

*Rola trójosiowości w niezachowaniu  
liczby kwantowej  $K$  na przykładzie  
rozpadu  $K$ - izomeru w  $^{132}\text{Ce}$*

J. Perkowski, J. Andrzejewski, A. Król, J. Marganec, K. Sobczak  
*Uniwersytet Łódzki*

J. Kownacki, M. Kowalczyk, M. Kisieliński, J. Mierzejewski,  
J. Srebrny, M. Zielińska  
*ŚLCJ, UW*

Ch. Droste, T. Morek, E. Grodner,  
*Zakład Fizyki Jądra Atomowego, UW*

A. Korman  
*Instytut Problemów Jądrowych*

A.M. Bruce  
*School of Environment and Technology, Uniwersytet Brighton*

# Plan seminarium

---

## I. Spektrometr elektronów konwersji wewnętrznej

- 1) Charakterystyka spektrometru elektronów konwersji wewnętrznej
- 2) Konstrukcja
- 3) Detektory i przedwzmacniacze
- 4) Układ chłodzenia
- 5) OSIRIS II + spektrometr ICE

## II. Określenie multipolowości przejść elektromagnetycznych w $^{132}\text{Ce}$ metodą wyznaczania współczynników konwersji wewnętrznej

- 1) Motywacja fizyczna
- 2) Reakcja:  $^{16}\text{O} + ^{120}\text{Sn} \rightarrow ^{136}\text{Ce}^*$
- 3) Widma  $\gamma$  i elektronów konwersji wewnętrznej
- 4) Efektywność układu pomiarowego i sposób metoda analizy danych
- 5) Wyniki pomiaru multipolowości dla przejść radiacyjnych w  $^{132}\text{Ce}$

## III. Porównanie wyników eksperymentu z przewidywaniami modelu Dawydowa-Filipowa trójosiowego rotora

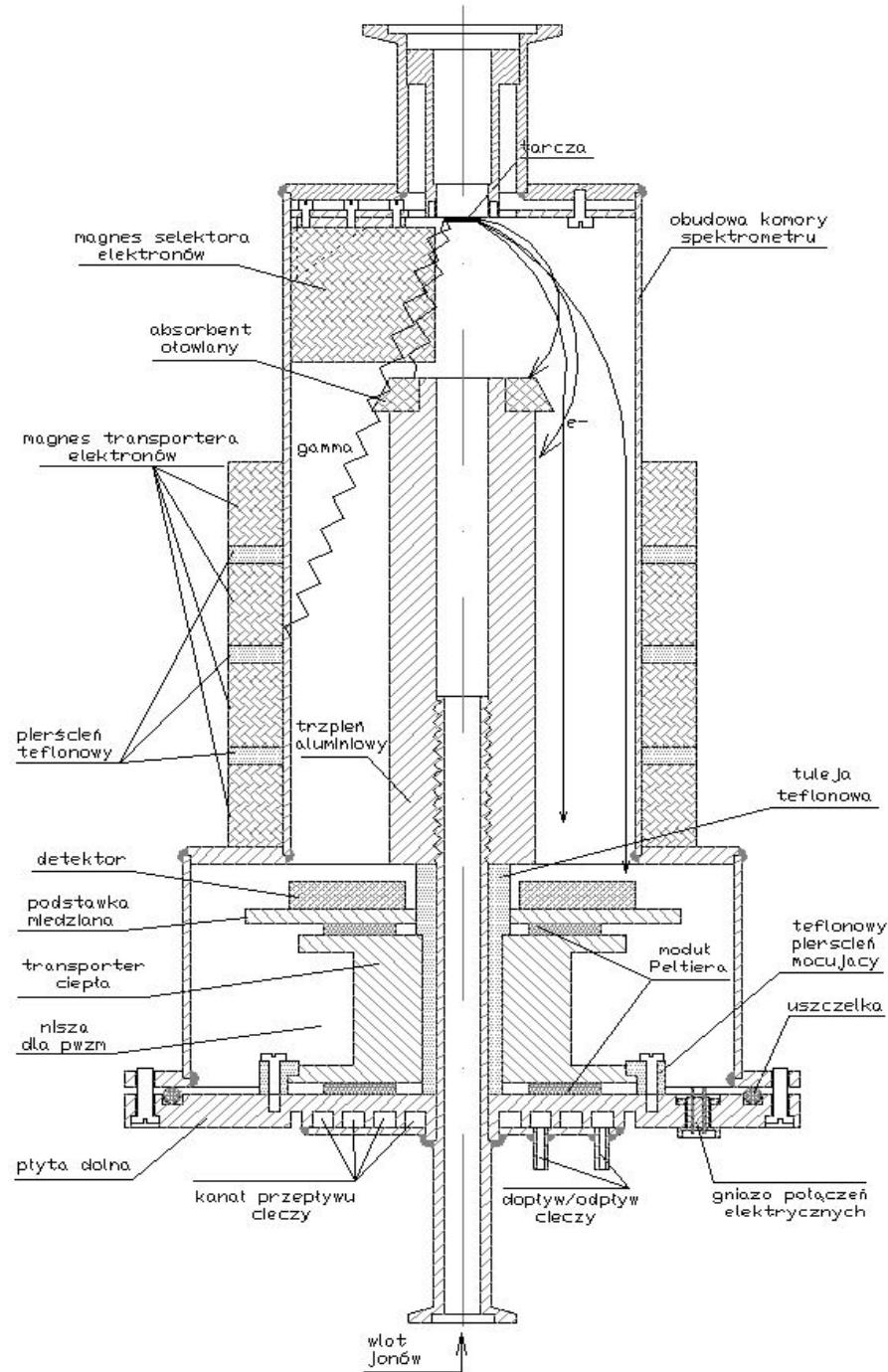
## IV. Podsumowanie i plany na przyszłość

# Spektrometr elektronów konwersji wewnętrznej

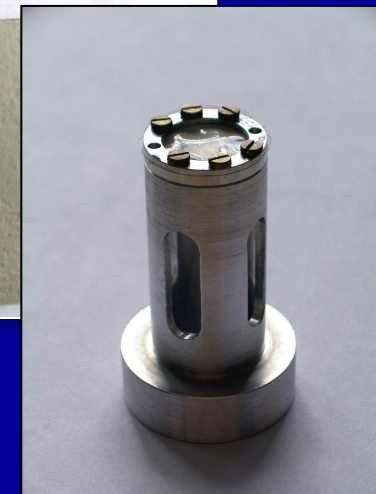
## Charakterystyka spektrometru elektronów konwersji wewnętrznej

- ❖ eliminacja pozytonów
- ❖ geometria „do tyłu” + selekcja magnetyczna pozwala zminimalizować liczbę elektronów delta docierających do detektorów, szczególnie uciążliwych w badaniach na wiązce jonów
- ❖ chłodzenie detektorów do temperatury  $\sim -20^{\circ}\text{C}$  oraz przedwzmacniaczy zapewnia istotną poprawę energetycznej rozdzielczości widma elektronów
- ❖ obniżenie tła od fotonów gamma docierających z tarczy do detektorów
- ❖ zastosowanie sześciu detektorów o powierzchni  $300\text{ mm}^2$  każdy, zamiast jednego w celu zmniejszenia przeciążenia poszczególnych detektorów

# Konstrukcja:



# Konstrukcja

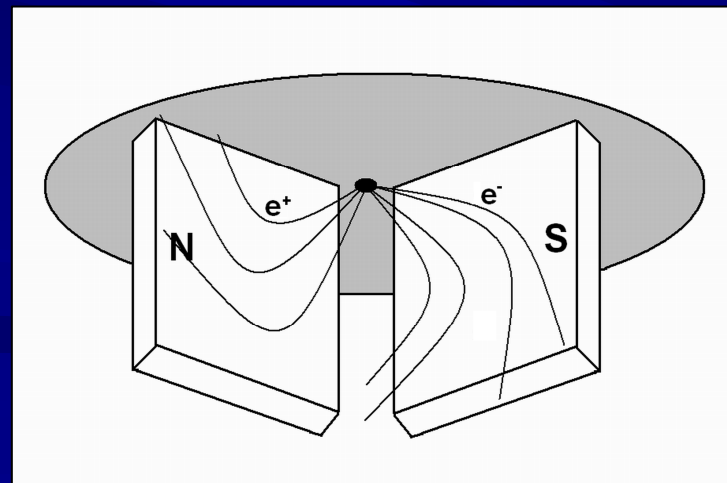
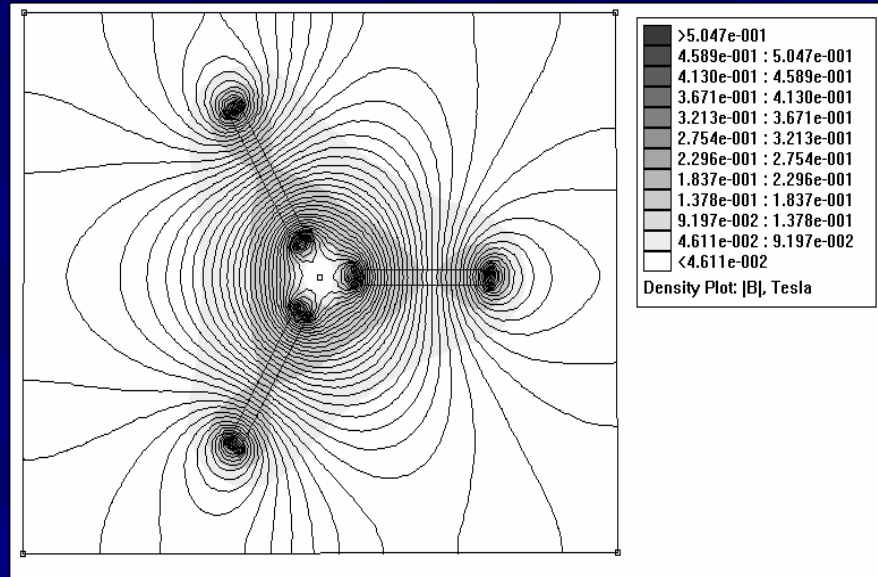


Warszawa, 5.11.2008

# Konstrukcja

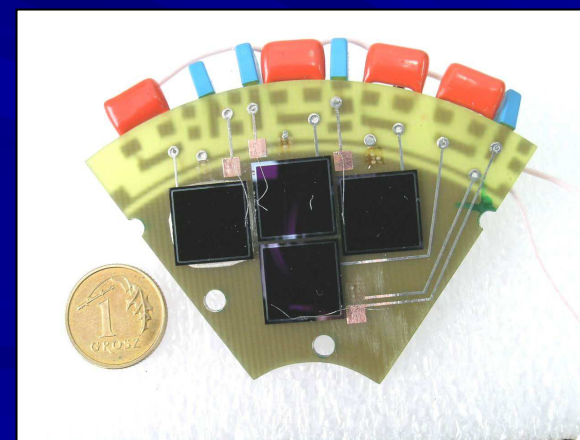
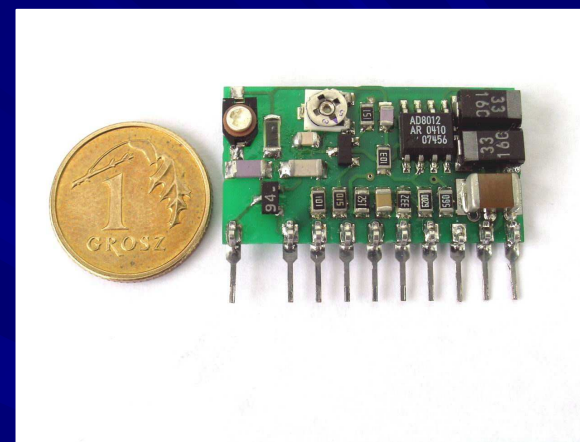


