

Grzegorz Wrochna  
Narodowe Centrum Badań Jądrowych  
ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa  
[G.Wrochna@ncbj.gov.pl](mailto:G.Wrochna@ncbj.gov.pl)

## **Recenzja aktywności naukowej dr Grzegorza Grzelaka oraz osiągnięcia naukowego „Mionowy układ wyzwalania kalorymetru BAC” będącego przedmiotem postępowania habilitacyjnego**

### **Recenzja osiągnięcia naukowego**

#### **Przedmiot osiągnięcia**

Monografia dr Grzegorz Grzelaka pt. „Mionowy układ wyzwalania kalorymetru BAC” opisuje system wykonany przez zespół kierowany przez autora. Kalorymetr uzupełniający (*Backing Calorimeter* - BAC) stanowił istotną część detektora ZEUS pracującego na akceleratorze HERA w ośrodku DESY w Hamburgu.

#### **Akcelerator HERA**

Akcelerator HERA umożliwiał zderzenia elektronów o energii 27,5 GeV i protonów o energii 920 GeV. Dzięki takiej konfiguracji elektrony niejako „przeświewały” wnętrze protonu, umożliwiając badanie jego struktury i własności jego składników. Program fizyczny eksperymentów na akceleratorze HERA obejmował też różnorakie testy Modelu Standardowego, badanie bozonów pośredniczących W i Z oraz innych krótkożyciowych cząstek elementarnych, a także poszukiwanie nowych cząstek i ewentualnych zjawisk nie opisywanych przez Model Standardowy.

#### **Detektor ZEUS**

Tak bogaty program wymagał detektorów o złożonej strukturze, rejestrujących sygnatury różnego rodzaju cząstek oraz mierzących ich energie i wektory pędu. Detektor ZEUS, jak każdy współczesny uniwersalny detektor cząstek składał się z

- wewnętrznych detektorów śladowych mierzących pędy wszystkich cząstek naładowanych,
- kalorymetru mierzącego energię wszystkich cząstek, za wyjątkiem neutrin,
- detektorów mionowych, rejestrujących miony – jedyne cząstki (prócz neutrin), które mogą przelecieć przez kalorymetr z niewielkimi tylko stratami energii.

Współpraca ZEUS zdecydowała się na wybór specyficznej technologii kalorymetru, wykorzystując uran jako absorber i scyntylatory jako detektory cząstek. Taki wybór umożliwił skonstruowanie tzw. kalorymetru kompensującego, a więc takiego, który daje podobną odpowiedź dla elektronów i hadronów. Zespołowi ZEUS udało się uzyskać kompensację z dokładnością do 5%. Dzięki temu, nie było potrzeby konstrukcji dwóch odrębnych kalorymetrów: leptonowego i hadronowego, co jest najczęściej stosowanym rozwiązaniem.



## **Kalorymetr kompensujący BAC**

Pojedynczy kalorymetr kompensujący oferował bardzo dobrą energetyczną zdolność rozdzielczą. Jednak ceną za to była jego niezbyt duża grubość, co stwarzało ryzyko zaniżenia pomiaru energii poprzez wyciek części energii poza kalorymetr. Energia jest mierzona w kalorymetrze jako suma sygnałów od cząstek z kaskady (elektromagnetycznej lub hadronowej) powstałej w oddziaływaniu mierzonej cząstki z absorberem. Jeśli kalorymetr jest zbyt cienki, część energii zostanie wyniesiona przez cząstki z „ogona” kaskady, co zaniży pomiar. Aby tego uniknąć, zaprojektowano kalorymetr uzupełniający BAC, który otaczał z zewnątrz kalorymetr uranowy i rejestrował cząstki, które z niego „wyciekły”.

