

XX

STUDENCKA
SESJA
PLAKATOWA

INSTITUT FIZYKI
WYDZIAŁ FIZYKI, ASTRONOMII
I INFORMATYKI STOSOWANEJ UJ

AUTOR:
BURA ZUZANNA

OPIEKUN:
DR MICHAŁ SILARSKI

04

Pomiar czasu życia pozytonium za pomocą liniowego modelu PET

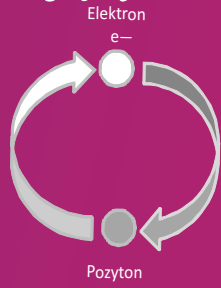
Abstrakt

Celem wykonywanego doświadczenia było zapoznanie się z metodą PALS (spektroskopia czasu życia pozytonium) i zbadanie czy możliwe jest wykonywanie jej na liniowym modelu pozytonowego tomografu emisyjnego, który dostępny jest na II pracowni fizycznej. Próbką, na której wykonano badanie to sól umieszczony z polimerze XAD4.

Wprowadzenie

1. Pozyton

Wykorzystywany w przeprowadzanym doświadczeniu izotop sodu ulega rozpadowi β^+ , który przedstawia się następująco $^{22}\text{Na} \rightarrow ^{22}\text{Ne}^* + e^+ + n_\nu$. Pozyton po wyhamowaniu w materiale może utworzyć z jednym z otaczających elektronów molekułę o nazwie pozytonium.