# Konstrukcja

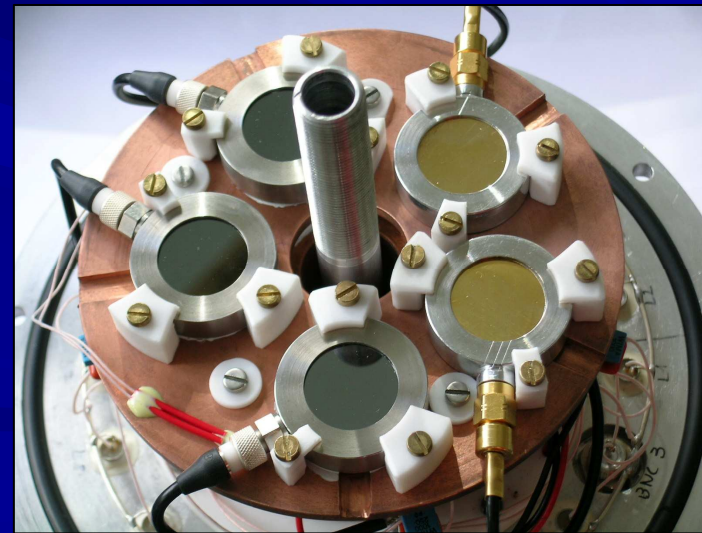
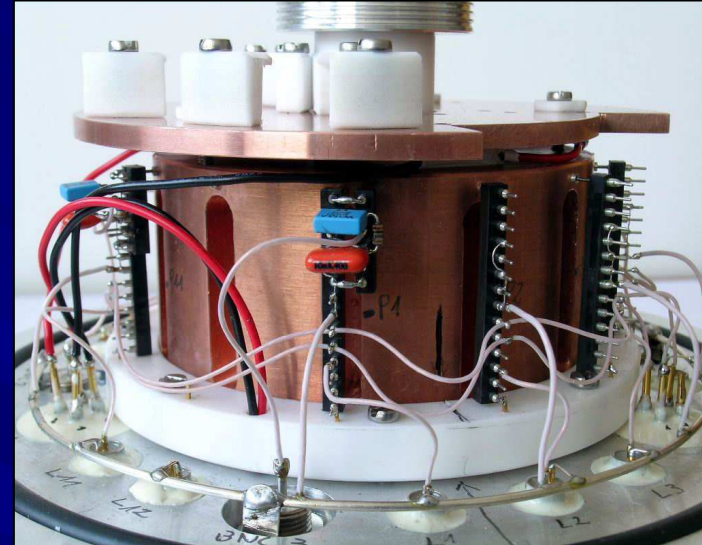
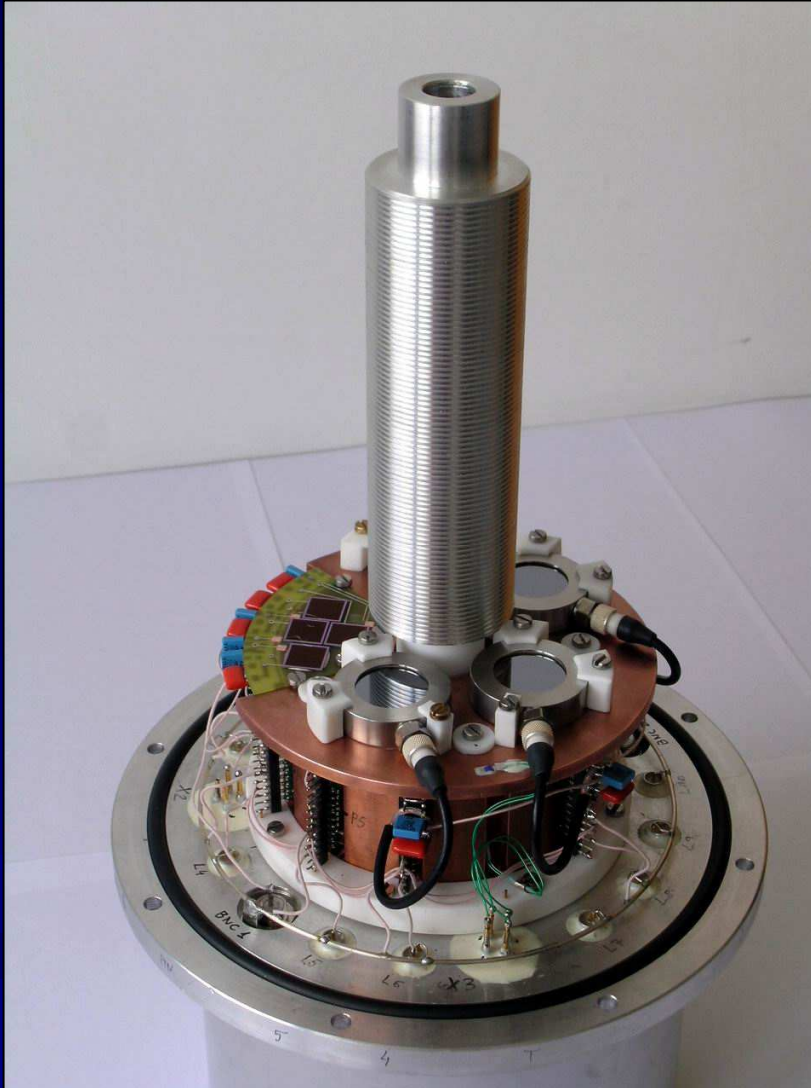