Kalorymetr BAC musiał więc mieć powierzchnię i objętość znacznie większe niż kalorymetr uranowy. Mógł jednak mieć mniejszą zdolność rozdzielczą, gdyż mierzył jedynie niewielki ułamek energii cząstki pierwotnej. Przykładowo, jeśli do BAC wyciekło 10% energii cząstki pierwotnej, a BAC zmierzył ją z dokładnością 10%, to dawało to dokładność 1% pomiaru energii cząstki pierwotnej. Takie uwarunkowania zdecydowały o wyborze technologii BAC. Absorberem było żelazne jarzmo magnesu ZEUS, a detektorem komory drutowe umieszczone w jego szczelinach. To podwójne wykorzystanie żelaznego jarzma miało szereg zalet. Gdyby jarzmo nie było uzbrojone w detektory, absorbowałoby część energii cząstek zaniżając jej pomiar. Umieszczenie kalorymetru kompensującego poza magnesem ponadto znacznie zwiększyłoby jego wymiar, zaś umieszczenie go wewnątrz zwiększyłoby rozmiar magnesu. W obu przypadkach skutkowałoby to znacznym zwiększeniem kosztu eksperymentu.

Po uruchomieniu akceleratora HERA i wykonaniu pierwszych pomiarów okazało się jednak, że wycieki energii do kalorymetru BAC są znacznie mniejsze niż przewidywano. Wynikło to ze zbyt małej wiedzy na temat fizyki kaskad hadronowych. Najprawdopodobniej nie doceniono roli gluonów w rozwoju kaskad, co zafałszowało wyniki przewidywań. Skutkiem tego rola detektora BAC jako kalorymetru kompensującego, stała się marginalna.

## **Pomiar mionów w kalorymetrze BAC**

Zastosowanie komór drutowych w kalorymetrze BAC umożliwiło wykorzystanie go także do rejestracji i pomiaru pędu mionów. Nie było to jednak łatwe, gdyż BAC zoptymalizowany był do pomiarów kalorymetrycznych. Komory pracowały w modzie proporcjonalnym, a zastosowana elektronika uniemożliwiała pomiar położenia metodą pomiaru czasu dryfu elektronów powstałych w gazie komory zjonizowanym przez przelatujący mion. Komory były jednak na tyle czułe, że umożliwiały rejestrację mionów z dużą efektywnością, porównywalną z efektywnością dedykowanych detektorów mionowych FMUON i BRMUO (*Forward Muon* i *Barrel Muon*).

Marginalizacja roli detektora BAC jako kalorymetru spowodowała, że podjęto decyzje o lepszym przystosowaniu go do pomiaru mionów. W czasie długiej przerwy w pracy akceleratora HERA w latach 2000-2001 dokonano przede wszystkim generalnego remontu detektora BAC. Polegał on m.in. na

- budowie nowych zasilaczy niskiego napięcia i modernizacji systemu jego dystrybucji,
- adaptacji elektroniki do obsługi szybkich sygnałów kontrolnych,
- ułożeniu dodatkowego okablowania do transmisji danych,
- zainstalowaniu dodatkowego chłodzenia elektroniki i jej mechanicznego zabezpieczenia,
- naprawie bądź wymianie wadliwych komór drutowych.



## **Diagnostyka i baza danych detektora BAC**

Istotnym elementem modernizacji detektora BAC było wyposażenie go w szereg nowych systemów diagnostycznych. Ich podstawę stanowiła baza danych zawierająca szczegółowe informacje o rozmieszczeniu detektorów i elektroniki oraz wszystkich połączeniach między nimi. Diagnostyka bazowała zarówno na monitorowaniu parametrów akceleratora i detektora jak też na dokonywanej w czasie rzeczywistym ocenie jakości zbieranych danych. Umożliwiła ona błyskawiczne wykrywanie usterek, szybką ich naprawę bądź mitygację skutków poprzez zmianę konfiguracji. Ułatwiała także zapobieganie kolejnym awariom.