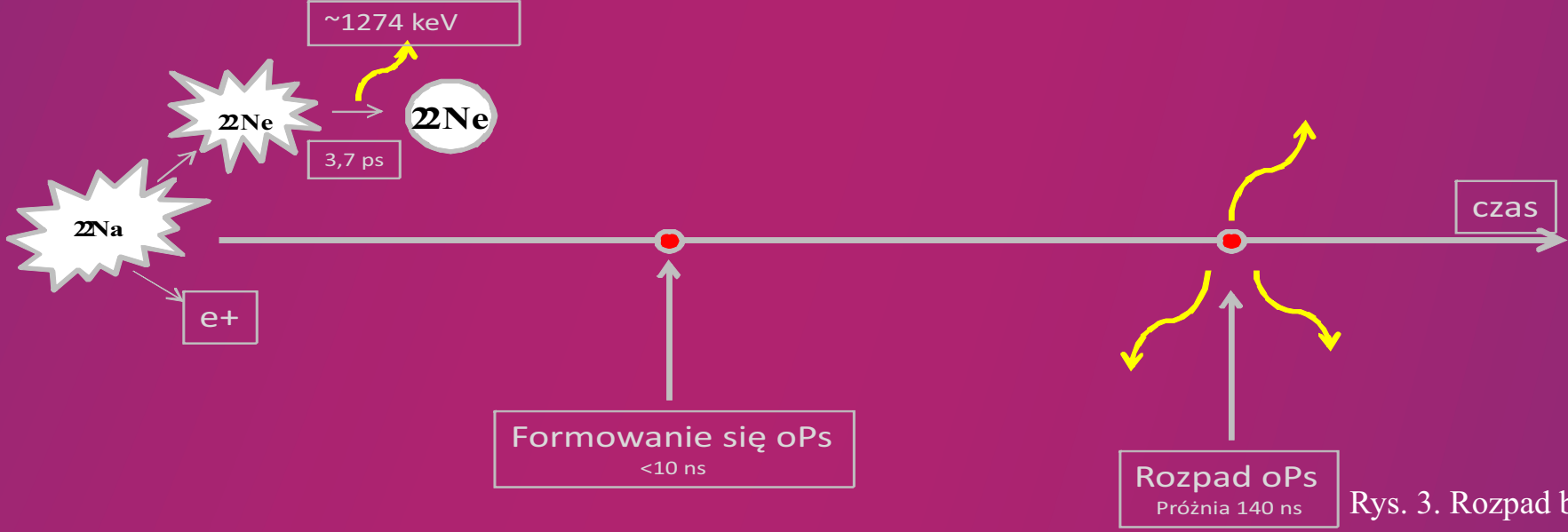


Rys. 1. Pozytonium

Interesującym stanem pozytonium jest stan trypletowy (Ortho-pozytonium), zwany inaczej długożyjącym, ponieważ jako cząsteczka przeżywa około 140 ns w próżni. Stan ten rozpada się na trzy kwanty gamma (najczęściej spotykaną sytuacją jest to, że jeden z kwantów ma energię 511 keV).

2. Spektroskopia czasu życia pozytonium (PALS)

Metoda badania materiałów polegająca na analizie czasu życia pozytonium, który zależy od struktury materiału, w którym się ono utworzyło, a dokładnie od obszarów o zerowej gęstości elektronowej. Powstały w rozpadzie sodu neon jest wzbudzony, a co za tym idzie niemal natychmiastowo emituje kwant gamma o energii około 1274 keV, który „informuje” nasz układ o rozpoczęciu pomiaru czasu życia. W tym czasie powstały pozyton wyłapuje elektron, tworząc wraz z nim pozytonium, które po pewnym czasie się rozpada, dzięki czemu rejestrujemy kwant o energii 511 keV.



Rys. 2. Rozpad Ortho-pozytonium.

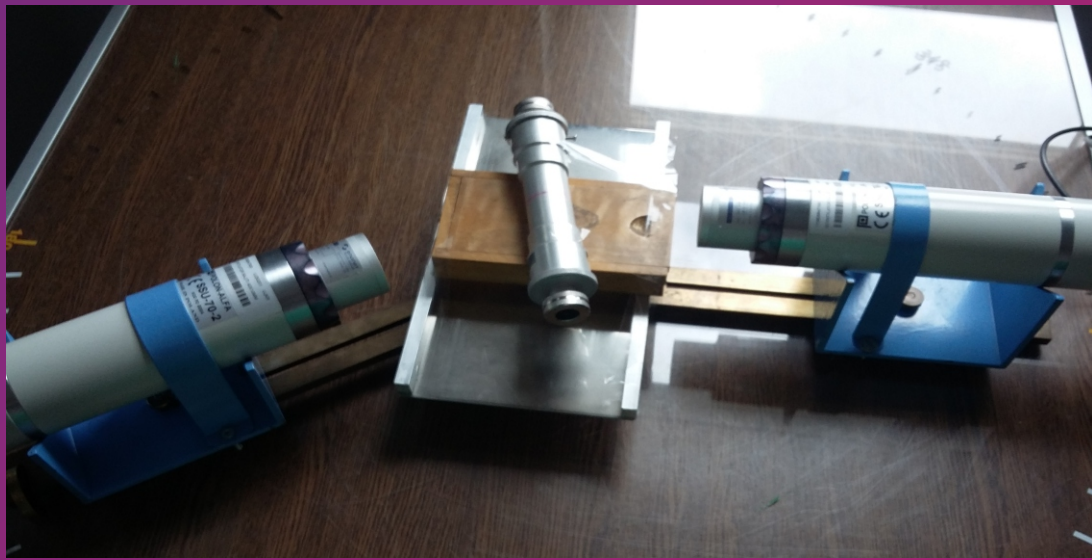
Rys. 3. Rozpad beta + i długość życia pozytonium.

