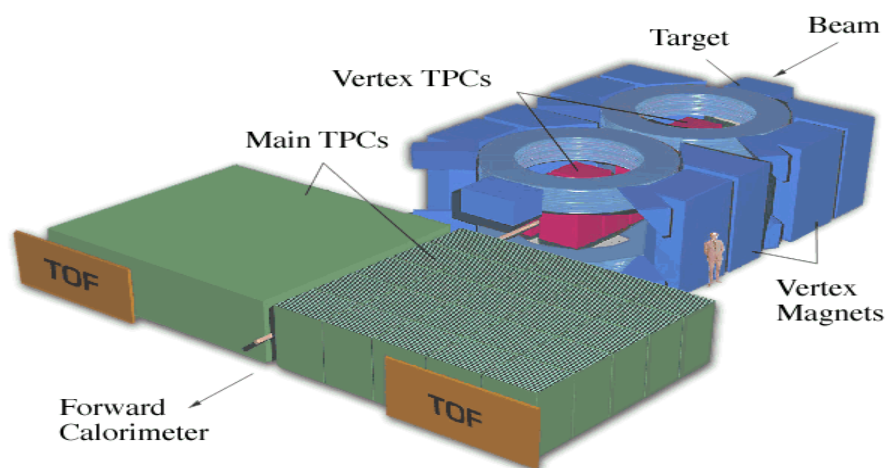


# Raport Roczny Instytutu Fizyki

# 2002



Akademia Świętokrzyska  
im. J. Kochanowskiego  
w Kielcach

| <b>SPIS TREŚCI</b>                      | <b>Strona</b> |
|---|---------------|
| <b>Rok 2002 w Instytucie Fizyki AŚ</b>  | <b>3</b>      |
| <b>Struktura instytutu</b>              | <b>4</b>      |
| <b>Działalność naukowa</b>              | <b>5</b>      |
| Zakład Fizyki Atomowej                  | 5             |
| Zakład Fizyki Jądrowej                  | 11            |
| Zakład Fizyki Doświadczalnej            | 16            |
| Zakład Astrofizyki                      | 20            |
| Zakład Fizyki Teoretycznej              | 23            |
| Zakład Dydaktyki Fizyki                 | 27            |
| Zakład Informatyki                      | 29            |
| <b>Publikacje</b>                       | <b>30</b>     |
| Artykuły naukowe                        | 30            |
| Podręczniki i skrypty                   | 33            |
| Artykuły popularno-naukowe              | 33            |
| <b>Udział w konferencjach</b>           | <b>34</b>     |
| <b>Seminaria</b>                        | <b>39</b>     |
| Seminaria w instytucie                  | 39            |
| Seminaria poza instytutem               | 41            |
| <b>Wyjazdy zagraniczne</b>              | <b>43</b>     |
| <b>Adresy elektroniczne pracowników</b> | <b>44</b>     |
| <b>Plakaty z konferencji</b>            | <b>45</b>     |

**Instytut Fizyki**  
**Akademia Świętokrzyska im. J Kochanowskiego**  
**ul. Świętokrzyska 15**  
**25-405 KIELCE**  
**sekretariat: tel./fax +048-41-3626452**  
**e-mail: [ifiz@pu.kielce.pl](mailto:ifiz@pu.kielce.pl)**  
**strona www: <http://www.pu.kielce.pl/fiz>**

## Rok w Instytucie Fizyki AŚ

W roku 2002 dużo się działo w naszym instytucie.

- Po dłuższym okresie przygotowań, uruchomiony został nowy kierunek studiów licencjackich - Informatyka, który już podczas pierwszego naboru cieszył wielkim zainteresowaniem - zgłosiło się blisko czterech kandydatów na jedno miejsce. Utworzony też został Zakład Informatyki.
- Pięciu naszych kolegów utworzyło grupę badawczą, która stała się członkiem międzynarodowego zespołu NA49, realizującego w Europejskim Centrum Badań Jądrowych (CERN) w Genewie eksperyment, w którym badane są zderzenia jąder atomowych rozpędzonych do wysokich energii.
- Troje naszych młodych pracowników Urszula Majewska, Małgorzata Wysocka-Kunisz i Janusz Krywult uzyskało stopień doktora. Jacek Semaniak zdał kolokwium habilitacyjne.
- Aldona Kubala-Kukuś otrzymała *Stypendium dla młodych naukowców* Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej, a pięciu naszych kolegów otrzymało Nagrodę Rektora.
- Opublikowaliśmy 23 artykuły w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej.
- W instytucie realizowane były trzy granty KBN i jeden grant europejski.

Na dalszych stronach tego raportu przedstawiamy organizację i strukturę instytutu (według stanu na 31 grudnia 2002 roku), tematykę prowadzonych badań z krótkim opisem osiągniętych rezultatów. Jeśli przy tytule notatki znajduje się odsyłacz, powiedzmy, [7], oznacza to, że przedstawione wyniki zostały opublikowane w pracy nr 7 ze spisu publikacji na str. 31. Poza wspomnianym spisem publikacji raport wylicza nasze wystąpienia na konferencjach i na seminariach, informuje o seminariach w naszym instytucie, o naszych gościach i wyjazdach za granicę. Na końcu zebrane też zostały kopie plakatów prezentowanych na konferencjach.

## **STRUKTURA INSTYTUTU**

### **Dyrekcja**

Dr hab. Marek Pajek - dyrektor

Dr hab. Jacek Semaniak - wicedyrektor ds. dydaktycznych

Prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński - wicedyrektor ds. naukowych

### **Rada Instytutu**

Mgr D. Banaś, dr E. Braziewicz, dr hab. J. Braziewicz, mgr A. Drogosz,  
prof. dr hab. inż. A. Dziech, dr hab. S. Chojnacki, dr K. Dworecki, dr hab. P. Flin,  
prof. dr hab. M. Kargol, prof. dr hab. St. Mrówczyński, dr hab. A. Okopińska,  
dr hab. M. Pajek, dr I. Pardyka, dr hab. J. Semaniak, dr hab. Z. Włodarczyk

### **Zakłady Instytutu:**

1. Zakład Fizyki Atomowej
2. Zakład Fizyki Jądrowej
3. Zakład Fizyki Doświadczalnej
4. Zakład Astrofizyki
5. Zakład Fizyki Teoretycznej
6. Zakład Dydaktyki Fizyki
7. Zakład Informatyki

**Sekretariat:** mgr J. Skowrońska

## ZAKŁAD FIZYKI ATOMOWEJ

### **Skład osobowy**

Dr hab. Marek Pajek – kierownik zakładu,  
dr hab. Janusz Braziewicz, dr hab. Sławomir Chojnacki, dr Dariusz Banaś,  
dr Urszula Majewska, mgr Marcin Czarnota, mgr Aldona Kubala-Kukuś,  
mgr Józef Antosik, mgr Marek Detka, mgr inż. Ewa Kacak

### **Tematyka badawcza**

Działalność naukowa zakładu dotyczy (1) fizyki zderzeń atomowych oraz (2) zastosowań spektroskopii rentgenowskiej w badaniu koncentracji pierwiastków śladowych.