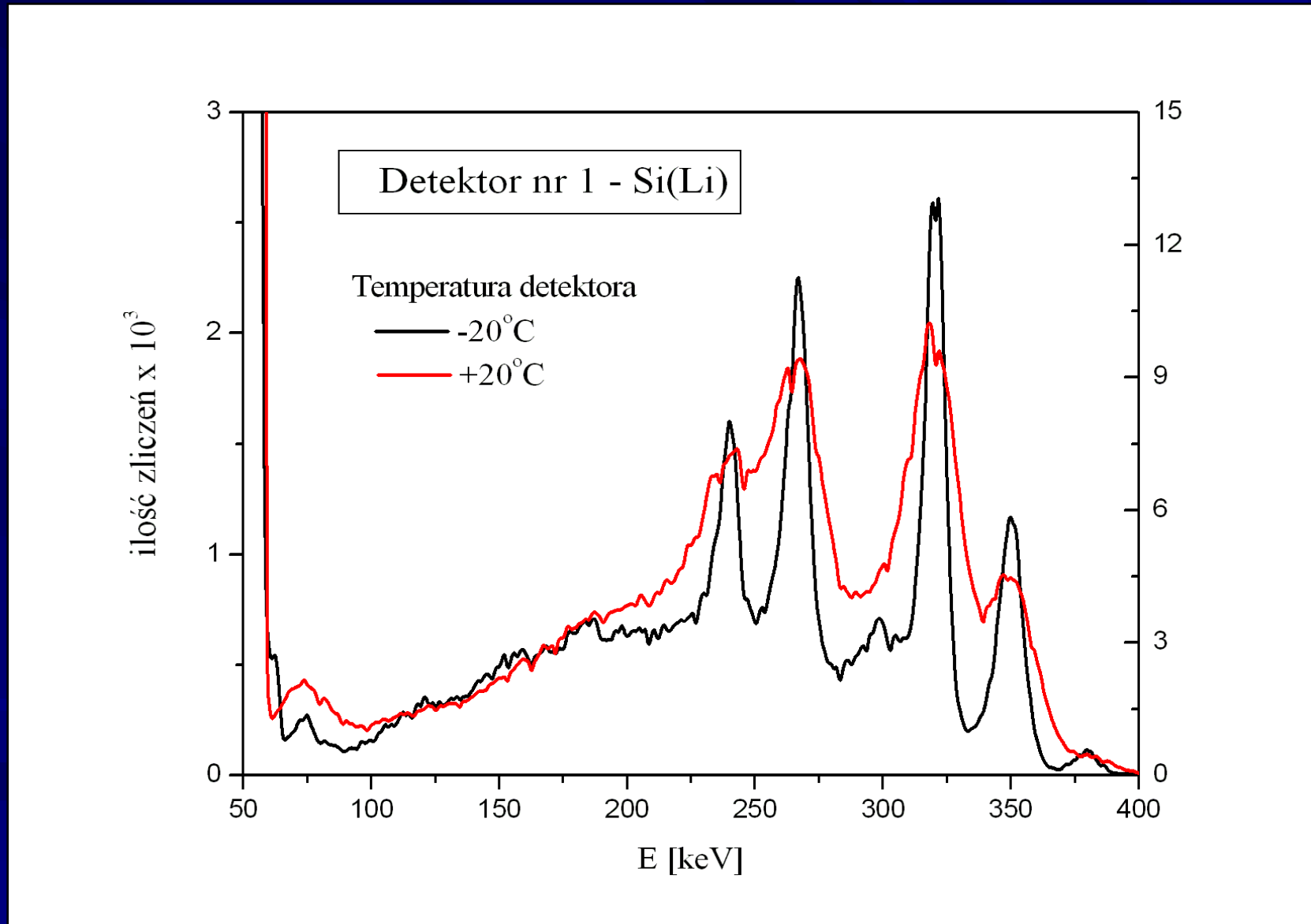
# Detektory i przedwzmacniacze



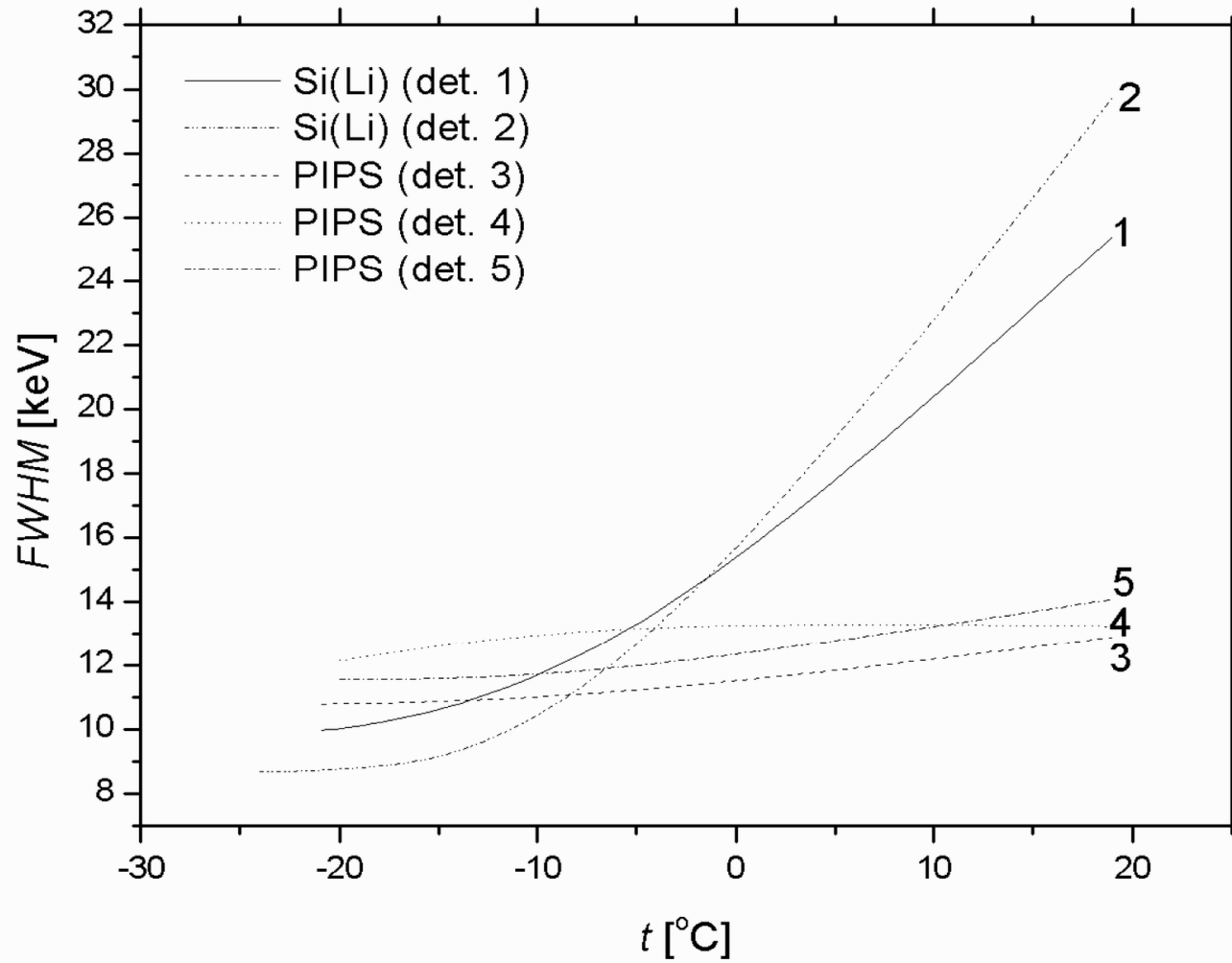
# Detektory i przedwzmacniacze



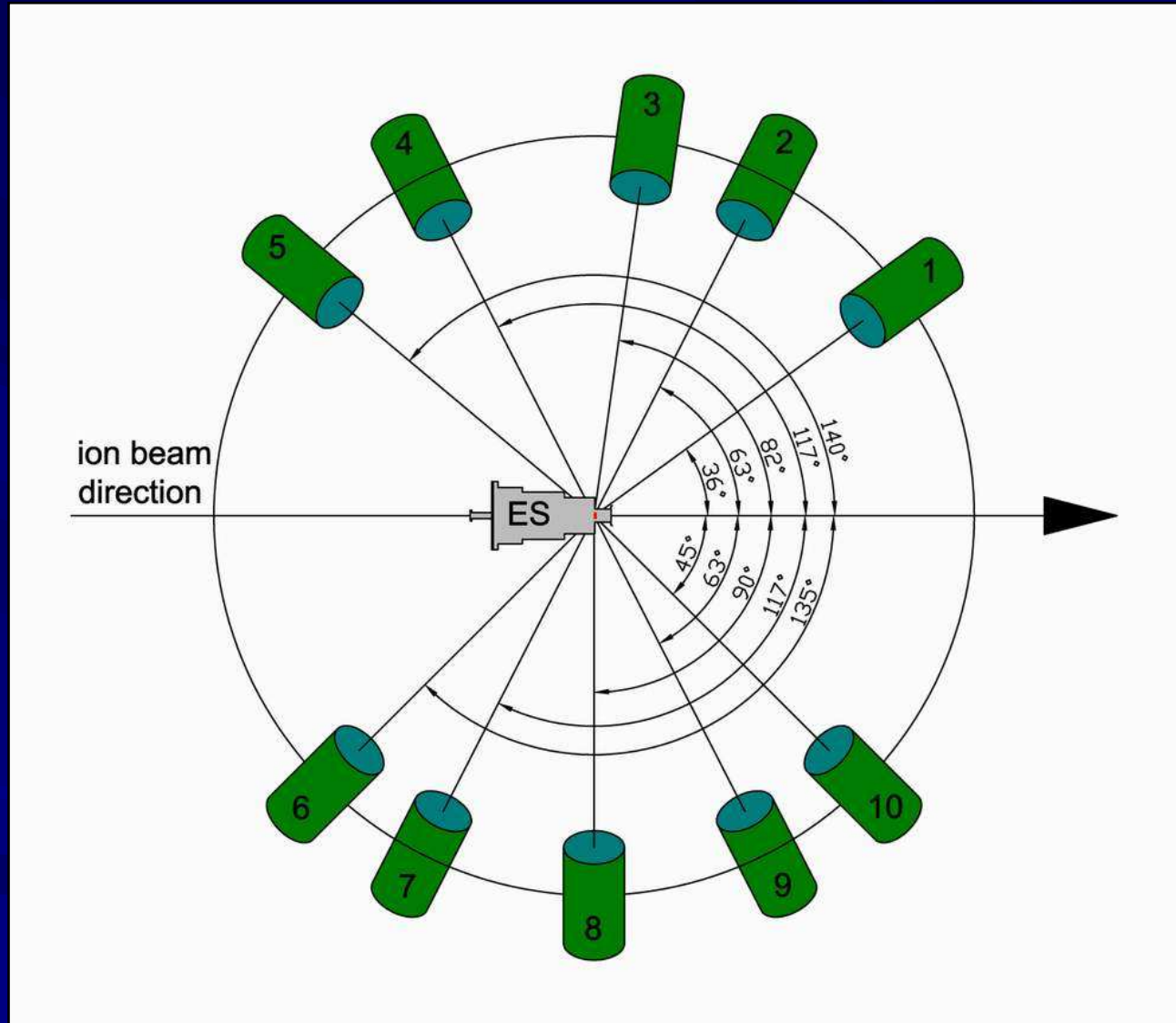
# Układ chłodzenia



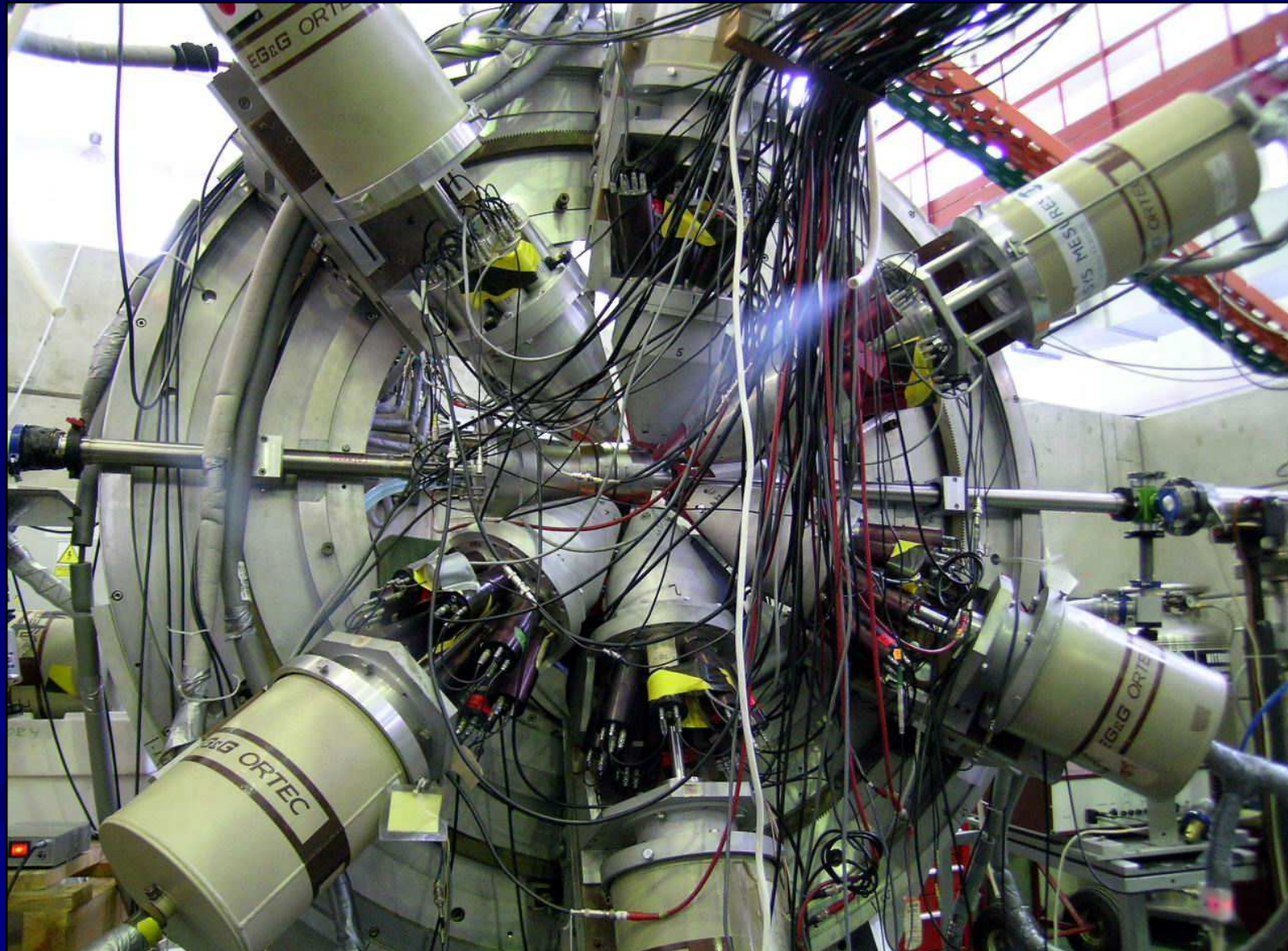
# Układ chłodzenia



# OSIRIS II + spektrometr ICE

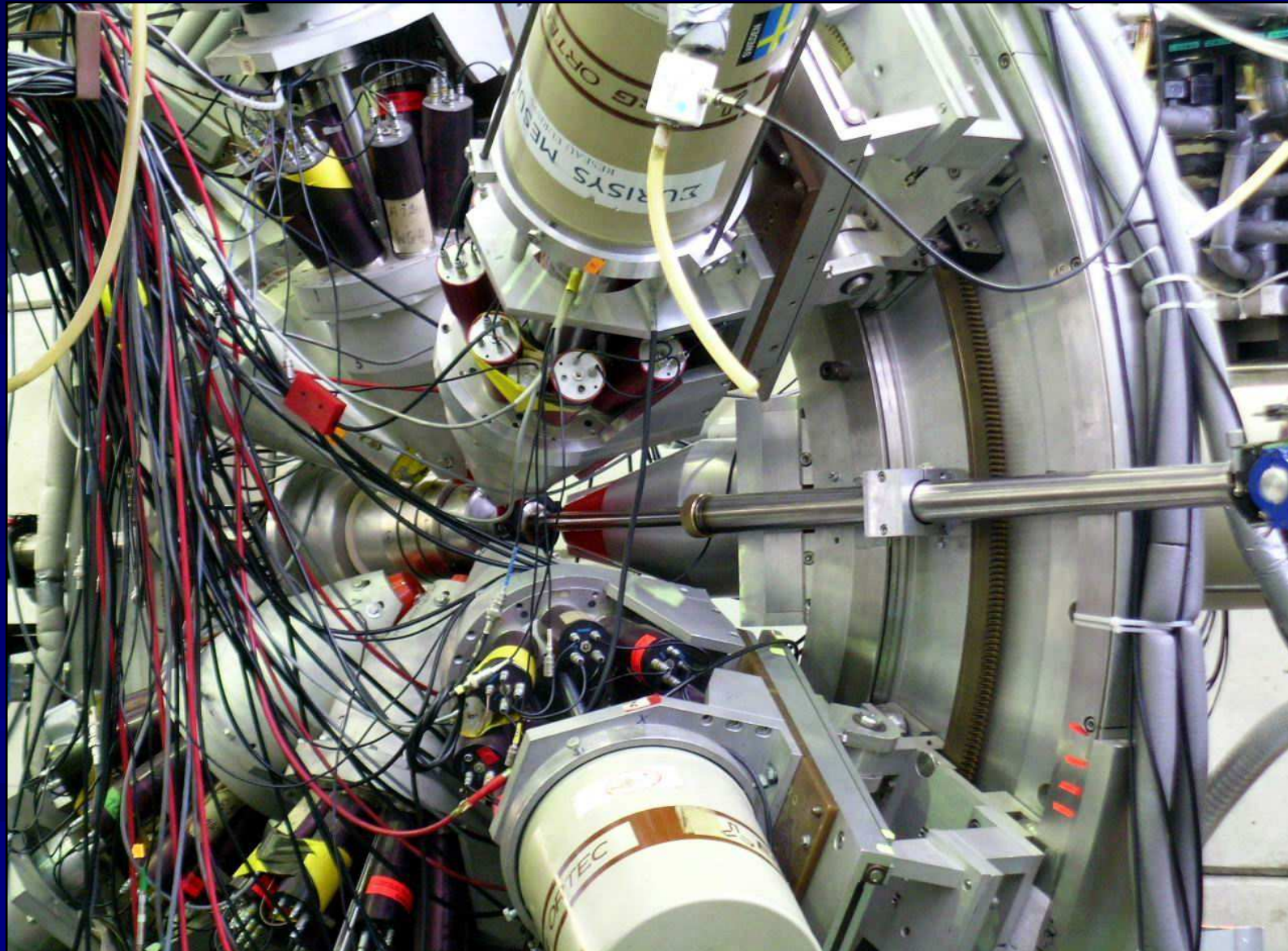


## OSIRIS II + spektrometr ICE



Warszawa, 5.11.2008

## OSIRIS II + spektrometr ICE



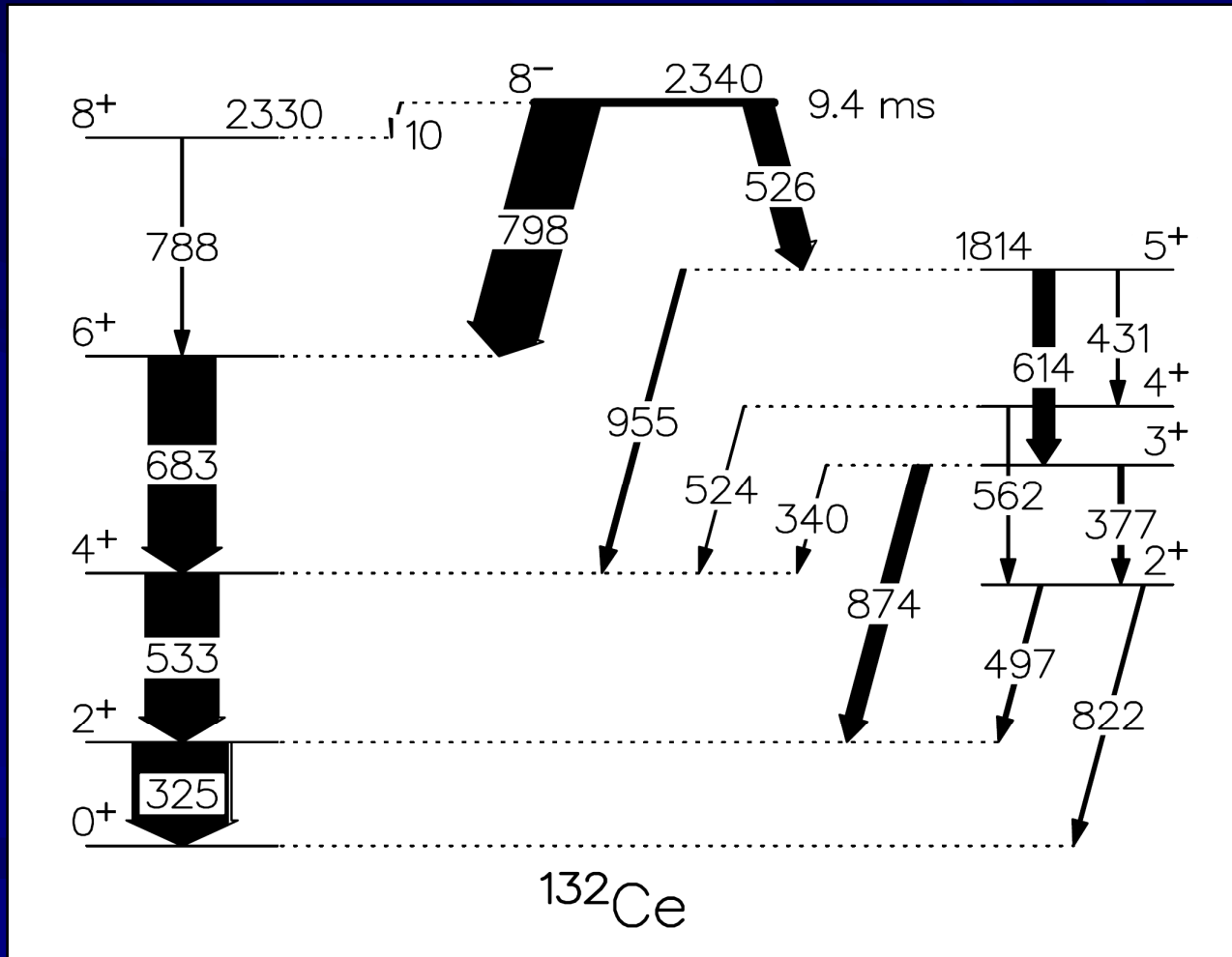
Warszawa, 5.11.2008

Określenie multipolowości przejść  
elektromagnetycznych w  $^{132}\text{Ce}$   
metodą wyznaczania współczynników  
konwersji wewnętrznej



