



# Symulacje konfiguracji gwiazdy w detektorze BINA

A. Szadziński

Institute of Physics, University of Silesia, Chorzów, Poland  
for the BINA Collaboration

UNIVERSITY OF SILESIA  
IN KATOWICE

## 1. Wstęp

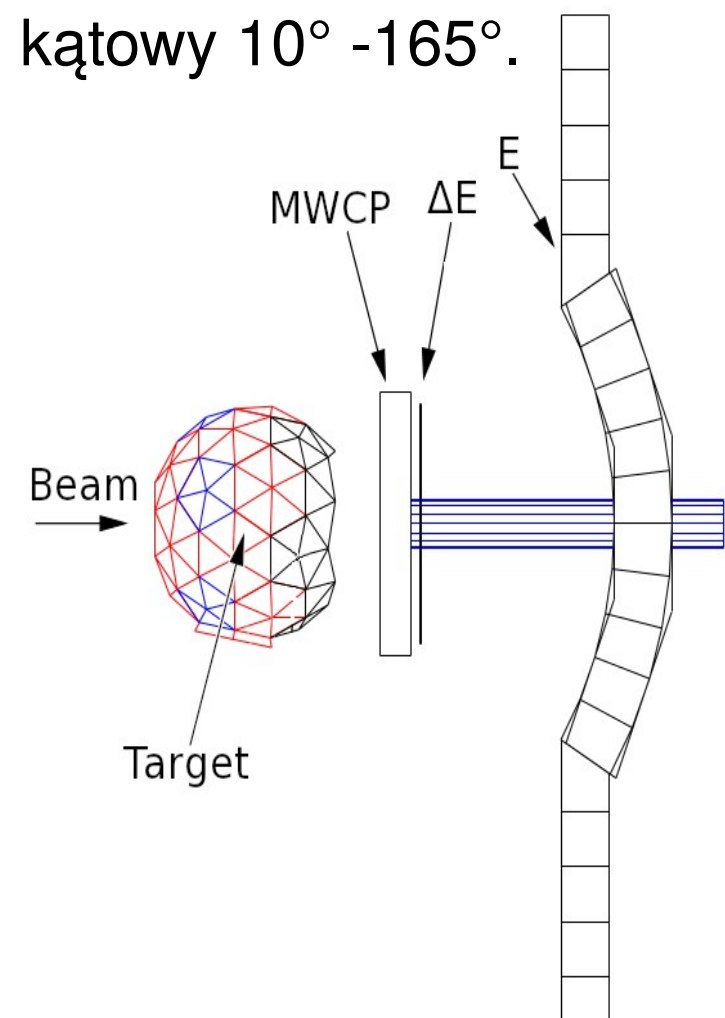
Anomalia gwiazdy przestrzennej (Space Star Anomaly) jest jednym z najbardziej intrygujących, wciąż nierozwiązanych problemów w fizyce układów kilkunukleonowych, dla której obserwuje się znaczące rozbieżności między przewidywaniami teoretycznymi a danymi eksperymentalnymi [1,2]. Przeprowadzone do tej pory badania skupiały się na niskich energiach, dlatego ważne jest wykonanie dodatkowych doświadczeń w zakresach pośrednich energii, powiększając zakres dostępnych danych eksperymentalnych.

Jednym z układów wykorzystywanych do badań układów trójciałowych jest detektor BINA znajdujący się w Centrum Cyklotronowym w Bronowicach (CCB), dlatego stworzona została dedykowana symulacja w celu określenia zdolności tego detektora do rejestracji zdarzeń w konfiguracji gwiazdy.