1) Eksperymenty z zakresu fizyki zderzeń atomowych dotyczą głównie badania dynamiki procesu jonizacji wewnętrznych powłok atomowych, w tym jonizacji wielokrotnej, w zderzeniach ciężkich jonów o energiach 0.1-10 MeV/n z atomami. Obserwowane jest wzbudzone promieniowanie rentgenowskie serii K-, L i M z wykorzystaniem metod spektroskopii rentgenowskiej (detektory półprzewodnikowe oraz spektrometry krystaliczne). Eksperymenty takie są wykonywane na wiązkach różnych akceleratorów, głównie we współpracy z Uniwersytetem w Erlangen w Niemczech (tandem), Instytutem Paula Scherrera (PSI) w Szwajcarii (cyklotron Philipsa) oraz Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego (cyklotron U200). Drugą tematyką badawczą z zakresu zderzeń atomowych jest badanie procesów rekombinacji jonów atomowych w wysokich stanach ładunkowych. Badanymi procesami są tu: rekombinacja radiacyjna (RR), rekombinacja dwuelektronowa (DR), rekombinacja trójciałowa (TBR). Eksperymenty rekombinacyjne są prowadzone we współpracy z Laboratorium Manne Siegbahna Uniwersytetu w Sztokholmie przy wykorzystaniu pierścienia akumulacyjnego CRYRING oraz pierścienia ESR w GSI, w Darmstadt.

2) Badania aplikacyjne z zakresu spektroskopii rentgenowskiej bazują na posiadanej lampie rentgenowskiej wraz z dodatkową aparaturą umożliwiającą stosowanie rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej (XRF) oraz rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej z całkowitym odbiciem zewnętrznym (TRXRF). Metody te pozwalają określać koncentrację pierwiastków śladowych na poziomie ppm-ppb, głównie dla celów medycznych i ekologicznych. Badania te prowadzone są we współpracy ze Świętokrzyskim Centrum Onkologii w Kielcach.

### **Zakład dysponuje następującą aparaturą:**

Lampa rentgenowska (Siemens 3 kW, 60 kV), detektory promieniowania X Si(Li) (Canberra), spektrometr niskotłowy promieniowania  $\gamma$  Ge(Li), układ mikrowiązki promieniowania X

### **Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:**

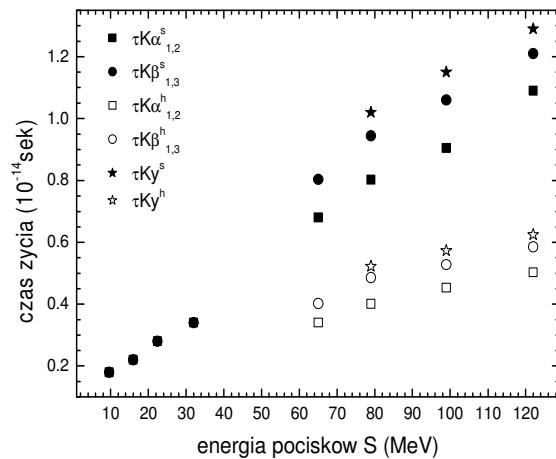
Instytut Problemów Jądrowych w Świerku  
Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego w Warszawie  
Świętokrzyskie Centrum Onkologii w Kielcach  
Uniwersytet w Erlangen, Niemcy  
Instytut Ciężkich Jonów (GSI), Darmstadt, Niemcy  
Uniwersytet w Sztokholmie, Szwecja  
Laboratorium Manne Siegbahna, Sztokholm, Szwecja  
Uniwersytet we Fribourgu i Uniwersytet w Basel, Szwajcaria  
Instytut Paula Scherrera (PSI) w Villigen, Szwajcaria  
Uniwersytet w Kyoto i Uniwersytet w Miyazaki, Japonia

## Dynamika procesów zachodzących w pociskach siarki o energiach 9.6 - 122 MeV penetrujących tarcze węglowe [5]

*J. Braziewicz, S. Chojnacki, I. Fijał<sup>1</sup>, M. Jaskóła<sup>1</sup>, A. Korman<sup>1</sup>, W. Kretschmer<sup>2</sup>  
U. Majewska, M. Polasik<sup>3</sup> i K. Słabkowska<sup>3</sup>*

Jon szybko poruszający się w tarczy ciała stałego podlega wskutek oddziaływania z atomami tarczy wielu procesom - jonizacji zewnętrznych i wewnętrznych powłok atomowych, przeniesieniu elektronów na wyższe poziomy energetyczne, wychwyty elektronów z atomów ośrodka, bezpromienistej i promienistej deekscytacji. Emitowane przez taki jon charakterystyczne promieniowanie rentgenowskie niesie informację o owych procesach i o stopniu jonizacji jego powłok atomowych.

W eksperymentach przeprowadzonych w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Erlangen-Nurnberg w Niemczech i Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie użyto jonów siarki  $S^{q+}$  ( $q^+ = 4^+, 6^+, 7^+, 13^+ \text{ i } 14^+$ ) o energiach 9.6, 16, 22.4, 32, 65, 79, 99 i 122 MeV, którymi bombardowano tarcze węglowe o grubości 15-210  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Za pomocą detektora półprzewodnikowego Si(Li) zarejestrowano widma charakterystycznego promieniowania X serii K siarki, w których rejestrowano i analizowano linie satelitarne  $K\alpha^s_{1,2}$  i  $K\beta^s_{1,3}$  oraz linie hipersatelitarne  $K\alpha^h_{1,2}$  i  $K\beta^h_{1,3}$  (dla energii jonów siarki od 32 MeV), będące wynikiem nałożenia przejść elektronowych typu  $1s^{-1} \rightarrow 2p^{-1}$  i  $1s^{-1} \rightarrow 3p^{-1}$  oraz  $1s^{-2} \rightarrow 1s^{-1}2p^{-1}$  i  $1s^{-2} \rightarrow 1s^{-1}2p^{-1}$ . Dla energii pocisków 79, 99 i 122 MeV zaobserwowano linię  $Ky^h$ , odpowiadającą przejściu typu  $1s^{-2} \rightarrow 1s^{-1}4p^{-1}$  i  $1s^{-2} \rightarrow 1s^{-1}5p^{-1}$ . Na podstawie intensywności zmierzonych linii określono przekroje czynne na produkcję promieniowania charakterystycznego X i przeanalizowano je w funkcji grubości tarczy. Wyniki tej analizy pozwoliły określić przekroje czynne na: i) produkcję jedno i dwuziurów konfiguracji elektronowych w powłoce K jonu S, ii) deekscytację tych dziur poprzez promieniste i bezpromieniste przejścia elektronowe z powłok zewnętrznych, iii) wychwyty elektronu tarczy. Stwierdzono, że w procesie tworzenia dziur w powłoce K istotną rolę pełnią procesy wzbudzenia elektronów z powłoki K pocisków do ich wyższych powłok, w szczególności L i M, oraz że w procesie deekscytacji dziur powłoki K ważny udział ma wychwyty elektronów, które nie są związane z atomami tarczy węglowej. Wykazano, że jony siarki poruszające się w tarczy ciała stałego mają elektrony na podpowłokach 4p i 5p, czyli na podpowłokach, które w obojętnym atomie siarki nie są obsadzone. Oszacowano też średnie czasy życia dziur w powłoce K jonu siarki ze względu na przejścia satelitarne  $K\alpha^s_{1,2}$  i  $K\beta^s_{1,3}$  i hipersatelitarne  $K\alpha^h_{1,2}$  i  $K\beta^h_{1,3}$  (patrz rys.).