# Motywacja fizyczna

## Schemat poziomów wzbudzenia badanego jądra:

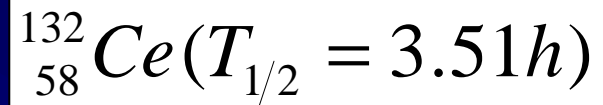


## Motywacja fizyczna

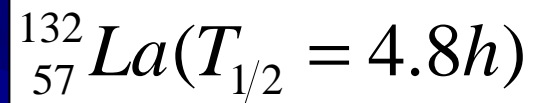
---

Badanie zachowania liczby kwantowej  $K$  dla przejść elektromagnetycznych na przykładzie jądra  $^{132}\text{Ce}$  pozwoli na:

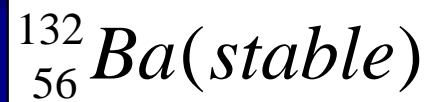
1. Wyznaczenie współczynników konwersji wewnętrznej dla przejść 798 i 526 keV pozwoli określić domieszkę składowej  $K=4$  do funkcji falowych stanów  $5(1)$  i  $6(1)$
2. Porównanie wyników doświadczalnych z przewidywaniami teoretycznymi (model trójosiowego rotora Dawydowa-Filipowa) pozwoli ocenić, czy trójosiowość może być przyczyną naruszenia zachowania liczby kwantowej  $K$