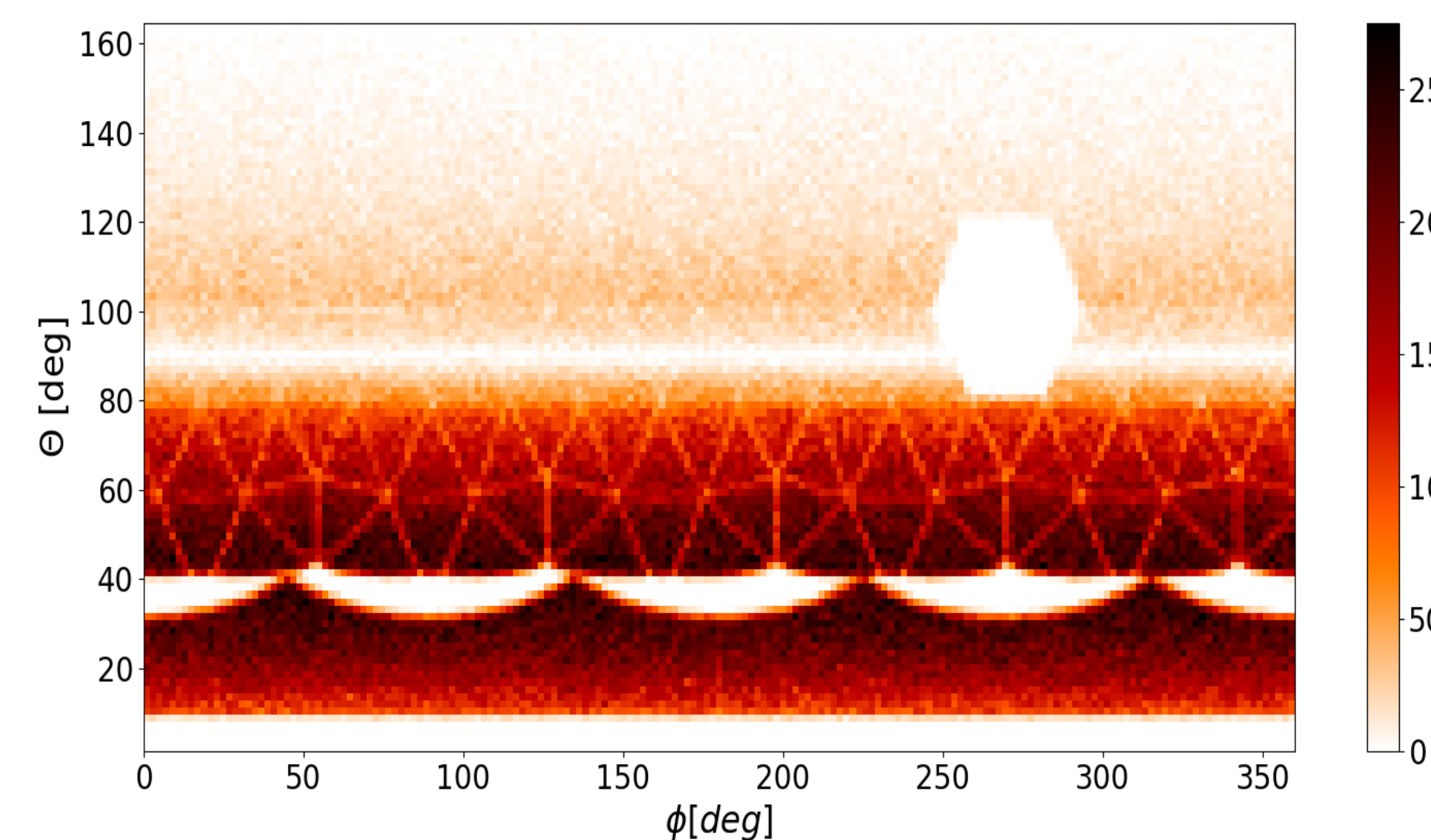
## 3. BINA@CCB

Nadchodzący eksperyment w CCB przy użyciu detektora BINA (Big Instrument for Nuclear-polarisation Analysis) będzie doskonałą okazją do zgromadzenia dodatkowych danych na temat konfiguracji gwiazdy w reakcji  $^2\text{H}(p,pp)n$  przy energiach 108, 135 oraz 160 MeV [6]. Detektor BINA składa się z dwóch segmentów, które razem pokrywają zakres kątowny  $10^\circ - 165^\circ$ .

Część "Ball" składa się z 149 scyntylatorów typu "phoswich" stanowiących jednocześnie komorę rozproszeń oraz pokrywających kąt powyżej  $40^\circ$ . Tarcza znajduje się w środku "Ball" i jest oddzielona od otoczenia kaptonowo-kevlatowym oknem.



Segment "Wall" zbudowany jest z 3-warstwowej wielodrutowej komory proporcjonalnej (MWPC) pozwalającej na określenie pozycji produktów reakcji oraz z dwóch warstw scyntylatorów  $\Delta E - E$  pozwalających na identyfikację cząstki oraz pomiar jej energii. Część ta pokrywa kąty poniżej  $40^\circ$ .



Rysunek 3. Akceptancja kątowa detektora BINA uzyskana z symulacji  $^2\text{H}(p,pp)n$  przy 160MeV ( $2 \cdot 10^8$  zdarzeń).