Czasy życia dziury w powłoce K ze względu na przejścia satelitarne i hipersatelitarne odpowiadające serii K promieniowania rentgenowskiego siarki.

<sup>1</sup>Instytut Problemów Jądrowych, Świerk

<sup>2</sup>Uniwersytet Erlangen-Nurnberg, Niemcy

<sup>3</sup>Wydział Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń

## Koncentracja pierwiastków śladowych a stopień rozwoju zdegenerowanych komórek rakowych człowieka

*J. Braziewicz, St. Gózdź<sup>1</sup>, M. Kucharzewski<sup>2</sup> i U. Majewska*

Niektóre pierwiastki w organizmie człowieka odgrywają istotną rolę w procesach kancerogennych, chroniąc go przed rakowaceniem lub przeciwnie, przyspieszają te procesy. Celem badań jest znalezienie korelacji pomiędzy zawartością pierwiastków w różnego rodzaju tkankach człowieka (surowica, krew, tkanki organów) a stopniem zdegenerowania komórek rakowych u chorego pacjenta. Badaniom poddane zostały: krew i tkanki tarczycy pobrane od pacjentów z różnymi rodzajami chorób tarczycy (wole guzkowe tarczycy, rak tarczycy, choroba Basedowa) oraz tkanki jelita od pacjentów z nowotworem jelita (rak jelita grubego oraz polipy okrężnicy i odbytu). W próbkach tych określono zawartość miedzi, cynku i selenu. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą testów t-Studenta oraz Snedecor-Fischera. W przypadku analizy krwi rezultaty porównano z wartościami uzyskanymi na podstawie badań grupy kontrolnej składającej się z osób, u których nie stwierdzono chorób tarczycy i jelit.

Cynk uczestniczy w metabolizmie węglowodanów, tłuszczu, białek oraz syntezie i degradacji kwasów nukleinowych; jest też kofaktorem enzymu dysmutazy nadtlenkowej, która zapobiega zapoczątkowaniu i progresji nowotworów poprzez ochronę komórek przed substancjami, które powodują tworzenie wolnych rodników. Selen jest integralną częścią enzymu peroksydazy glutationowej, która odgrywa ważną rolę w ochronie tkanki przed oksydacyjnym utlenianiem. Stwierdzono statystycznie istotne różnice w koncentracji Cu we krwi u pacjentów z chorobami tarczycy: najwyższą zawartość Cu zaobserwowano w przypadku raka tarczycy ( $2.02 \pm 0.23 \mu\text{g/g}$ ), a najniższą w grupie pacjentów z chorobą Basedowa ( $1.17 \pm 0.19 \mu\text{g/g}$ ). We wszystkich trzech chorobach poziom Cu był wyższy niż we krwi osób zdrowych ( $0.73 \pm 0.06 \mu\text{g/g}$ ). Analiza tkanek tarczycy wykazała najwyższą zawartość Cu w przypadku wola guzkowego tarczycy, a najniższą, podobnie jak we krwi, w grupie pacjentów z chorobą Basedowa. Statystyczną różnicę pomiędzy zawartością Zn we krwi znaleziono porównując przypadki: rak tarczycy - choroba Basedowa oraz rak tarczycy - grupa kontrolna. Nie została stwierdzona różnica pomiędzy przypadkiem raka tarczycy a wolem guzkowym tarczycy. W przypadku tkanki tarczycy koncentracje Zn w chorobie Basedowa i wole tarczycy są statystycznie różne od koncentracji cynku w raku tarczycy na poziomie ufności 99.95%. Zauważono interesującą zależność: w przypadku choroby Basedowa koncentracja Zn jest najwyższa w tkance tarczycy, a najniższa we krwi, natomiast w przypadku raka tarczycy jest odwrotnie: we krwi maksymalna, w tkance tarczycy minimalna. Statystycznie różne koncentracje Se we krwi stwierdzono w grupach: „choroba Basedowa” ( $0.48 \pm 0.07 \mu\text{g/g}$ ) a „rak tarczycy” ( $0.57 \pm 0.10 \mu\text{g/g}$ ) oraz „choroba Basedowa” a „wole guzkowe” ( $0.60 \pm 0.06 \mu\text{g/g}$ ), a w przypadku tkanki tarczycy statystyczne różnice znaleziono pomiędzy grupami: „choroba Basedowa” ( $1.47 \pm 0.38 \mu\text{g/g}$ ) a „rak tarczycy” ( $0.88 \pm 0.11 \mu\text{g/g}$ ) oraz „rak tarczycy” a „wole guzkowe” ( $1.48 \pm 0.34 \mu\text{g/g}$ ).