## **Mionowy układ wyzwiania detektora BAC**

Najistotniejszym elementem modernizacji detektora BAC było wyposażenie go w dedykowany układ wyzwiania dla mionów. Jego zadaniem było rozpoznanie przejścia mionu przez detektor, przekazanie tej informacji do globalnego układu wyzwiania ZEUS oraz przekazanie danych z BAC dotyczących tego przypadku do dalszej analizy. Ze względu na konieczność dużej redukcji strumienia danych generowanego przez fałszywe (bądź nieinteresujące) sygnały, w eksperymencie ZEUS zastosowano system trzystopniowy:

1. Redukcja od częstości zderzeń w akceleratorze HERA wynoszącej 10 MHz do 1 kHz, realizowana przez dedykowane układy logiczne.
2. Redukcja do 100 Hz, w oparciu o dane z poszczególnych rejonów detektora ZEUS.
3. Redukcja do 10 Hz realizowana przez farmę komputerów w oparciu o dane z całego detektora ZEUS.

Mionowy układ wyzwiania BAC uczestniczył odpowiednio w tych stopniach poprzez:

1. Rozpoznanie mionu na podstawie liczby zarejestrowanych sygnałów i porównanie rozłożenia sygnałów z wzorcami śladów, potwierdzone pomiarem zdeponowanej w kalorymtrze energii.
2. Uzupełnienie powyższej informacji przez sprawdzenie, czy ślad celuje w wierzchołek oddziaływania.
3. Dopasowanie trajektorii mionów w BAC do zarejestrowanych sygnałów i przedłużenie jej do detektora śladowego.

Poprawa pomiaru mionów w detektorze BAC i zaimplementowanie mionowego systemu wyzwiania istotnie poszerzyły możliwości fizyczne detektora ZEUS, o czym piszę poniżej.

## **Ocena wkładu habilitanta w opisywane prace**

Kalorymetr kompensujący BAC był w całości zaprojektowany i wykonany przez polskich fizyków i inżynierów z Uniwersytetu Warszawskiego, Politechniki Warszawskiej, Instytutu Problemów Jądrowych oraz Akademii Górniczo-Hutniczej. Dr Grzelak uczestniczył w tych pracach od samego początku, ale jego wkład szczególnie zaznaczył się w modernizacji detektora BAC i adaptacji go do pomiaru mionów. Od 1999 roku aż do zakończenia pracy akceleratora HERA w roku 2007 kierował on zespołem fizyków i inżynierów przeprowadzającym modernizację BAC i realizującym zbieranie danych. Habilitant jest autorem szczegółowego planu modernizacji. Osobiście nadzorował wszystkie prace. Samodzielnie uczestniczył w usprawnianiu systemu zasilania niskiego napięcia BAC i systemu chłodzenia elektroniki zbierającej dane. Zaprojektował opisaną wyżej bazę danych i założenia systemów diagnostycznych.

Dr Grzelak jest też autorem całości koncepcji i szczegółów wykonania istotnych komponentów mionowego systemu wyzwiania BAC. Wniósł istotny wkład w opracowanie specyfikacji elektroniki realizującej pierwszy stopień wyzwiania, uczestniczył w jej



instalacji i testowaniu. Koordynował włączenie BAC do globalnego systemu wyzwalania pierwszego oraz drugiego stopnia. Brał udział także w tworzeniu oprogramowania, od algorytmów procesorów transputerowych, do wysokopoziomowej analizy off-line. Samodzielnie zaprojektował i zaimplementował algorytm trzeciego poziomu systemu wyzwalania BAC i koordynował jego integrację z systemem globalnym eksperymentu ZEUS.

Zakres tych prac jest imponujący. Od projektowania elektroniki, poprzez instalację i testy, do prowadzenia pomiarów i opracowywania danych. Od niskopoziomowego programowania procesorów, poprzez tworzenie baz danych, do analizy fizycznej. Wszechstronność ta, w połączeniu ze skutecznością jej wykorzystania w jednym z najambitniejszych projektów naukowych XX w. dowodzą, że dr Grzelak jest wybitnym fizykiem eksperymentalnym światowej klasy.

### **Ocena wkładu habilitanta w rozwój nauki**

Zaprojektowane i koordynowane przez dr Grzelaka przekształcenie kalorymetru kompensującego BAC w pełnowartościowy detektor mionowy jest przedsięwzięciem bezprecedensowym. Znam wiele przypadków wzbogacenia funkcji detektorów cząstek o nowe możliwości, ale nie znam żadnego przykładu tak radykalnego przekształcenia pierwotnej funkcji detektora.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że kiedy gigantyczny detektor BAC, wykonany olbrzymim wysiłkiem polskich fizyków i inżynierów okazał się mało użyteczny, dr Grzelak i jego zespół potrafili nie tylko uratować włożoną pracę, ale doprowadzić do jeszcze bardziej ambitnego wykorzystania detektora niż pierwotnie planowane.