Ze względu na różną rozdzielczość kątową dwóch segmentów detektora, badanie akceptancji konfiguracji gwiazdy dla koincydencji dwóch protonów w "Wall", lub jednego w "Wall" z drugim w "Ball" powinno być rozpatrywane oddzielnie.

## Literatura

- [1] J. Strate et al., Nucl. Phys. A 501 (1989) 51
- [2] K. Ohnaka et al., Few-Body Syst. 55 (2014) 725
- [3] A. S. Crowell, Duke University (2001) (Ph.D thesis)
- [4] Z. Zhou et al. Nucl. Phys. A684 (2001) 545c-548c
- [5] G. Rauprich et al. Nucl. Phys. A 535 (1991) 313
- [6] A. Łobjko et al., Acta Phys. Polon. B 50 (2019) 361

## 5. Wnioski

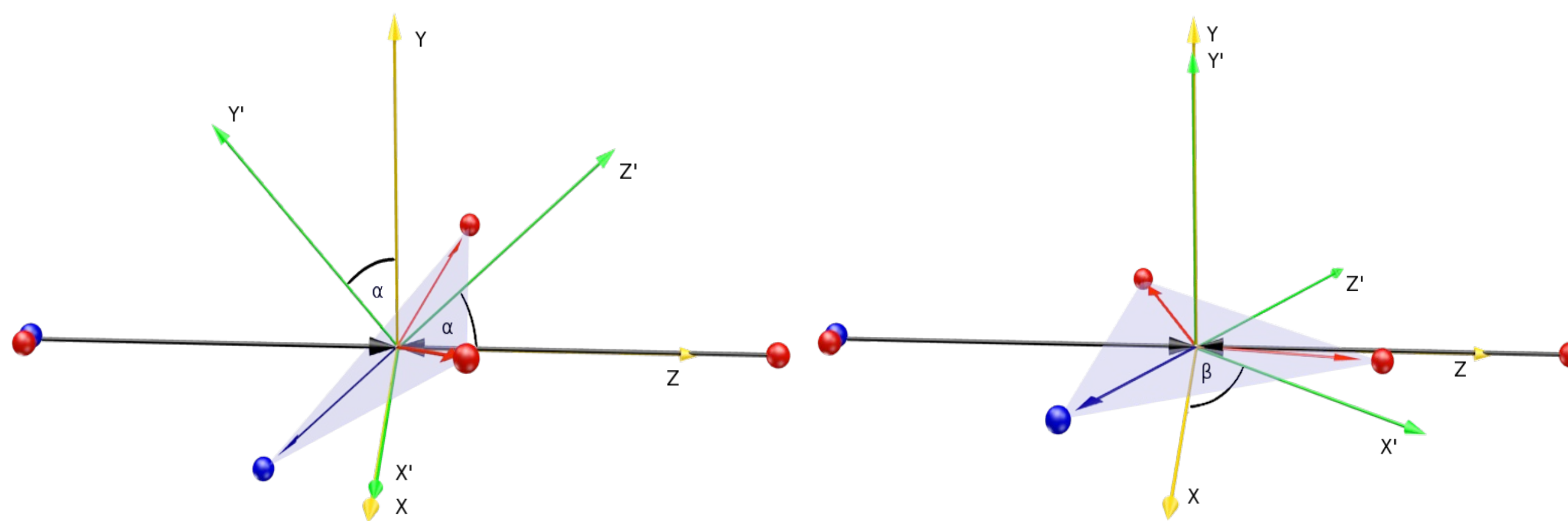
Podczas symulacji nie zaobserwowano znaczących różnic w rozkładzie kątowym przy energiach 108, 135 and 160 MeV. W przypadku wiązki protonowej, wszystkie zdarzenia typu Space-Star rejestrowane są przez część Ball detektora ( $\theta \approx 57^\circ$ ). Ponadto, uwzględnienie dodatkowego stopnia swobody w postaci kąta  $\beta$ , pozwala również wykorzystać ten obszar detektora do badań koincydencji innych typów gwiazd.

Badanie konfiguracji gwiazd bez wprowadzania dodatkowego kąta ( $\beta=0$ ), zawierałoby martwy obszar pomiędzy stanami  $\alpha=0^\circ$  i  $\alpha=40^\circ$ , co związane jest z małą ilością koincydencji Wall-Wall. W związku z tym, zdefiniowanie kąta  $\beta$  znacząco zwiększa możliwości analizy danych pod kątem badań anomalii gwiazdy przestrzennej.