Uzyskane rezultaty sugerują, że cynk i miedź mogą stać się markerem chorób tarczycy. Stwierdzone najniższe stężenie selenu w raku tarczycy potwierdza ochronną rolę tego pierwiastka, polegającą na wiązaniu go przez białko tarczycy

<sup>1</sup>Świętokrzyskie Centrum Onkologii w Kielcach

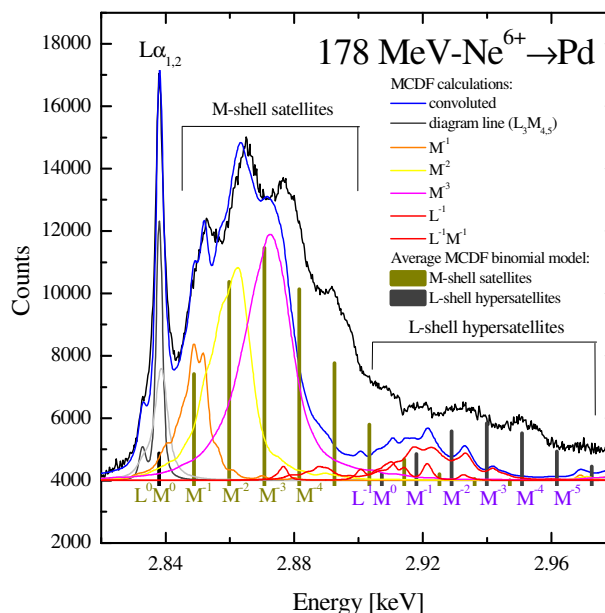
<sup>2</sup>Śląska Akademia Medyczna w Bytomiu

# Analiza struktury satelitarnej promieniowania X serii L i M wzbudzonego w zderzeniach jonów O i Ne z atomami

M. Czarnota, M. Pajek, D. Banaś, D. Chmielewska<sup>1</sup>, J. Rzadkiewicz<sup>1</sup>,  
Z. Sujkowski<sup>1</sup>, M. Polasik<sup>2</sup>, J.-Cl. Dousse<sup>3</sup>, M. Berset<sup>3</sup>, Y.-P. Maillard<sup>3</sup>,  
P.-A. Raboud<sup>3</sup>, O. Mauron<sup>3</sup> i J. Hoszowska<sup>4</sup>

Promieniowanie rentgenowskie emitowane w zderzeniach ciężkich jonów z atomami niesie informacje o wielokrotnej jonizacji zewnętrznych powłok atomowych (L, M, N i O), bowiem energia przejść rentgenowskich zależy od konfiguracji elektronowej w momencie emisji promieniowania rentgenowskiego, czyli od ilości „dziur” w powłokach atomowych. Emitowane w takich warunkach promieniowanie X tworzy strukturę satelitarną, która odpowiada możliwym konfiguracjom elektronowym w zjonizowanym atomie.

Analizowane były widma promieniowania X zmierzone z wykorzystaniem krystalicznego spektrometru refleksyjnego Von Hamosa zainstalowanego na wiązce jonów cyklotronu Philipsa w Instytucie Paula Scherrera w Villigen w Szwajcarii. Zastosowany spektrometr umożliwił uzyskanie wysokiej zdolności rozdzielczej (około 1 eV dla energii 3 keV). Zmierzono widma serii L dla Zr, Mo i Pd oraz serii M dla Th. Analiza widm opierała się na porównywaniu zmierzonych widm z widmami teoretycznymi otrzymanymi na podstawie wielokonfiguracyjnych, relatywistycznych obliczeń Diraca-Focka (MCDF). Przy opracowywaniu wyników pomiarów przyjęto założenie, że intensywności linii satelitarnych w widmie podlegają rozkładowi dwumianowemu. Ze względu na bardzo złożony charakter obliczeń strukturalnych MCDF, przeprowadzono analizę, wykorzystującą obliczenia MCDF dla konfiguracji zawierających do trzech dziur. Stwierdzono, bardzo dobrą zgodność widm zmierzonych z teoretycznymi w tym obszarze. Dla pełnego odtworzenia struktury satelitarnej zmierzonych widm potrzebne są jednak dalsze obliczenia MCDF dla konfiguracji z czterema i więcej dziurami.



Zmierzone widmo linii  $L\alpha_{1,2}$  palladu z widoczną strukturą satelitarną oraz hipersatelitarną wraz z teoretycznym rozkładem intensywności linii satelitarnych uzyskanym w oparciu o model dwumianowy (słupki) oraz strukturą wynikającą z obliczeń MCDF.

Badania prowadzone były we współpracy z Instytutem Problemów Jądrowych w Świerku, Uniwersytetem im. M. Kopernika w Toruniu oraz Uniwersytetem we Fryburgu i Instytutem Paula Scherrera (PSI) w Villigen w Szwajcarii.

<sup>1</sup>Instytut Problemów Jądrowych, Świerk

<sup>2</sup>Uniwersytet M. Kopernika, Toruń

<sup>3</sup>Uniwersytet we Fryburgu, Szwajcaria

<sup>4</sup>European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), Grenoble, Francja

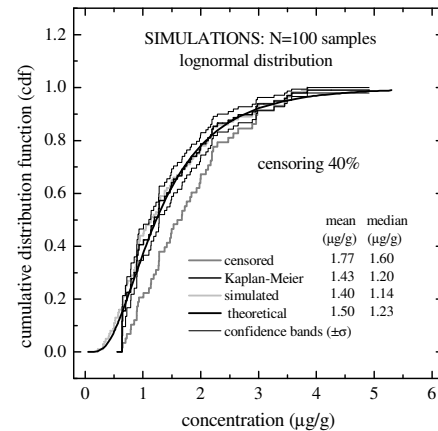


# Cenzurowanie w rentgenowskiej analizie fluorescencyjnej

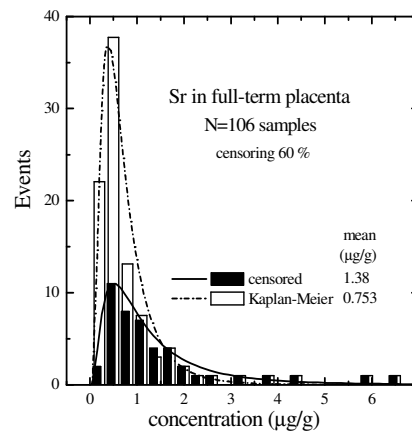
A. Kubala-Kukuś, J. Braziewicz i M. Pajek

Prowadzone badania dotyczyły zastosowań spektroskopii rentgenowskiej w badaniu rozkładów koncentracji pierwiastków śladowych w różnorodnych materiałach biomedycznych. Badania te mają charakter interdyscyplinarny, dotyczą zagadnień z pogranicza fizyki, medycyny i ochrony środowiska. W pomiarach koncentracji pierwiastków śladowych wykorzystuje się rentgenowską analizę fluorescencyjną (XRF) oraz rentgenowską analizę fluorescencyjną z całkowitym odbiciem wiązki padającej (TXRF). Celem tych badań jest poznanie natury rozkładów koncentracji pierwiastków śladowych, a także odtwarzanie rozkładów koncentracji w przypadkach kiedy koncentracja nie jest wyznaczana bezpośrednio w pomiarze, ze względu na wartość koncentracji poniżej progu wykrywalności metody.

