) cm	y = (−0.05 ± 0.02 ± 0.44) cm
	4G		x = (−0.53 ± 0.03 ± 0.44) cm	y = (3.90 ± 0.03 ± 0.70) cm
	2 źr. 5D + 4G	5D	x = (0.94 ± 0.05 ± 0.70) cm	y = (−0.02 ± 0.02 ± 0.32) cm
		4G	x = (−0.50 ± 0.04 ± 0.65) cm	y = (4.11 ± 0.02 ± 0.57) cm
Rzeczywiste położenia	5D		x = (0,7 ± 0,1) cm	y = 0 cm
	4G		x = (−0,7 ± 0,1) cm	y = (4,2 ± 0,3) cm

Bibliografia

[1] – https://pl.wikipedia.org/wiki/Pozytonowa_tomografia_emisyjna
[2] – A. Sayed, M.H. Essmat, *Characterization of control mesoporous glasses (CPGs) using positron annihilation lifetime spektroskopy (PALS)*, 2008
[3] – instrukcja do ćwiczenia Z36, www.2pf.if.uj.edu.pl