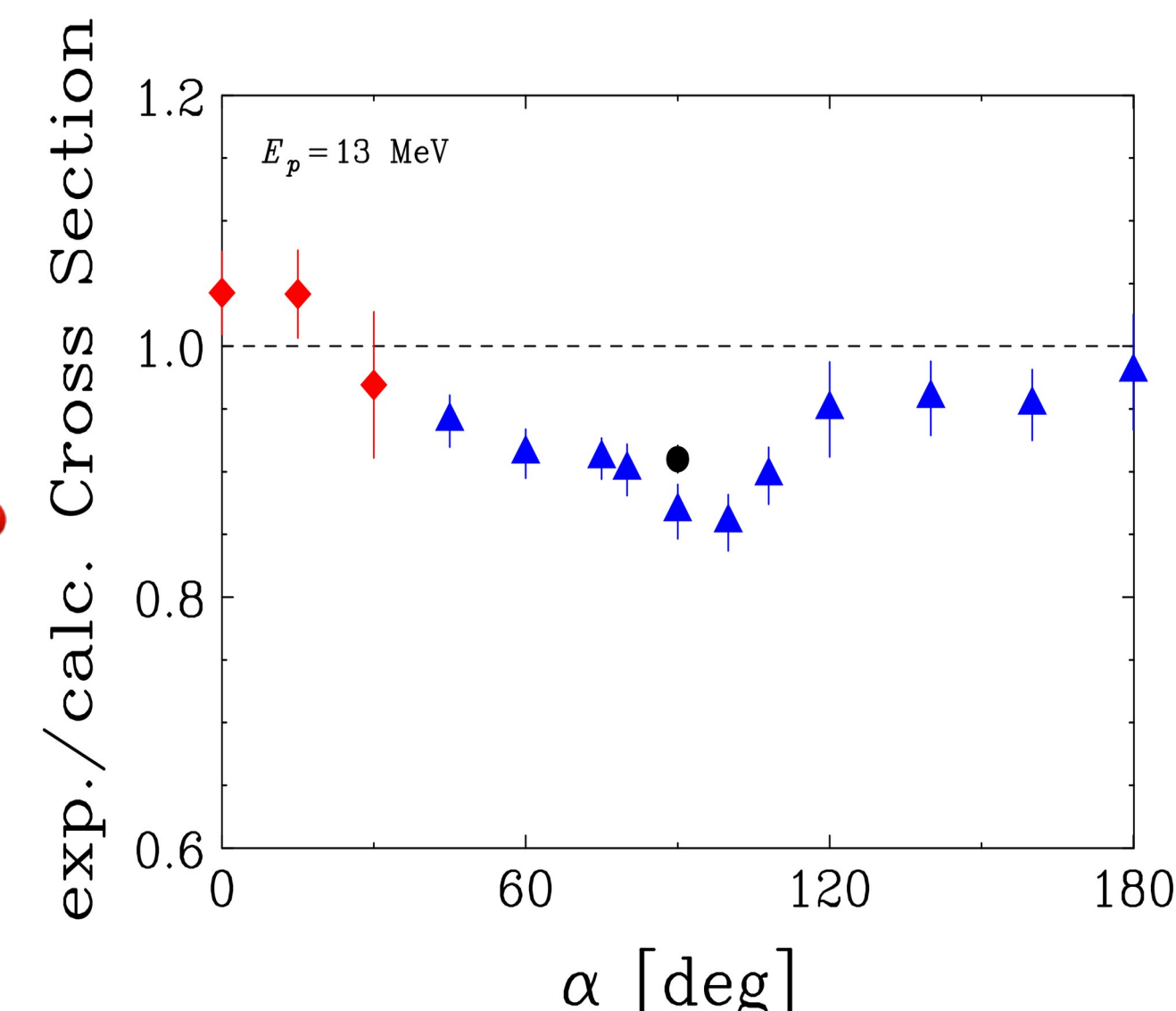
## 2. Anomalia gwiazdy przestrzennej (Space Star Anomaly)

W przypadku reakcji rozbitcia deuteronu w zderzeniu z protonem  $^2\text{H}(p,pp)n$ , konfigurację gwiazdy definiuje się w układzie środka masy, w którym wszystkie pędy produktów reakcji mają tę samą wartość. Rodzaj konfiguracji opisywany jest przez kąt  $\alpha$ , będący odchyleniem między osią wiązki a płaszczyzną rozpadu rozpinaną przez wektory pędu nukleonów. Nowym podejściem w badaniach anomalii gwiazdy jest wprowadzenie dodatkowego kąta  $\beta$ , określającego obrót płaszczyzny rozpadu wokół osi wiązki.