W ostatnio prowadzonych badaniach zostało pokazane, że pomiary koncentracji pierwiastków śladowych w przypadku wartości koncentracji poniżej progu detekcji stanowią przykład losowego lewostronnego cenzurowania. Znane metody estymowania dystrybuanty dla danych losowo prawostronnie cenzurowanych (estymatory Kaplana-Meiera oraz Nelsona-Aalena) zostały odpowiednio zmodyfikowane dla danych cenzurowanych lewostronnie. Dokładność tych estymatorów (~5%) została sprawdzona w przeprowadzonych symulacjach Monte Carlo, obejmujących rozkłady log-normalne i log-stabilne (opisujące rozkłady koncentracji pierwiastków w materiałach biomedycznych) dla różnych liczebności próbek a także różnych poziomów cenzurowania (Rys. 1). Symulacje potwierdziły użyteczność omawianych estymatorów w analizie danych cenzurowanych. Rezultaty powyższe zostały następnie wykorzystane praktycznie do odtwarzania cenzurowanych rozkładów koncentracji pierwiastków śladowych w materiałach biomedycznych, badanych metodą rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej (Rys. 2). Dyskutowane estymatory umożliwiły również statystyczną interpretację metody rekonstrukcji cenzurowanych rozkładów koncentracji, która ta metoda została opracowana w sposób niezależny, bez poprzedniego wprowadzania koncepcji cenzurowania. Opracowano statystycznie poprawne metod porównywania cenzurowanych rozkładów koncentracji pierwiastków śladowych (log-rank test), co ma szczególne znaczenie dla porównywania koncentracji pierwiastków śladowych w różnych populacjach. W realizowanych badaniach rozwinięto również metody statystyczne umożliwiające testowanie statystyczne rozkładów log-stabilnych (z koniecznymi symulacjami Monte Carlo)



Rys.1 Cenzurowany rozkład koncentracji dla N=100 próbek, symulowany z rozkładu log-normalnego, dla 40% poziomu cenzurowania. Przedstawiano dystrybuanty rozkładów: teoretycznego, symulowanego, cenzurowanego i odtworzonego przy użyciu estymatora Kaplana-Meiera.



Rys.2 Cenzurowany rozkład koncentracji strontu (Sr) w próbkach łożysk porównany z rozkładem odtworzonym przy użyciu estymatora Kaplana-Meiera. Podano średnie wartości koncentracji.

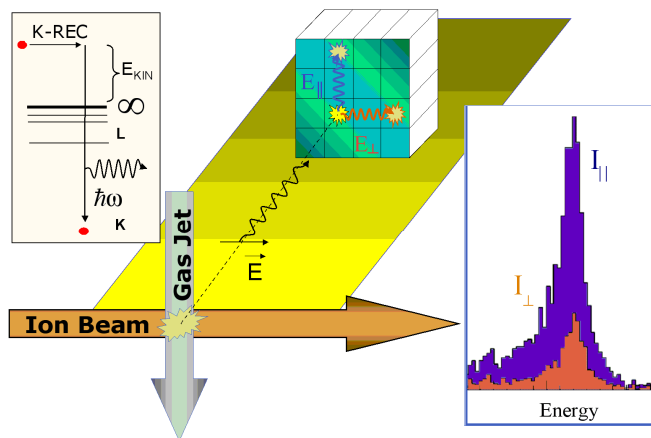
# Pomiar polaryzacji promieniowania rentgenowskiego emitowanego w relatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów z atomami

D. Banaś

W zderzeniach ciężkich, całkowicie obdartych lub kilku-elektronowych jonów z lekkimi atomami dominującym procesem prowadzącym do emisji promieniowania rentgenowskiego jest wychwyt quasi-swobodnego elektronu tarczy do niezapełnionego stanu związanego pocisku czyli tzw. radiacyjny wychwyt elektronu (REC). Przeprowadzone dotychczas eksperymenty pokazały, że całkowity przekrój czynny na emisję REC maleje silnie z energią jonów, a intensywność emitowanego promieniowania zależy od kąta emisji. Ponadto, zgodnie z przewidywaniami teoretycznymi, promieniowanie emitowane w procesie radiacyjnego wychwytu elektronu powinno być spolaryzowane liniowo, a jego polaryzacja silnie zależy od energii jonów oraz kąta rejestracji.

W roku 2002 w GSI w Darmstadt został przeprowadzony pierwszy eksperyment na wiązce z pierścienia akumulacyjnego ESR, którego celem był pomiar stopnia polaryzacji promieniowania K-REC emitowanego w zderzeniu ciężkich, całkowicie obdartych jonów uranu o energii 400MeV/u z atomami azotu. W pomiarach wykorzystano fakt, że zgodnie z formułą Kleina-Nishiny, przez pomiar kąta rozproszenia fotonu w wyniku efektu Comptona można określić jego początkową polaryzację. Przy prędkościach relatywistycznych energia promieniowania emitowanego w procesie wychwytu elektronu do powłoki K (K-REC) w układzie laboratoryjnym mieści się zazwyczaj w zakresie od 50 do 500 keV, a więc efekt Comptona jest dominującym procesem zachodzącym w detektorze.

Do pomiaru wykorzystano pozycyjnie czuły segmentowy (4x4) detektor germanowy zamontowany pod kątem  $90^\circ$  w stosunku do kierunku wiązki (patrz rysunek). Tego typu detektor umożliwia określenie stopnia polaryzacji przez pomiar koincydencji między dwoma dowolnymi segmentami detektora, a tym samym wyznaczenie kąta rozproszenia fotonu. Pierwszy z segmentów mierzy energię elektronu Comptona, drugi natomiast energię rozproszonego fotonu. Fakt, że energia zdeponowana przez elektron jest zawsze mniejsza od energii fotonu pozwala jednoznacznie zidentyfikować segment, w którym nastąpiło rozproszenie. Analizując wszystkie możliwe kombinacje pikseli można precyzyjnie określić polaryzację mierzonych fotonów.



Na rysunku pokazano wstępne wyniki przeprowadzonego eksperymentu. Porównano zmierzoną intensywność promieniowania rozproszonego prostopadle i równoległe do osi wiązki. Wyniki jednoznacznie pokazują, że emitowane w procesie K-REC promieniowanie jest silnie spolaryzowane w płaszczyźnie reakcji.

## **ZAKŁAD FIZYKI JĄDROWEJ**

### **Skład osobowy**

Dr hab. Zbigniew Włodarczyk – kierownik zakładu,  
dr Grzegorz Stefanek, mgr Maciej Rybczyński

### **Tematyka badawcza**

Działalność naukowa zakładu dotyczy (1) zderzeń jąder atomowych przy wysokich energiach oraz (2) promieniowania kosmicznego.