3. PALS a nowotwór

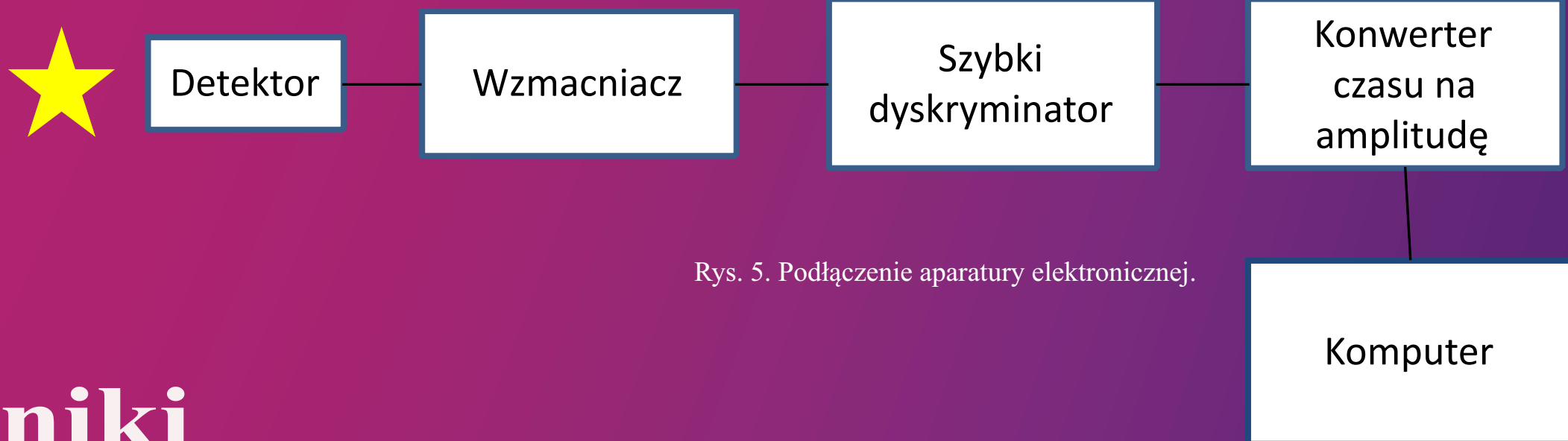
Dzięki metodzie PALS, wykorzystywanej w pozytonowej tomografii emisyjnej, potencjalnie możliwe będzie w przyszłości nie tylko precyzyjne zlokalizowanie nowotworu nawet w jego wczesnym stadium, ale również określenie jego właściwości oraz monitorowanie efektów terapii. Prawdopodobnie umożliwi ona lekarzom otrzymanie pełnych informacji nawet o trudno dostępnych nowotworach.

Układ eksperymentalny

W doświadczeniu bazowano na liniowym modelu PET znajdującym się na II pracowni. Układ pomiarowy składał się z dwóch detektorów scyntylacyjnych (Rys. 4). Schemat wykorzystywanego układu eksperymentalnego przedstawiono na rys. 5. Próbką na której wykonywano badanie to sól umieszczony w polimerze o nazwie XAD4, w którym formowało się pozytonium. Detektory mierzyły różnicę czasu pomiędzy rejestracją kwantu o energii 1274 keV oraz fotonu z rozpadu pozytonium o energii 511 keV.



Rys. 4. Układ pomiarowy.



Rys. 5. Podłączenie aparatury elektronicznej.