Star types:	$\alpha$
Space Star	$90^\circ$
On-plane Star	$0^\circ$ or $180^\circ$
Off-plane Star	others



Rysunek 1. Definicja kątów  $\alpha$  i  $\beta$  konfiguracji gwiazdy.



Rysunek 2. Anomalia Space Star [2].

Główną cechą konfiguracji gwiazdy przestrzennej są rozbieżności w wartościach przekrojów czynnych między danymi teoretycznymi a eksperymentalnymi. Rozbieżność ta silnie zależy od kąta nachylenia płaszczyzny gwiazdy  $\alpha$ . W przypadku gwiazdy przestrzennej ( $\alpha=90^\circ$ ) rozbieżności te sięgają 15% [5].

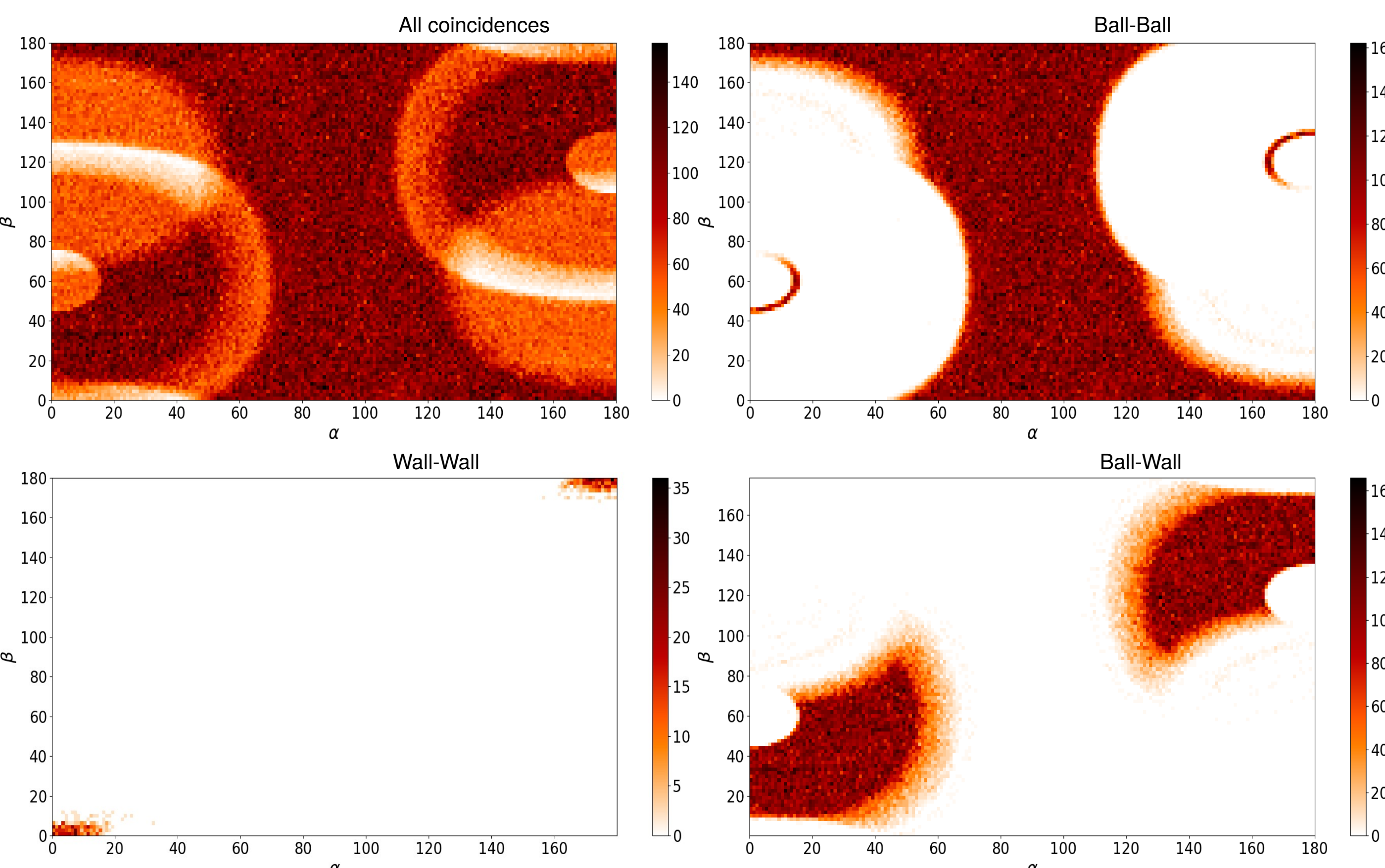
## 4. Wyniki

Symulacja została stworzona przy pomocy pakietu symulacyjnego GEANT4. Dzięki wykorzystaniu biblioteki PLUTO wygenerowane zostały zdarzenia rozbitcia proton-deuteron, natomiast dodatkowa funkcja opisująca kinematykę gwiazd pozwalała na ich selekcję lub odrębne generowanie w dowolnej konfiguracji.