1) Prowadzone są eksperymentalne badania zderzeń relatywistycznych jąder atomowych w ramach realizowanego w Europejskim Centrum Badań Jądrowych (CERN) eksperymentu NA49. Analiza danych doświadczalnych koncentruje się na produkcji cząstek dziwnych, kolektywnym strumieniu cząstek oraz na problemie fluktuacji, szczególnie krotności. Kontynuowana jest jeszcze analiza danych z eksperymentu WA98. Przygotowywany jest również eksperymentu ALICE przy akceleratorze LHC w CERN. Prowadzone są prace teoretyczne polegające na modelowaniu zderzeń wysoko-energetycznych jąder atomowych.

2) Analizowane są dane eksperymentalne dotyczące szerokich lawin atmosferycznych (EAS), ich składu i rozkładów energii tworzących je cząstek. Konstruowane są modele teoretyczne takich lawin.

### **Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:**

Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, Warszawa

Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego, Kraków

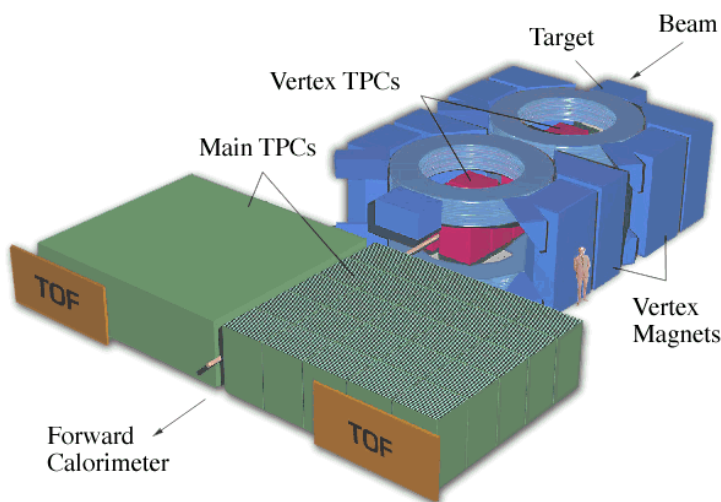
Europejskie Centrum Badań Jądrowych (CERN), Genewa, Szwajcaria

Instytut Fizyki Jądrowej Uniwersytetu im J. Goethego, Frankfurt nad Menem, Niemcy

## Badanie zderzeń relatywistycznych jąder atomowych w eksperymencie NA49

*R. Korus, St. Mrówczyński, M. Rybczyński, G. Stefanek i Z. Włodarczyk*

Zderzenia relatywistycznych jąder atomowych stwarzają unikalną możliwość wytworzenia i badania własności silnie-oddziaływującej materii. Dotyczy to szczególnie plazmy kwarkowo-gluonowej - fazy, w której kwarki i gluony nie są uwięzione we wnętrzach hadronów, lecz poruszają się w całej objętości zajmowanej przez układ. Plazma kwarkowo-gluonowa powstaje we wczesnej fazie zderzenia, kiedy wytworzona w zderzeniu materia jest dostatecznie gęsta i gorąca. Później układ rozszerza się i stygnie, aż w pewnym momencie następuje hadronizacja tzn. kwarki i gluony sklejają się w hadrony, które ostatecznie są rejestrowane przez detektory cząstek. Zasadniczym celem całego programu eksperymentalnego zderzeń jąder atomowych jest określenie własności owej gęstej i gorącej materii na podstawie charakterystyk stanu końcowego zderzenia.



Układ eksperymentalny NA49

Układ eksperymentalny określany symbolem NA49 działa przy akceleratorze SPS w Europejskim Centrum Badań Jądrowych (CERN). Tworzy cały system detektorów, którego sercem są dwie duże oraz dwie mniejsze tzw. komory projekcji czasowej. Dwie mniejsze - komory wierzchołka - umieszczone są w polu magnetycznym, co umożliwia pomiar pędu cząstek. Układ, wyposażony także w liczniki czasu przelotu oraz kalorymetr umieszczony pod zerowym kątem rozpraszania, pozwala rejestrować cząstki, mierzyć ich pęd i częściowo je identyfikować w dużym obszarze przestrzeni fazowej.

Program badawczy zespołu realizującego eksperyment NA49 koncentrował się w ostatnich latach na pomiarach dużej liczby charakterystyk zderzeń Pb-Pb w szerokim zakresie energii padającego jądra od 20 do 160 GeV na nukleon. Zebrane dane, szczególnie te dotyczące krotności i produkcji cząstek dziwnych, pozwalają przypuszczać, że przy energii ok. 40 GeV na nukleon następuje jakościowa zmiana charakteru materii wytworzonej w zderzeniu, co może być interpretowane jako przejaw powstawania plazmy kwarkowo-gluonowej. Głównym celem obecnie prowadzonych prac jest weryfikacja tej hipotezy.

## Nieekstensywna entropia informacyjna dla sieci stochastycznych

Z. Włodarczyk

Sieci stochastyczne znajdują zastosowanie do opisu złożonych układów występujących w wielu dyscyplinach współczesnej nauki, tak pozornie odległych jak biologia molekularna, socjologia, ekonomia i nauki komputerowe. Przykładowo, żywe organizmy tworzą olbrzymie sieci genetyczne, których węzłami są proteiny i połączenia reprezentują oddziaływania chemiczne pomiędzy nimi. Podobnie duża sieć jest tworzona przez układ nerwowy, którego węzłami są neurony połączone przez aksony. Sieci komputerowe (World-Wide Web), których wierzchołkami są dokumenty HTML połączone poprzez hiper-linki URL, wykazują porównywalnie złożoną topologię.

Analiza różnorodnych sieci stochastycznych wskazuje, że prawdopodobieństwo  $P(k)$  połączenia węzła z  $k$  innymi węzłami opisywane jest potęgowym prawem  $P(k) \propto k^{-\gamma}$ . Potęgowy rozkład z uniwersalnym wykładnikiem  $\gamma \cong 3$  jest z sukcesem stosowany od ponad pół wieku do opisu różnorodnych układów złożonych. Rozkład Pareto opisuje zamożność jednostek w ustabilizowanych systemach ekonomicznych, prawo Zipfa znalazło zastosowanie w lingwistyce (opisuje częstość występowania słów w tekście) a także opisuje rozkład cytowań prac naukowych.