To ogromnie odważne, powiedziałbym wręcz „karkołomne” przedsięwzięcie zakończyło się pełnym sukcesem. W niektórych obszarach detektor BAC przewyższał efektywnością dedykowane komory mionowe i przyczynił się do osiągnięcia istotnych wyników naukowych. Habilitant w swojej monografii podaje trzy przykłady takich wyników:

- Produkcja ciężkich mezonów wektorowych w oddziaływaniach ep.
- Przekrój czynny na fotoprodukcję mezonów  $Y(1S)$ .
- Zależność przekroju czynnego od zmiennej  $t$ .

Analizy te przyczyniły się do lepszego poznania właściwości kwarków pięknych i struktury protonu. Autor wniósł w te analizy istotny wkład własny, co zaowocowało powierzeniem mu przez współpracę ZEUS prezentacji wyników na międzynarodowych konferencjach.

Podsumowując, zaprojektowanie, wykonanie i wykorzystanie mionowego układu wyzwalania kalorymetru BAC przedstawione przez dr Grzelaka jest osiągnięciem na światowym poziomie i bez zastrzeżeń spełnia wymogi ustawowe do przyznania stopnia doktora habilitowanego.



## **Recenzja aktywności naukowej dr Grzegorza Grzelaka**

Oceny aktywności dokonano według kryteriów określonych w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego §3 pkt 3, §4 i §5.

### **Osiągnięcia naukowo-badawcze**

#### Publikacje w bazie JCR

Po uzyskaniu stopnia doktora:

ok 150 publikacji, w tym 6 z wkładem  $\geq 10\%$ , w tym 2 z wkładem  $\geq 20\%$ .

(Nie wliczyłem tu samodzielnych publikacji konferencyjnych)

#### Opracowania zbiorowe, ekspertyzy itp.

Brak.

#### Impact factor JCR

746,7

#### Liczba Cytowań wg *Web of Science*

5919 bez autocytowań.

#### Indeks Hirscha *Web of Science*

44.

#### Kierowanie i udział w projektach

Udział w 6 projektach grantowych, w tym w jednym jako kierownik.

Kierowanie zespołem realizującym modernizację detektora BAC.

#### Nagrody za działalność naukową

Medal srebrny za długoletnią służbę, nadany w 2011 r przez Prezydenta RP.

#### Czynny udział w konferencjach

7 wygłoszonych referatów na konferencjach międzynarodowych, w tym 6 na sesjach plenarnych, w tym dwa na zaproszenie.

### **Podsumowanie osiągnięć naukowo-badawczych habilitanta**

W przypadku prac realizowanych w wielkich zespołach badawczych, osiągnięcia autora należy oceniać biorąc pod uwagę nie tylko wskaźniki liczbowe, ale i jakościowy udział autora w pracach przedstawionych w publikacjach. Zwykle w takich pracach złożoność zagadnienia powoduje, że wielu autorów wnosi bardzo istotny wkład, niezbędny do osiągnięcia rezultatu, ale dla każdego z nich przekłada się to na niewielki procent zaangażowania.

W przypadku dr Grzelaka duża liczba publikacji, wysoki *impact factor*, duża liczba cytowań i wysoki indeks Hirscha świadczą o ogromnej wadze naukowej przedsięwzięć, w których uczestniczył. Liczba 6 prac z wkładem  $\geq 10\%$ , w tym 2 z wkładem  $\geq 20\%$  świadczy o tym, że wkład autora w te przedsięwzięcia był istotny. Potwierdza to fakt powierzenia mu przez wieloosobowe zespoły prezentacji wyników na międzynarodowych konferencjach.