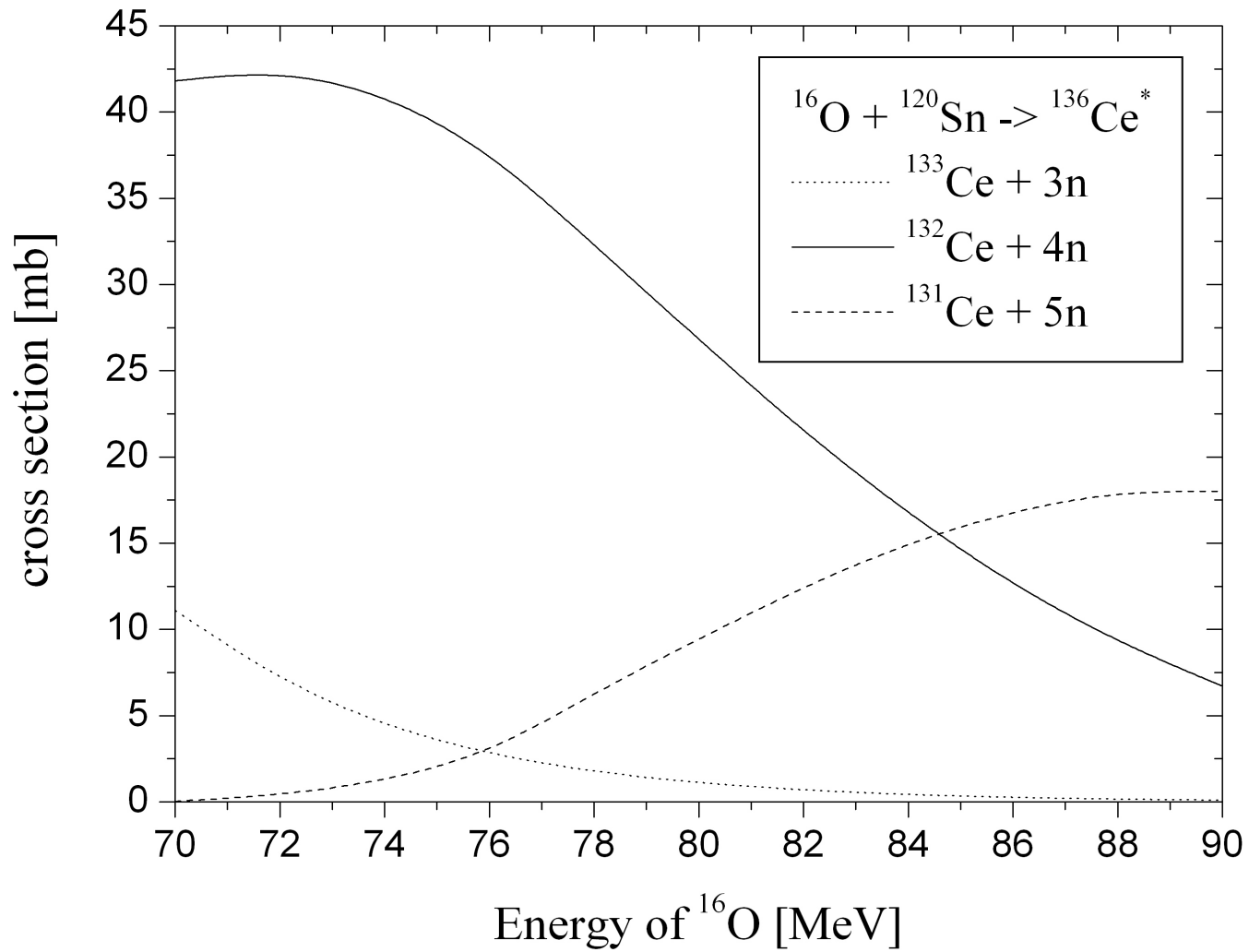
EC



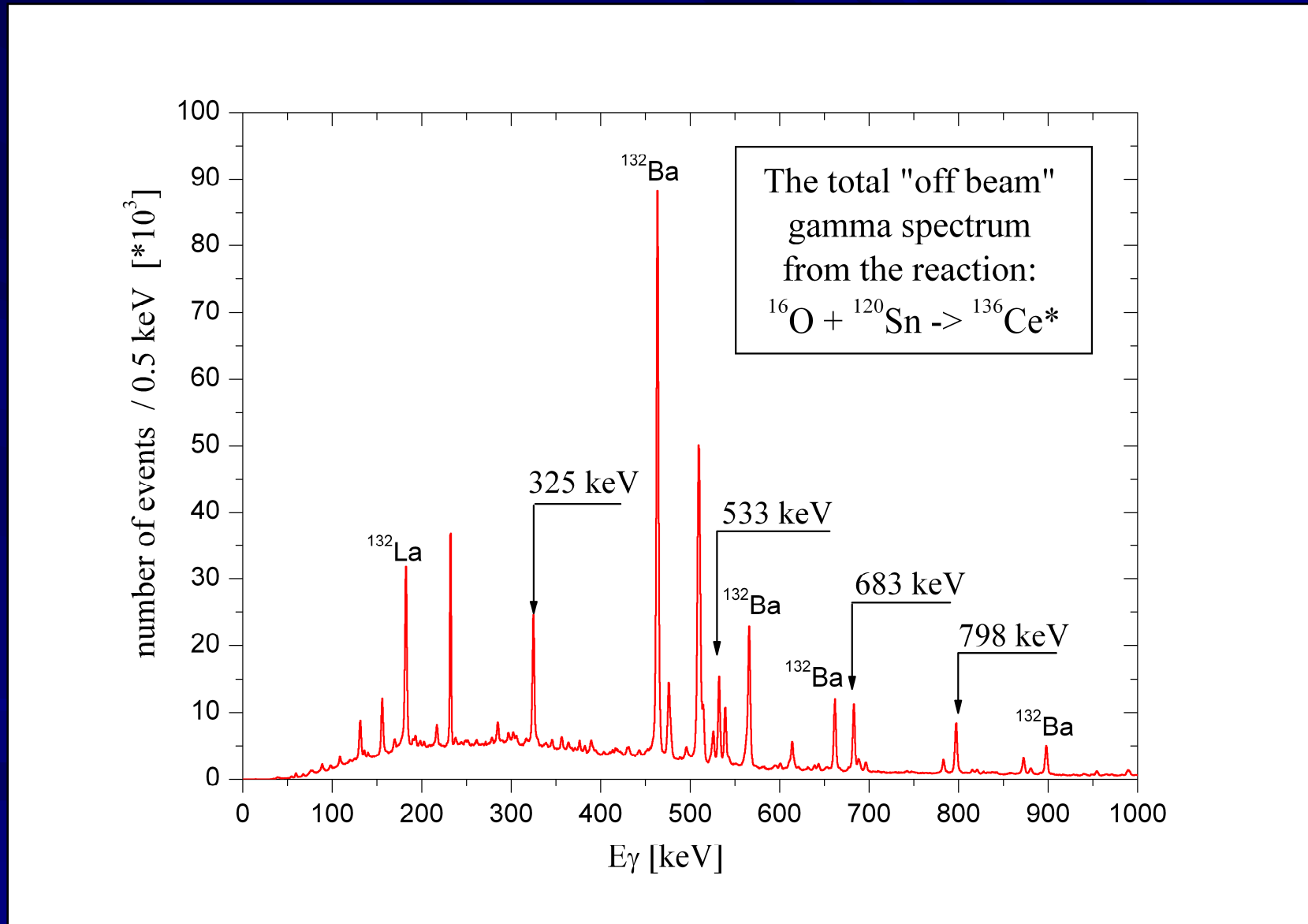
EC



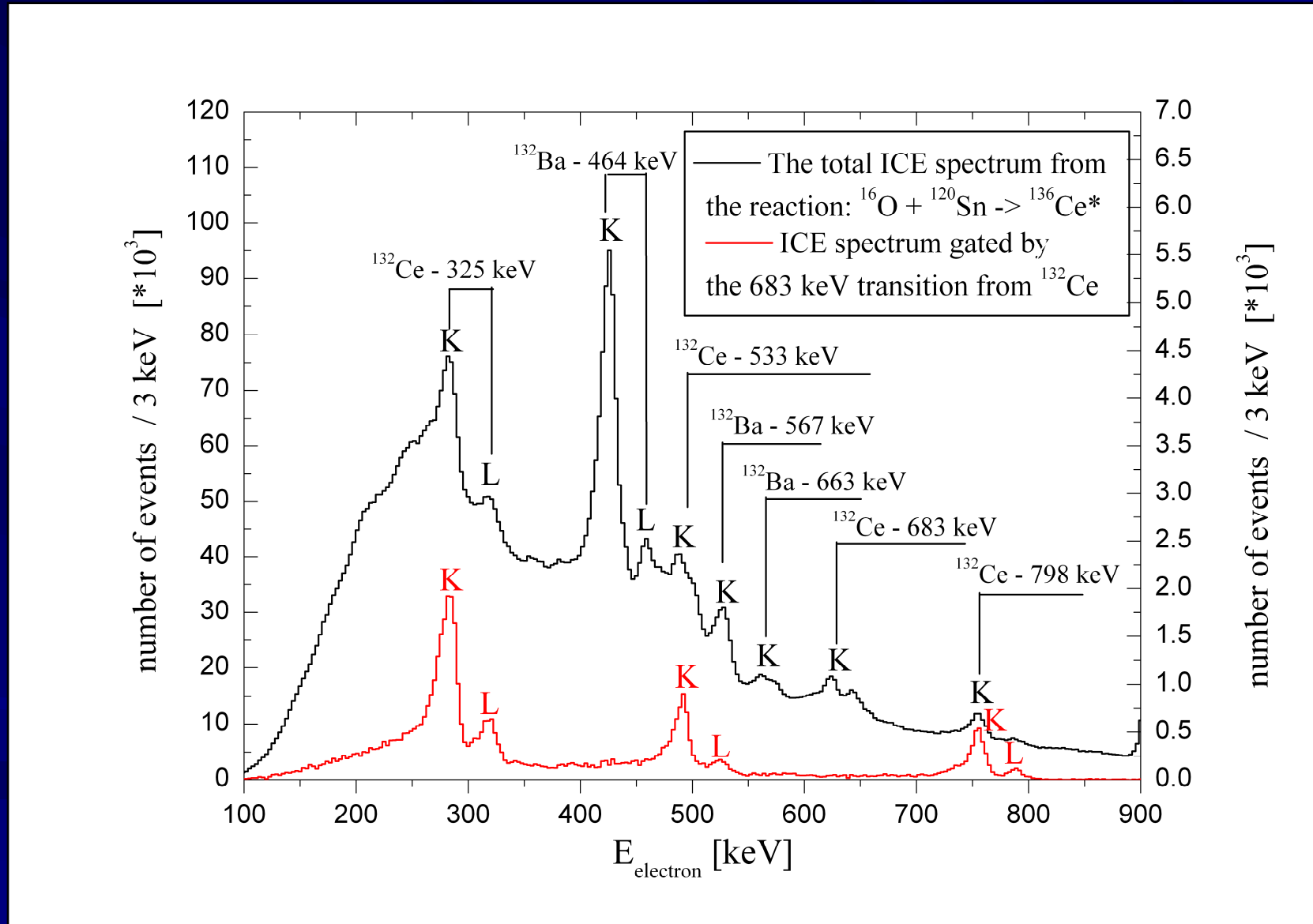
Reakcja:  $^{16}\text{O} + ^{120}\text{Sn} \rightarrow ^{136}\text{Ce}^*$



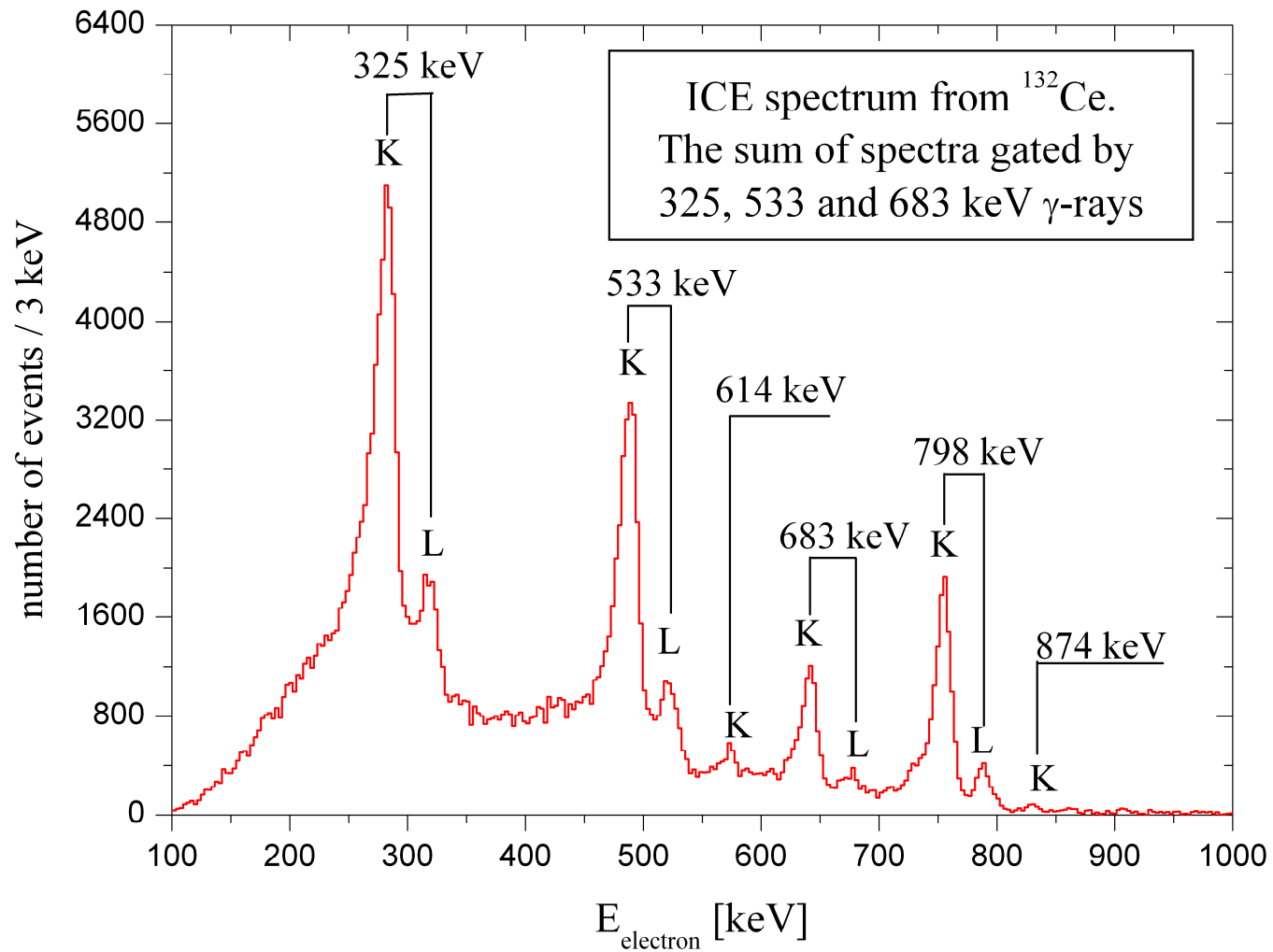
# Widma $\gamma$ i elektronów z reakcji: $^{16}\text{O} + ^{120}\text{Sn}$