Maksymalizacja nieekstensywnej entropii informacyjnej

$$S_q = -\left(1 - \sum P^q(k)\right)/(1-q)$$

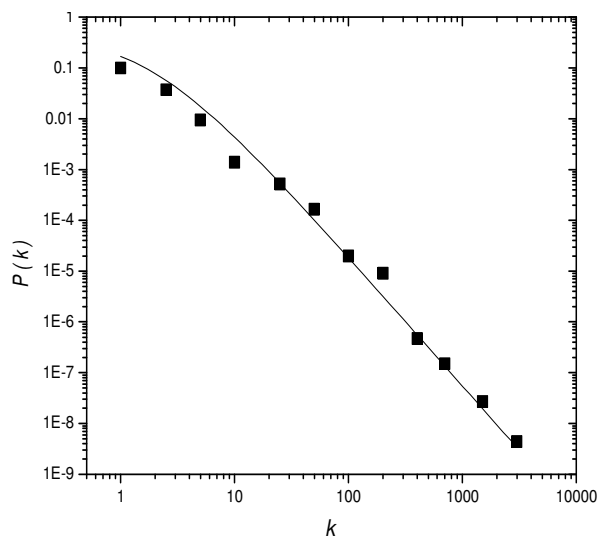
daje możliwość opisu rozkładów prawdopodobieństwa

$$P_q(k) \propto [1 - (1-q)k/\lambda]_{1-q}^q$$

liczby połączeń w sieci stochastycznej od rozkładu eksponencjalnego (dla  $q=1$ ) do rozkładu potęgowego w granicznym przypadku (duże  $k$ ) z wykładnikiem potęgi  $\gamma = q/(q-1)$ .

Dla parametru nieekstensywności  $q=3/2$ , prowadzącym do rozbieżności wariancji rozkładu  $P(k)$ , otrzymujemy wykładnik potęgi  $\gamma=3$  obserwowany w analizie różnorodnych układów o złożonej topologii.

Nieekstensywność entropii informacyjnej, prowadząca w konsekwencji do bezskalowego potęgowego rozkładu  $P(k)$  liczby połączeń w sieci, jest odzwierciedleniem faktu że nowy węzeł sieci preferuje połączenia z węzłem o największej liczbie połączeń. Duże sieci komunikacyjne lub infrastruktura połączeń internetowych są spektakularną realizacją tego mechanizmu.



Rozkład prawdopodobieństwa połączeń w sieci WWW (32579 węzłów). Obserwowany rozkład (pokazany punktami) porównano z rozkładem teoretycznym (linia ciągła)  $P_q(k)$  dla parametru nieekstensywności  $q = 1.65$  i wartości średniej  $\langle k \rangle = \lambda q/(2-q) = 5.46$ .

## Nieekstensywność a rozkłady rapidity

M. Rybczyński

Do opisu procesów produkcji cząstek w zderzeniach wysokoenergetycznych często stosuje się metody klasycznej statystyki Boltzmana – Gibbsa (BG). Oddziaływaniom relatywistycznych cząstek towarzyszą różnego rodzaju długozasięgowe korelacje i fluktuacje, dlatego też, co pokazano ostatnio, do opisu tychże procesów powinno się raczej stosować metody statystyki nieekstensywnej, w której nowy parametr  $q$  opisuje odstępstwo od statystyki BG osiąganey w granicy  $q \rightarrow 1$ .

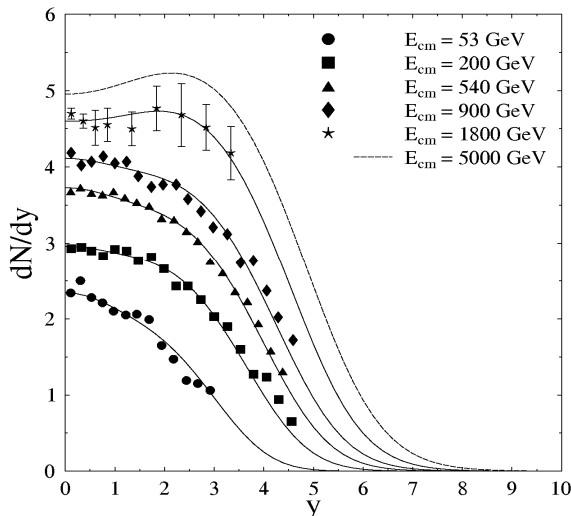
Rozkłady rapidity wtórnych cząstek stanowią ważną charakterystykę oddziaływania wysokoenergetycznego. Opisano rozkłady rapidity cząstek (głównie pionów) wyprodukowanych w oddziaływaniach proton – antyproton ( $p\bar{p}$ ) w szerokim zakresie energii, używając modelu anomalnej dyfuzji dla podkreślenia nierównowagowego charakteru tego procesu. Proces hadronizacji przedstawiony jest jako dyfuzja cząstek wtórnych w przestrzeni rapidity opisywana równaniem Fokkera – Plancka (FP). Anomalna dyfuzja pojawia się w przypadku nieekstensywnym, kiedy  $q \neq 1$ . Nieliniowe równanie FP ma postać ( $f = f(y, t)$ ,  $y$  - rapidity,  $t$  - czas,  $D$  - współczynnik dyfuzji,  $J$  - współczynnik dryfu):

$$\frac{\delta}{\delta t} f^\mu = \frac{\delta}{\delta y} \left\{ J(y) f^\mu + D \frac{\delta}{\delta y} f^\nu \right\} \quad (1)$$

Dla  $q = \nu = 1$  otrzymujemy liniowe równanie FP, prowadzące do klasycznego przypadku statystyki BG. Nieliniowe równanie FP, otrzymujemy dla  $\mu = 1$  oraz  $\nu = 2 - q$ , którego rozwiązaniem jest funkcja postaci:

$$f_q(y) = \left[ 1 - (1 - q) \frac{m_T}{T} \cosh(y - y_m) \right]^{\frac{1}{1-q}} \quad (2)$$

Na rysunku przedstawiono rozkłady rapidity wtórnych cząstek wyprodukowanych w zderzeniach  $p\bar{p}$  opisane przy użyciu wyrażenia (2).



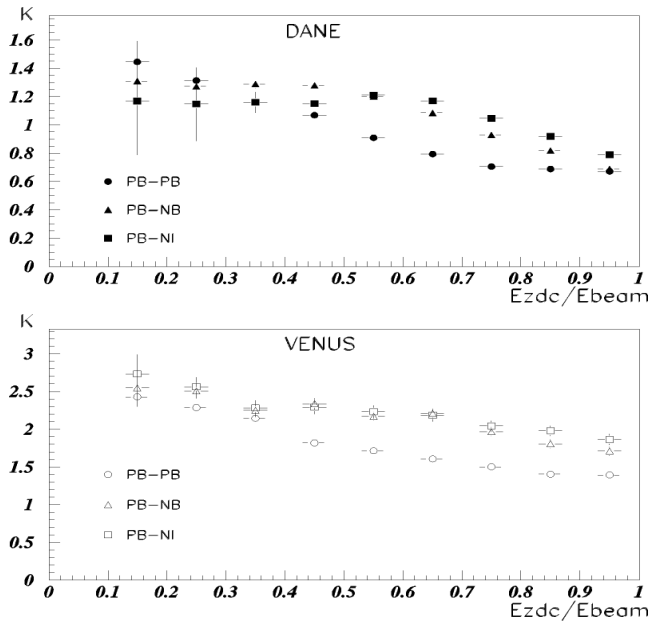
Rozkłady rapidity cząstek wtórnych wyprodukowanych w zderzeniach  $p\bar{p}$  opisane przez wyrażenie (2). Najszerszy rozkład (przerwana linia bez punktów) pokazuje przewidywania modelu anomalnej dyfuzji dla zakresu energii dostępnego w przyszłości w akceleratorze LHC.