Wyniki

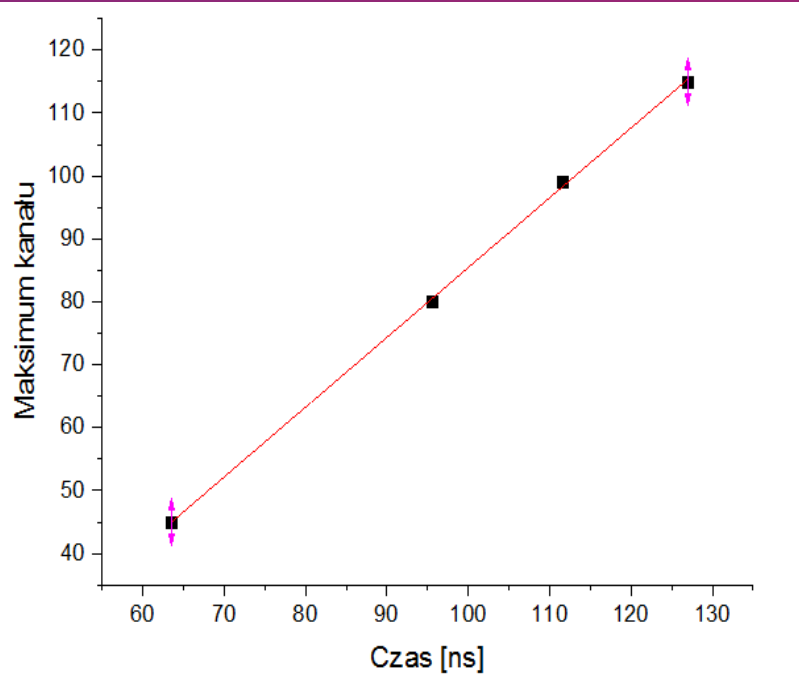
Wykonano kalibrację czasową układu badając zależność opóźnienia od numeru kanału analizatora dla zadanego opóźnienia. Dopasowano funkcję liniową dzięki, której w dalszych obliczeniach możliwe jest przeliczenie nr kanału na czas. Otrzymano wykres zależności kanału od czasu (Rys. 6). Zależność ta przedstawia się wzorem:

$$y = 1,11x - 25,44$$

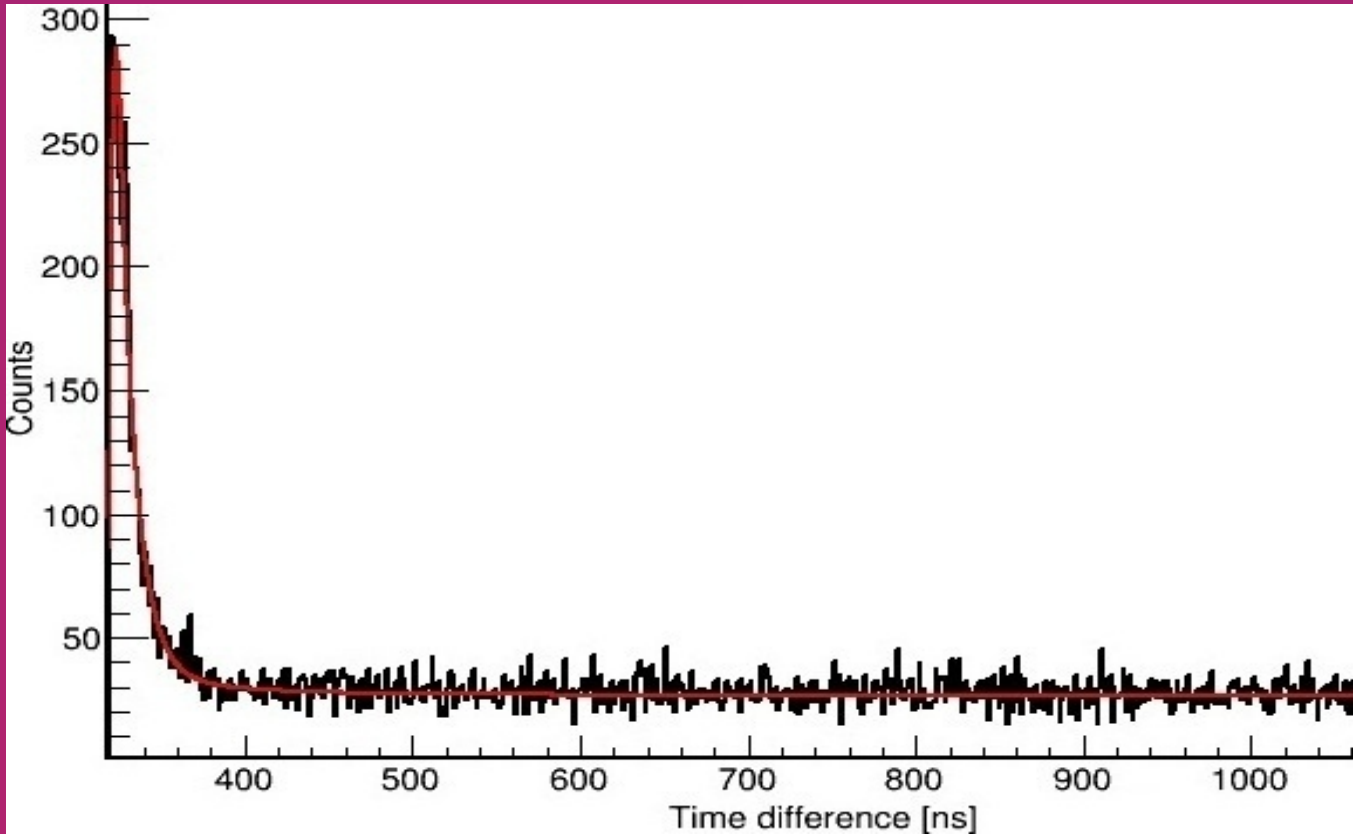
Uzyskane widmo różnicy czasów przedstawiono na rys. 7. W celu określenia średniego czasu życia pozytonium w polimerze XAD4 do danych doświadczalnych dopasowano następującą krzywą modelową:

y_0 - Rozstaw.
 I_i - Intensywność rozpadów.
 τ_i - Czas życia.
 t_0 - Czas rozstawu.

$$y(t) = y_0 + \sum_{i=1}^6 \frac{I_i}{2\tau_i} \exp\left(\frac{\sigma^2}{2\tau_i^2} - \frac{t - t_0}{\tau_i}\right) \left(\operatorname{erf}\left(\frac{t - \frac{\sigma^2}{\tau_i} - t_0}{\sqrt{2}\sigma}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{-\frac{\sigma^2}{\tau_i} - t_0}{\sqrt{2}\sigma}\right) \right)$$
$$\operatorname{erf} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^t \exp(-s^2) ds, \quad (1)$$



Rys. 6 Wykres zależności czasu opóźnienia od numeru kanału analizatora dla zadanego



Rys. 7. Zależność ilości zliczeń od czasu z dopasowaną

Czas życia pozytonium wynosi:

$$(55,685 \pm 1,017) \text{ ns}$$

Wnioski

Czas życia pozytonium w badanym polimerze XAD4 wynosi $(55,685 \pm 1,017) \text{ ns}$. Wynik ten znacznie odbiega od rzeczywistego, który jest równy $90,8 \text{ ns}^{[2]}$. Rozbieżności otrzymanego rezultatu z wartością literaturową wynikają z wykorzystania detektorów scyntylacyjnych o stosunkowo słabej rozdzielczości czasowej oraz wahań temperatury, wpływających na układ doświadczalny. Niestety ukazuje to, że na dostępnym na II pracowni modelu tomografu PET prowadzenie pomiarów PALS jest bardzo trudne.

Podziękowania

Pragnę podziękować:
Panu Doktorowi Michałowi Silarskiemu za pomoc z aparaturą pomiarową i cenne wskazówki dotyczące wykonania pomiarów.
Panu Kamilowi Dulskiemu za udostępnienie i wytłumaczenie działania programu dopasowującego funkcję pozwalającą wyznaczenie czasu życia pozytonium.
Pani Ewelinie Kubicz za cenne informacje na temat związku metody PALS z diagnostyką nowotworową.

Literatura

- [1] E. Kubicz, B. Jasińska, B. Zgardzińska, T. Bednarski, P. Białas, E. Czerwiński, A. Gajos. *Studies of unicellular micro-organisms Saccharomyces cerevisiae by means of Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy*.
- [2] B. Jasińska, M. Gorgola, M. Wiertel. *Determination of the 3 gamma Fraction from Positron Annihilation in mesoporous materials for symmetry violation experiment with J-PET scanner*.