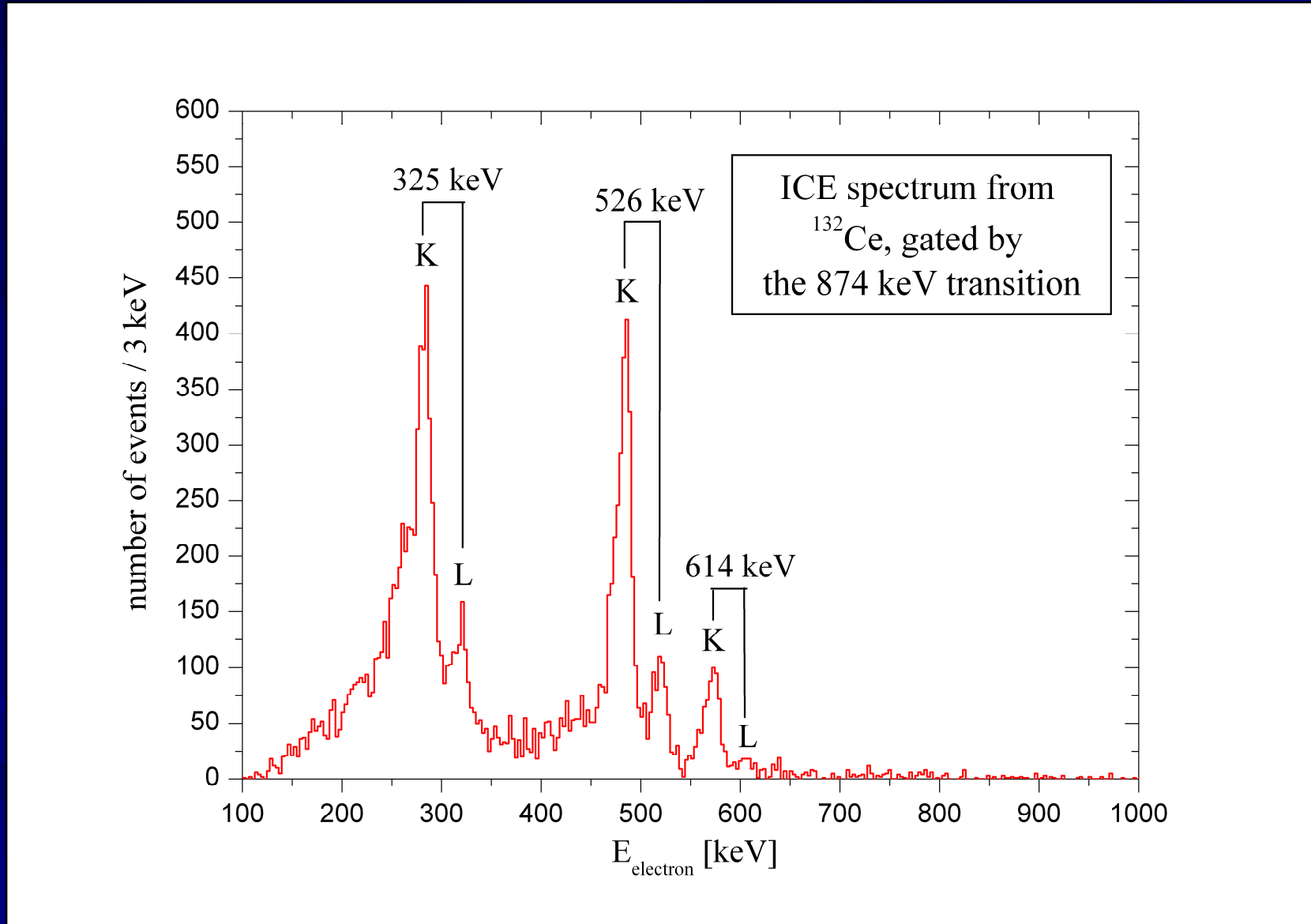
# Widma $\gamma$ i elektronów z reakcji: $^{16}\text{O} + ^{120}\text{Sn}$



# Widma $\gamma$ i elektronów z reakcji: $^{16}\text{O} + ^{120}\text{Sn}$

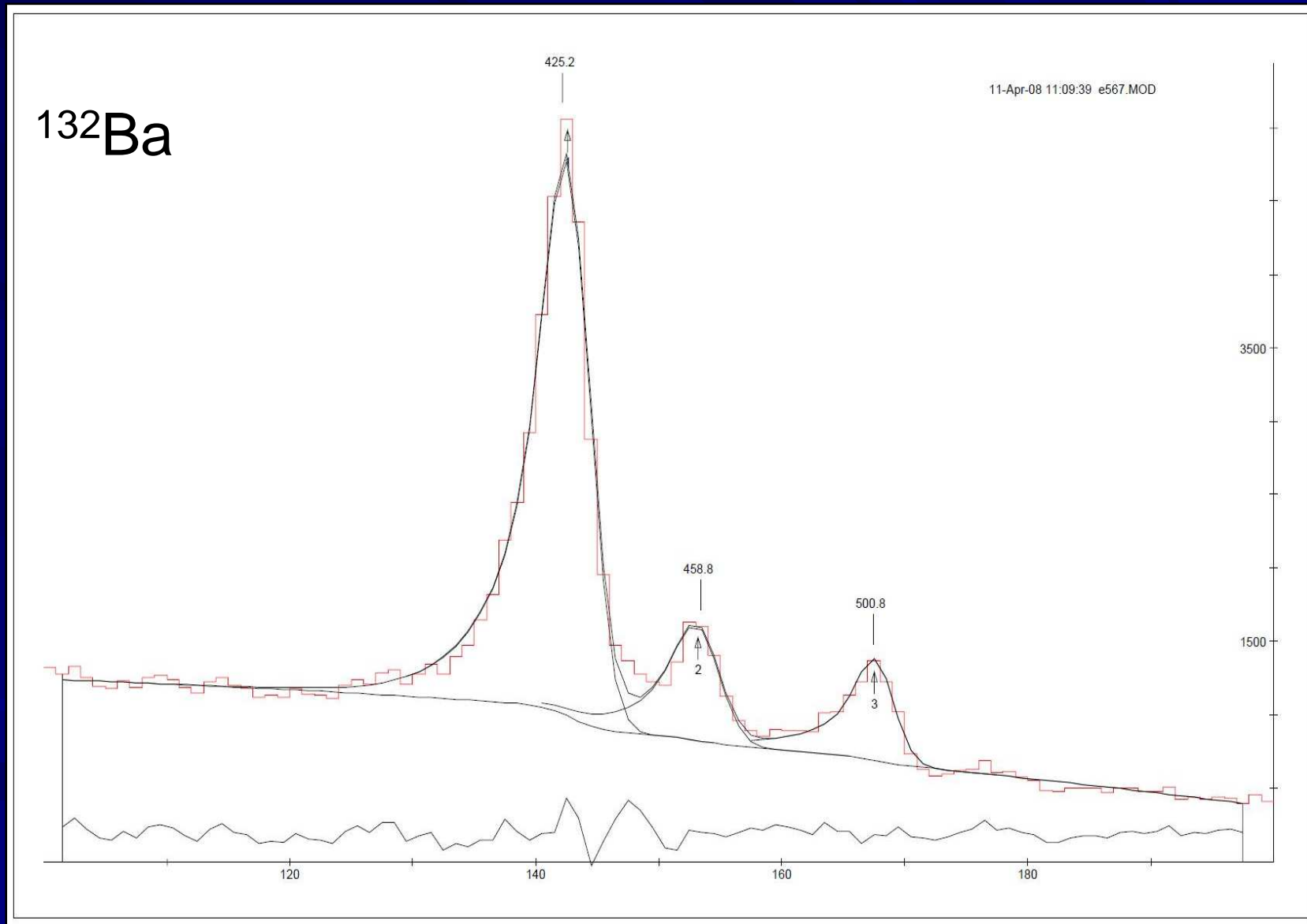


# Widma $\gamma$ i elektronów z reakcji: $^{16}\text{O} + ^{120}\text{Sn}$



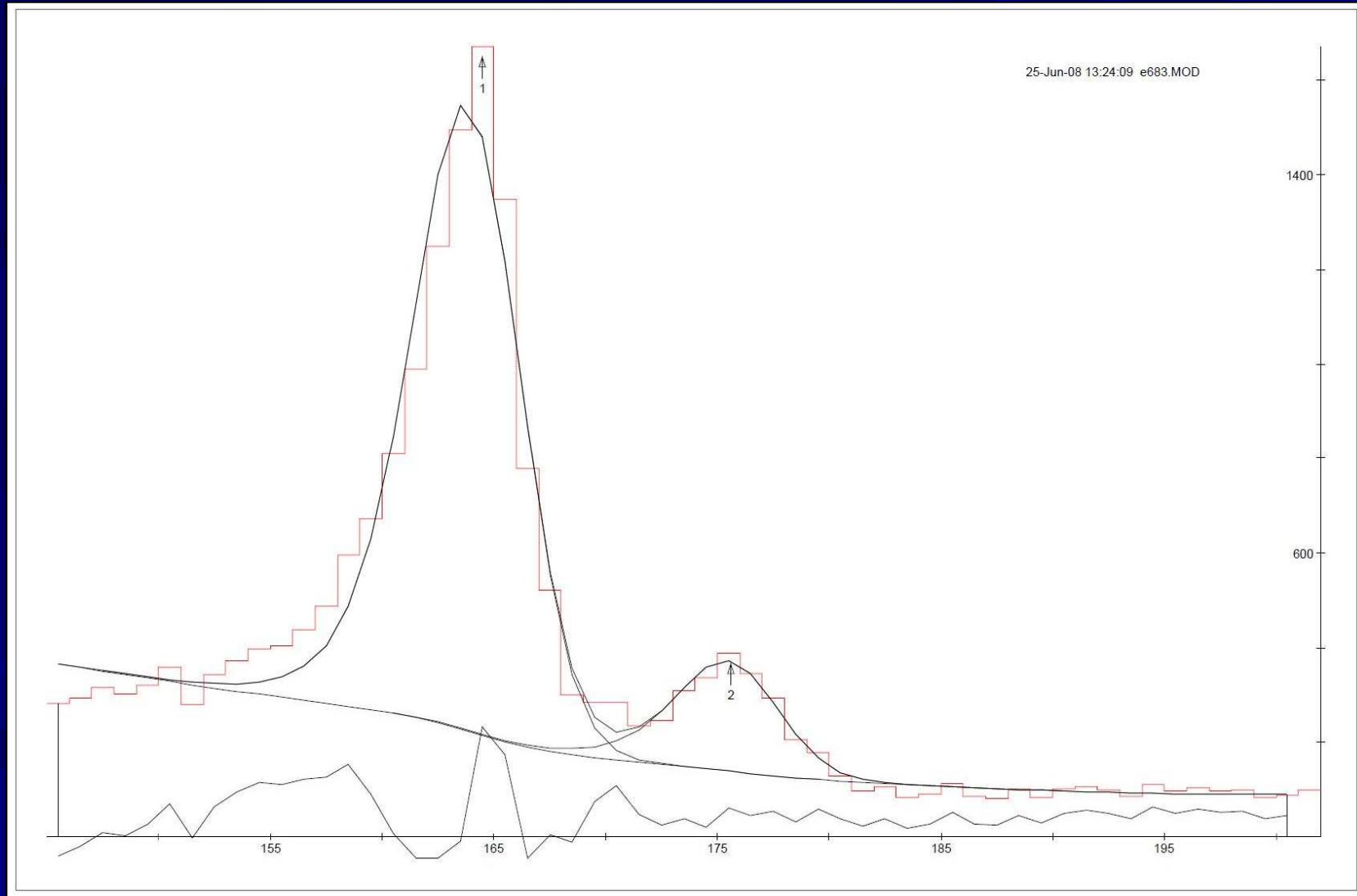


# Określenie aparaturowego kształtu linii dla widm elektronowych



# Sposoby fitowania linii „L” w widmach elektronowych

Linie K i L elektronów konwersji wewnętrznej pochodzące z przejścia 533 keV z  $^{132}\text{Ce}$



## Metoda wyznaczania współczynników konwersji wewnętrznej

Wartości współczynników konwersji wewnętrznej zostały wyznaczone na podstawie wyrażenia wynikającego wprost z definicji współczynnika konwersji:

$$\alpha = \frac{N_e}{N_\gamma} \cdot \frac{\varepsilon_\gamma}{\varepsilon_e}$$

gdzie:

$N_e$  i  $N_\gamma$  – liczba elektronów dla danego przejścia i odpowiadających im kwantów  $\gamma$ , bramkowanych tą samą linią/liniami gamma