## **Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz współpraca międzynarodowa**

### Uczestnictwo w programach europejskich i innych programach międzynarodowych lub krajowych:

- Wszystkie 6 projektów, w których uczestniczył habilitant, miało charakter międzynarodowy.

### Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji:

- Wszystkie 7 konferencji, w których aktywnie uczestniczył habilitant, miało charakter międzynarodowy.
- Kilkadziesiąt wystąpień na spotkaniach roboczych współprac międzynarodowych.

### Otrzymane nagrody i wyróżnienia:

- Medal srebrny za długoletnią służbę, nadany w 2011 r przez Prezydenta RP.

### Udział w konsorcjach i sieciach badawczych:

- Współpraca ZEUS
- Współpraca EUDET
- Sieć naukowa FiTAL (Fizyka i technologia Akceleratorów Liniowych)

### Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych, a w przypadku badań stosowanych we współpracy z przedsiębiorcami:

- Kierowanie zespołem detektora BAC.

### Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism:

- Brak.

### Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych:

- Brak.

### Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki:

- Pełnomocnik dziekana ds. rekrutacji (2005-2008)
- Przewodniczący Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej (2007-2008)
- Szereg ćwiczeń laboratoryjnych, rachunkowych i programistycznych ze studentami.
- Przygotowanie układu eksperymentalnego do pomiaru mionów kosmicznych na Pracowni Fizycznej dla Zaawansowanych.
- Szereg wykładów popularnonaukowych
- Organizowanie warsztatów i wyjazdów do ośrodków DESY i CERN dla uczniów i nauczycieli.

### Opiekę naukową nad studentami

- Promotor 3 prac magisterskich i jednej licencjackiej
- Opieka nad studentami na pracowniach przedmagisterskich i specjalistycznych

### Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich:

- Kilkadziesiąt wyjazdów (od tygodnia do 3 miesięcy) do ośrodka DESY w Hamburgu.
- Staż naukowy na Uniwersytecie w Oksfordzie od 02.2002 do 02.2005.



Wykonanie ekspertyz lub innych opracowań na zamówienie organów władzy publicznej, samorządu terytorialnego, podmiotów realizujących zadania publiczne lub przedsiębiorców;

- Brak.

Udział w zespołach eksperckich i konkursowych; Recenzowanie projektów międzynarodowych lub krajowych oraz publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych.

- Brak.

### **Podsumowanie dorobku dydaktycznego oraz współpracy międzynarodowej habilitanta**

Cały swój dorobek naukowy dr Grzelak osiągnął w ramach współprac międzynarodowych, odgrywając w nich istotną rolę. Dorobek dydaktyczny jest bogaty. Na podkreślenie zasługuje przygotowanie układu eksperymentalnego do pomiaru mionów kosmicznych na Pracowni Fizycznej dla Zaawansowanych. W dorobku popularyzatorskim habilitanta szczególnie warto podkreślić organizowanie warsztatów i wyjazdów do ośrodków DESY i CERN dla uczniów i nauczycieli.

Osiągnięcia dydaktyczne i popularyzatorskie habilitanta, oraz aktywna współpraca międzynarodowa dobitnie przekonują o wypełnieniu ustawowego wymogu istotnej aktywności naukowej.

### **Podsumowanie**

„Mionowy układ wyzwalania kalorymetru BAC” zaprojektowany, zbudowany i wykorzystany w badaniach przez dr Grzelaka umożliwił wykorzystanie detektora BAC w zupełnie nowatorski sposób, nadając mu znaczenie większe, niż pierwotnie planowano. Przekształcenie detektora zoptymalizowanego do kalymetrii w pełni funkcjonalny detektor mionowy, to osiągnięcie bezprecedensowe w skali światowej.

Obszerny dorobek publikacyjny i konferencyjny oraz duże zaangażowanie dydaktyczne i popularyzatorskie potwierdzają, że dr Grzelak jest naukowcem światowej klasy.

Stwierdzam, że przedstawione osiągnięcia i cały dorobek naukowy dr Grzegorza Grzelaka w całej rozciągłości wypełniają kryteria do nadania stopnia doktora habilitowanego.



Grzegorz Wrochna