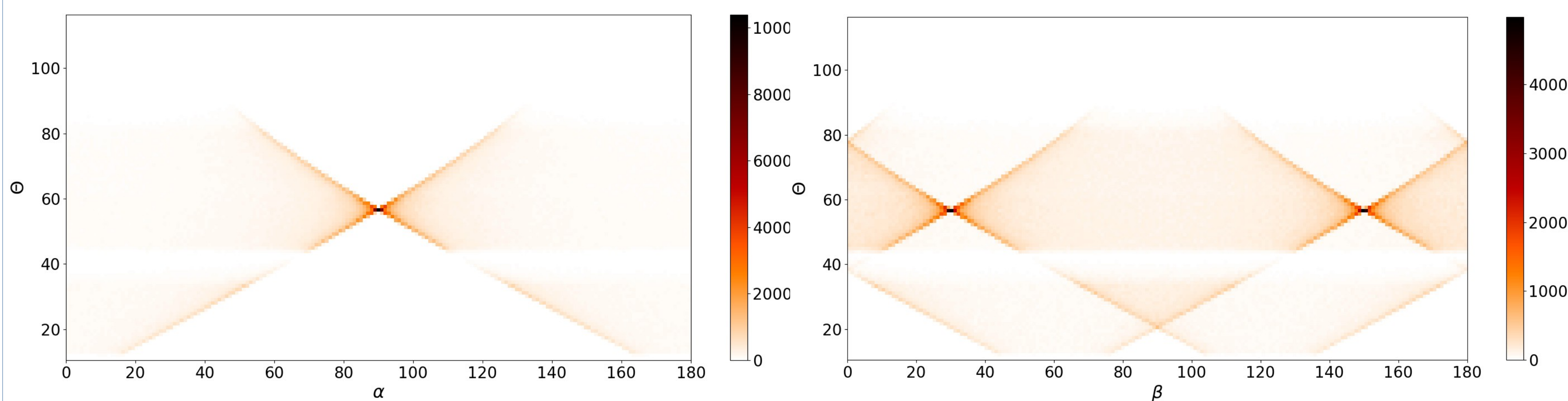
W celu sprawdzenia zdolności detektora do rejestrowania zdarzeń w konfiguracji gwiazdy, zbadana została akceptancja w przestrzeni kątów  $\beta$  i  $\alpha$  z uwzględnieniem koincydencji protonów dla obydwu części detektora (Rys. 4).

Reakcja  $^2\text{H}(p,pp)n$  przy 160MeV:

Coincidences proton-proton in:	Percent of detections
Ball-Ball	38%
Ball-Wall	54%
Wall-Wall	8%



Rysunek 4. Koincydencje proton-proton w funkcji  $\beta(\alpha)$  dla Wall-Ball, Wall-Wall i Ball-Ball.



Rysunek 5. Relacja między kątem  $\theta$  a ( $\alpha, \beta$ ).

Badanie relacji między kątem rozproszenia protonów  $\theta$  a kątami  $\alpha$  i  $\beta$  opisującymi gwiazdę, pozwala dostrzec kilka symetrii względem obrotów gwiazdy. Dla  $\theta(\alpha)$ , punkt  $(90,57)$  związany jest z niezmienniczością konfiguracji Space-Star na obrót o kąt  $\beta$ , natomiast dwa punkty (trzy, gdyby neutron był rejestrowalny) w relacji  $\theta(\beta)$  sygnalizują istnienie dwóch konfiguracji, przy których  $\beta$  pozostaje stała dla zmiennej  $\alpha$ . Oznacza to, że istnieje detektor w obrębie segmentu Ball, mogący rejestrować zdarzenia pochodzące od dowolnej konfiguracji gwiazdy. W związku z tym, możliwe jest badanie całej przestrzeni gwiazd poprzez uwzględnienie koincydencji z tym detektorem.



Abstract [link]