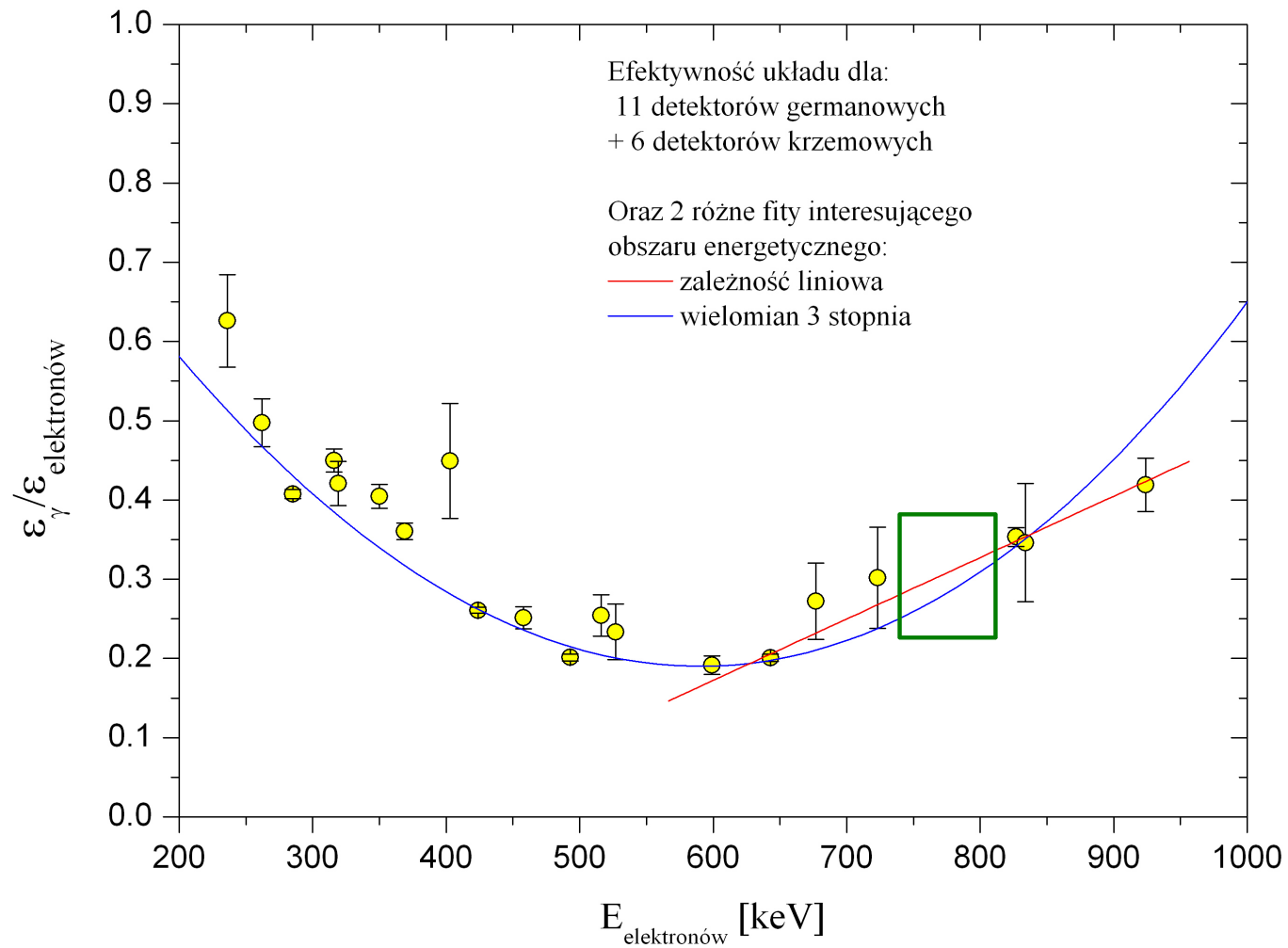
$\varepsilon_e$ ,  $\varepsilon_\gamma$  – efektywność rejestracji elektronów i kwantów  $\gamma$  za pomocą połączonego układu OSIRIS II i Spektrometru elektronów konwersji

## Efektywność układu OSIRIS II + spektrometr elektronów konwersji

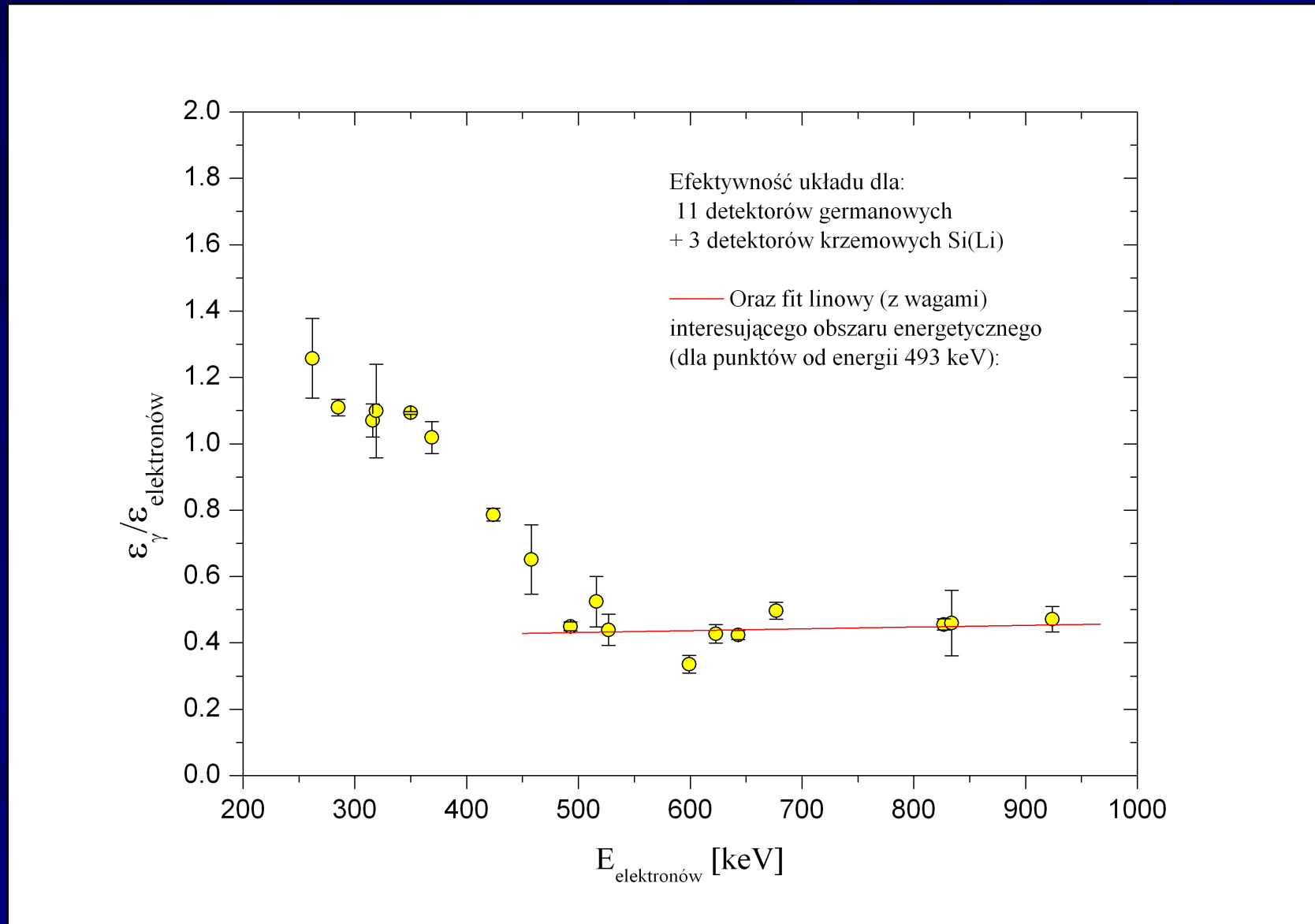
Przejścia na podstawie których wyznaczono efektywność:

Izotop	Energia przejścia [keV]	Linie elektronów konwersji wykorzystanych do kalibracji
$^{132}\text{Ce}$	325	K i L
	533	K i L
	683	K i L
	874	K
$^{132}\text{Ba}$	464	K i L
	663	K
$^{134}\text{Ce}$	409	K i L
	556	K
	639	K
	763	K
$^{152}\text{Eu}$	244	K i L
	867	K
	964	K
$^{133}\text{Ba}$	276	K
	302	K
	356	K i L

# Efektywność układu OSIRIS II + spektrometr elektronów konwersji

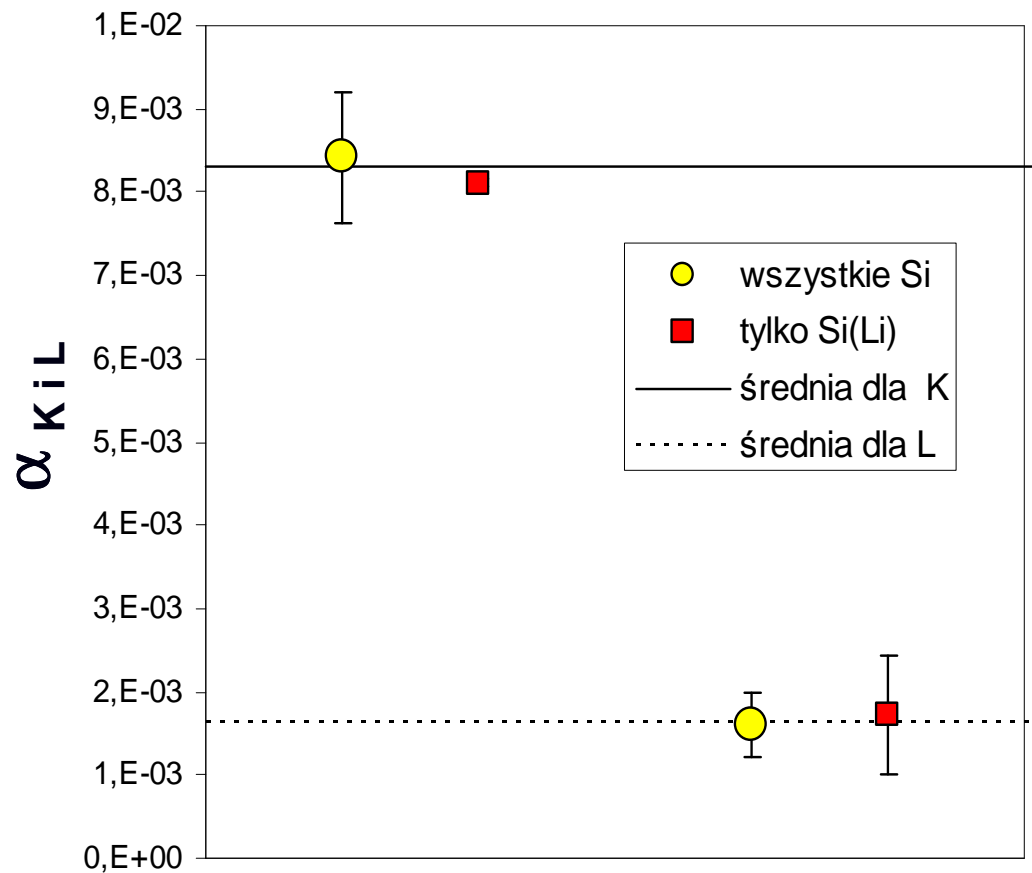


# Efektywność układu OSIRIS II + spektrometr elektronów konwersji



# Wyniki pomiaru multipolowości dla przejścia 798 keV w $^{132}\text{Ce}$

Wartości współczynników konwersji dla przejścia 798 keV w Ce-132



## Wyniki pomiaru multipolowości dla przejścia 798 keV

### Wartości doświadczalne

	$\alpha$	$\Delta\alpha$	$\Delta\alpha$ [%]
$\alpha_K$	0.0083	0.0006	8
$\alpha_{L+M}$	0.0016	0.0004	23
K/L	5.2	1.3	26

### Wartości teoretyczne

multipolowość	$\alpha$	K/L
E3(K)	0.006036	4.51
E3(L+M)	0.001338	
M2(K)	0.0126	6.36
M2(L+M)	0.00198	

Obliczone współczynniki mieszania na podstawie wartości doświadczalnych i teoretycznych współczynników konwersji dla multipolowości E3 i M2

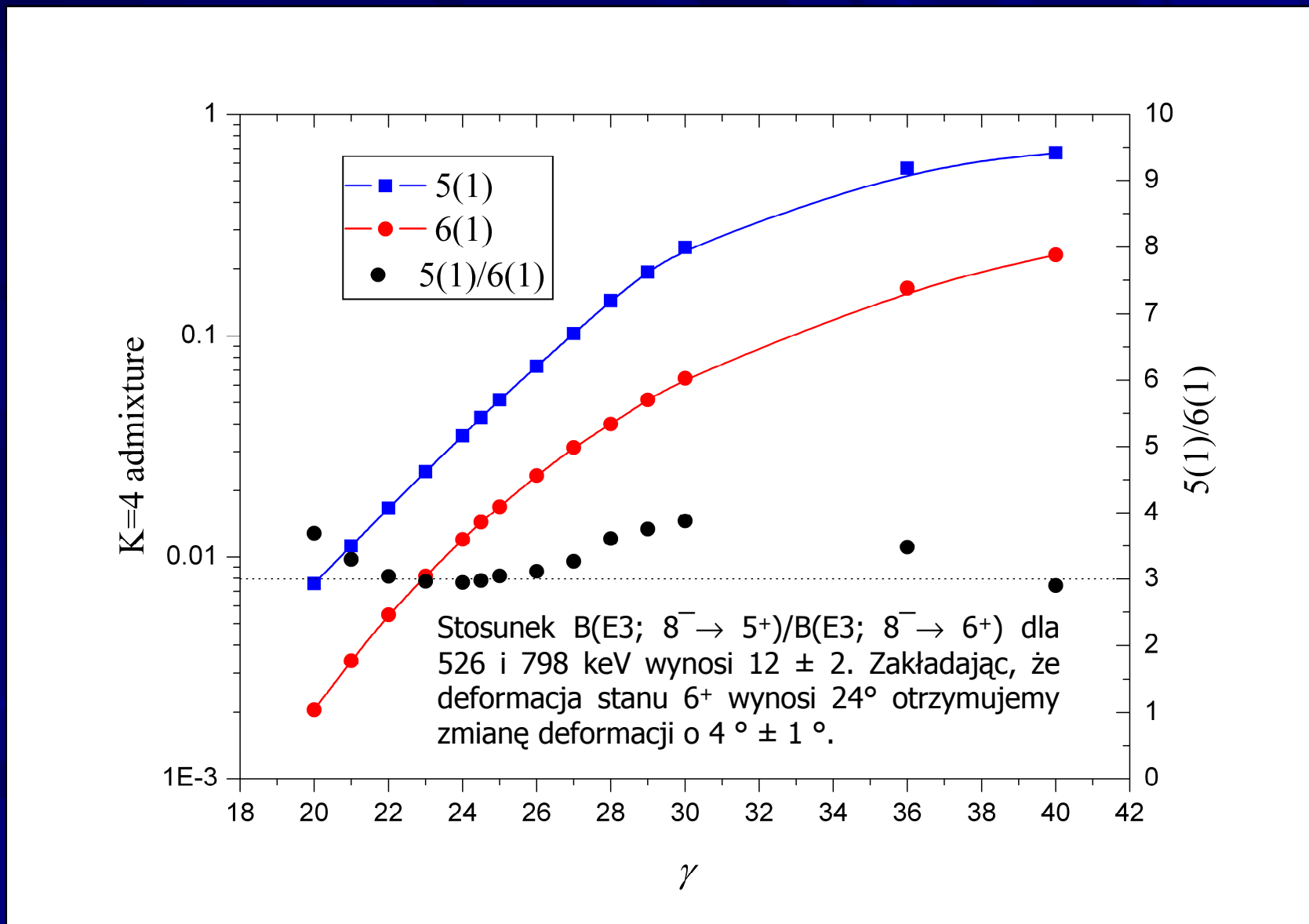
	Udział E3 [%]	$\Delta E3$ [%]
K	65	10
L+M	54	59
K/L	69	67
<b>Średnia ważona</b>	<b>65</b>	<b>9</b>



## Wyniki pomiaru multipolowości dla przejścia 526 keV

Wartości teoretyczne dla multipolowości E3:		Wartości doświadczalne współczynników konwersji wewnętrznej dla przejścia 526 keV			
		Wartości dla linii:	$\alpha$	$\Delta\alpha$	$\Delta\alpha$ [%]
K	0.0198	K	0.0198	0.0008	4
L + M	0.00535	L + M	0.0051	0.0005	9

# Porównanie wyników eksperymentu z przewidywaniami modelu Dawydowa-Filipowa trójosiowego rotora



## Podsumowanie

1. Konstrukcja spektrometru pozwala na redukcje w znaczący sposób elektronów „delta”, pozytonów oraz tła pochodzącego od kwantów X i  $\gamma$ , co umożliwia spektrometrię elektronów konwersji wewnętrznej nie tylko poza, ale również w trakcie trwania impulsu wiązki
2. Zbudowany spektrometr może być wykorzystany w układzie OSIRIS II oraz w przyszłości w EAGLE, umożliwiając tym samym jednoczesny pomiar koincydencyjny e- $\gamma$
3. W czasie eksperymentu badającego jądro  $^{132}\text{Ce}$  prowadzonego metodą „off-beam”, zostały zmierzone widma elektronów konwersji wewnętrznej dla większości przejść  $\gamma$  rozładowujących izomer  $K^\pi = 8^-$
4. Wyznaczono między innymi współczynniki konwersji dla przejść 526 i 798 keV

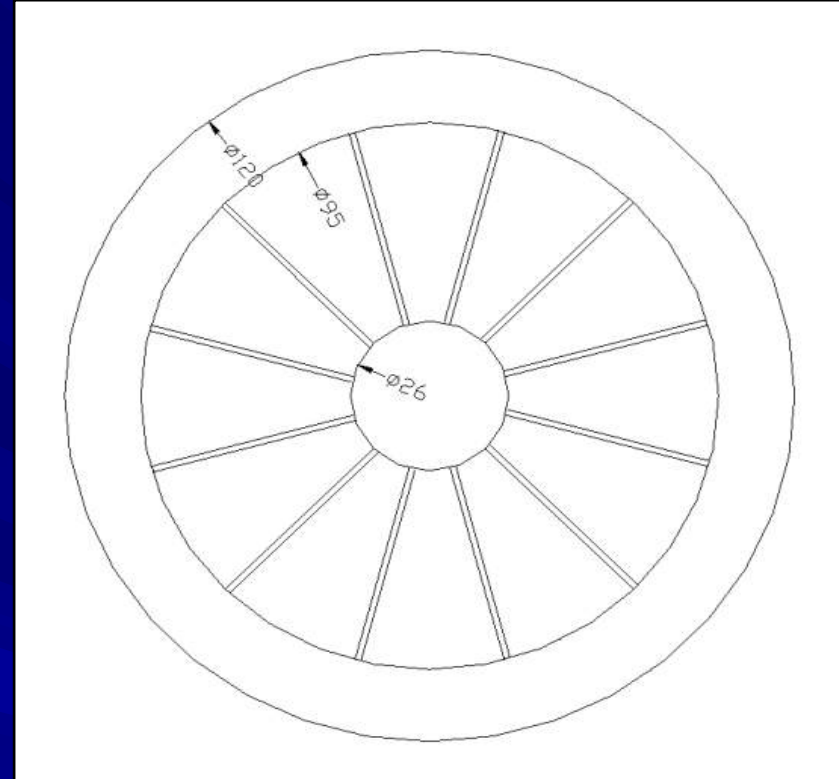
## Podsumowanie

5. Na podstawie porównania doświadczalnych współczynników konwersji z przewidywaniami teoretycznymi na bazie tablic I.M. Band i S. Raman określono, że przejście 526 keV to czyste E3, natomiast 798 keV to przejście zmieszane E3 z M2 ( $65 \pm 9\%$  to E3)
6. Wykorzystując model Davydov-Filippova trójosiowego rotora eksperymentalnie wyznaczony stosunek zredukowanych prawdopodobieństw  $B(E3; 8^- \rightarrow 5^+)/B(E3; 8^- \rightarrow 6^+)$  dla przejść 798 i 526 keV wynoszący  $12 \pm 2$ , może wskazywać, że deformacja  $\gamma$  stanu  $5^+$  jest większa o około  $4^\circ \pm 1^\circ$  niż poziomowi  $6^+$
7. Nasze pomiary wskazują, że stosunek  $B(E3)$  dla przejść rozładowujących K-izomery może zostać wykorzystany do precyzyjnego określenia deformacji  $\gamma$

## Plany na przyszłość

W celu zwiększenia efektywności spektrometru :

- ❖ wykonać serię symulacji 3D możliwych do zastosowania pól magnetycznych za pomocą programu „Opera”
- ❖ zastąpić używane obecnie standardowe detektory mozaiką składającą się z 12 części, przedstawioną schematycznie na rysunku obok, o grubości około 2 mm
- ❖ połączenie spektrometru elektronów konwersji z wielo-detektorowym układem HPGe „EAGLE”





Dr Julian Srebrny  
Heavy Ion Laboratory  
University of Warsaw  
Ul. Pasteura 5A  
02-093 Warszawa  
Poland

Prof. Rolf-Dietmar Herzberg  
Department of Physics

Oliver Lodge Laboratory  
Oxford Street  
University of Liverpool  
Liverpool L69 7ZE  
UK

Tel: (+44) (0)151 794 3382  
Fax: (+44) (0)151 794 3348  
Web <http://ns.ph.liv.ac.uk/~rdh/>

Liverpool, 16 October 2008

Re: Your request for resources for the EAGLE array

Dear Julian,

At the recent EGP Owner's Committee (EOC) meeting held in Cologne on October 13<sup>th</sup> 2008 your application to use Gammapool detectors in EAGLE from 1<sup>st</sup> July 2010 was discussed. This request was considered together with the competing bid for detectors for the ORGAM array. The committee appreciates the physics case put forward and sees especially the coupling of EAGLE to the ICC spectrometer as an interesting opportunity for nuclear physics.

We therefore offer the following solution for the EAGLE campaign:

The request to use 20 Phase I detectors and 15 ACS is accepted for one year only from 1<sup>st</sup> July 2010 to 30<sup>th</sup> June 2011. At this stage we anticipate a follow-on bid from the ORGAM campaign to continue running and we encourage you to work closely with the campaign manager of ORGAM, David Verney, to ensure a smooth transition. We will continue to tension incoming bids against each other if necessary but would really prefer if the campaigns would come to a mutually acceptable compromise before bidding for resources beyond the end of this period.

We will need to sign an MoU between you and the EOC that details the agreement (a sample is available from our webpage and attached for your convenience), but there is one concern that we would like to see addressed before committing a large number of detectors and that is that of detector maintenance. It will be imperative that appropriately trained technicians and a detector laboratory are on hand locally that can do basic maintenance and support on the Ge detectors. Training can be arranged through EURISYS, who have trained support personnel in other laboratories before.

We hope that in this way we can realise the largest spread of possible physics cases.

Yours sincerely

Rolf-Dietmar Herzberg  
Chairman EOC

Email [R.Herzberg@Liverpool.ac.uk](mailto:R.Herzberg@Liverpool.ac.uk)