## Badanie poziomu zderzeń wtórnych w reakcjach Pb-Pb, Pb-Nb i Pb-Ni przy energii 158 AGeV

G. Stefanek

Zderzenia relatywistycznych ciężkich jonów stwarzają unikalną szansę zbadania procesów zachodzących ekstremalnych warunkach wysokiej gęstości materii i energii. Od wielu lat kluczowym pytaniem jest, który z dwóch podstawowych modeli zachowania jąder podczas zderzenia (wewnętrzna kaskada czy zachowanie hydrodynamiczne) poprawnie opisuje dane eksperymentalne. Przewidywania modeli są istotnie różne. Model wewnętrznej kaskady przewiduje małe efekty kolektywne i znaczną przejrzystość jąder, modele zaś hydrodynamiczne dają silne efekty kolektywne i niemal zupełny brak przejrzystości. Zachowanie materii w centralnym obszarze zderzenia ma wpływ na krotności i rozkłady cząstek w obszarach rapidity, w których rejestrowane są produkty fragmentacji tarczy i pocisku. W modelowym opisie procesu fragmentacji przyjmuje się, że w wyniku wtórnych rozprośnień cząstek tworzy się kaskada wewnątrzjądrowa. Zderzenia wtórne mają znaczący wpływ na rozmiary źródła emisji, mierzone metodą natężeniową, i wartości przepływów kolektywnych, jak też modyfikują szereg sygnatur pochodzących od wczesnej fazy zderzenia.

W eksperymencie WA98 analizowano krotności oraz rozkłady rapidity, pseudo-rapidity i kąta polarnego  $\theta$  protonów, wykorzystując detektor Plastic Ball. Spektrometr ten rejestruje mezony  $\pi$ , protony, deuterony i cięższe fragmenty w zakresie rapidity od  $-0.5$  do  $0.3$  (w układzie laboratoryjnym), a zatem mierzy produkty fragmentacji tarczy. Wyniki porównywano z przewidywaniami modelu VENUS, wykorzystującego mechanizm tworzenia kaskady wewnątrzjądrowej. Krotności protonów w przypadkach doświadczalnych są niemal dwukrotnie wyższe niż te pochodzące z modelu VENUS. Również rozkłady rapidity i pseudo-rapidity w danych wykazują znaczące różnice w porównaniu z przewidywaniami modelu. Poziom zderzeń wtórnych określano poprzez współczynnik  $K$ , występujący w formule  $dN/d\cos\theta = C * \exp(K*\cos\theta)$  dobrze opisującej rozkłady kąta polarnego protonów w obszarze fragmentacji tarczy. Zależność współczynnika  $K$  od centralności zderzenia wskazuje na decydujący wpływ geometrii zderzenia na wielkość kaskady tworzonej w jądrze tarczy i potwierdza, że poziom zderzeń wtórnych w modelu VENUS jest znacząco niższy niż w eksperymencie.



Zależność współczynnika  $K$  od centralności zderzenia, mierzonej stosunkiem  $E_{zdc}/E_{beam}$  ( $E_{zdc}/E_{beam} = 0$  przypadki najbardziej centralne)

## ZAKŁAD FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ

### **Skład osobowy**

Prof. dr hab. Marian Kargol - kierownik zakładu,  
dr Grażyna Suchanek, dr Kazimierz Dworecki, dr Armin Kargol (urlop),  
mgr Beata Ornal-Wąsik (urlop), mgr Sławomir Wąsik, inż. Adam Markowski.

### **Tematyka badawcza**

Badania prowadzone w zakładzie dotyczą procesów transportu substancji w układach membranowych. Występują tu takie zjawiska jak: dyfuzja, grawidyfuzja, osmoza, grawiosmoza, odwrócona osmoza, konwekcja, unoszenie. Szczególne miejsce w tych poszukiwaniach, prowadzonych głównie przy zastosowaniu metod interferometrycznych, zajmuje badanie wpływu siły ciężenia na stan tzw. przymembranowych warstw dyfuzyjnych. Badane są zmiany właściwości transportowych membran na skutek implantacji jonów. Realizowane są też badania biofizyczne, dotyczące fizycznych podstaw wymuszania translacji wody w roślinach, zachodzącej na długich dystansach.

### **Zakład dysponuje następującą aparaturą:**

Układ interferometryczny (interferometr Macha-Zehndera) do badań stężeń substancji transportowanej przez membranę; układ do pomiaru strumienia substancji przez membranę oraz określenia elektrycznych potencjałów membranowych.

### **Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:**

Institute of Applied Physics, Miyazaki University, Japonia  
Department of Physics, Tulane University, New Orleans, USA.



## Eksperymentalne badania dyfuzji anomalnej w układach membranowych

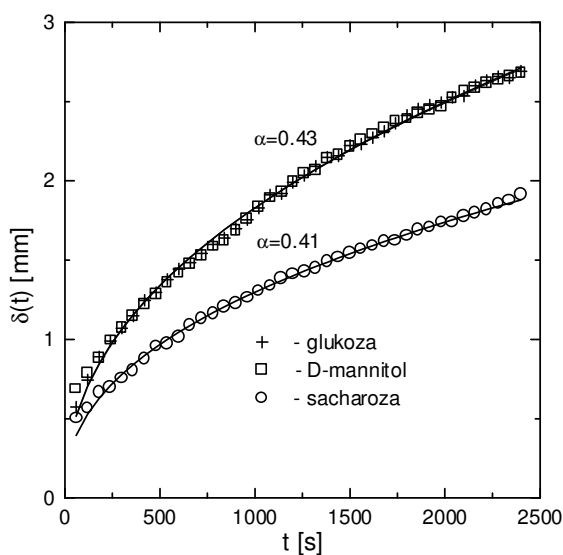
K. Dworecki i S. Wąsik

Zasadniczym procesem transportu substancji przez membrany jest dyfuzja. W celu określenia jej charakteru istotne jest zbadanie ewolucji tzw. stężeniowych warstw granicznych (SWG) oraz rozkładu stężeń w otoczeniu membrany tj. profili stężeniowych. Gdy grubość SWG rośnie wraz z czasem zgodnie z zależnością  $t^\alpha$ , gdzie  $\alpha=0,5$ , mamy do czynienia z normalną dyfuzją gaussowską. Jeśli natomiast  $\alpha \neq 0,5$  dyfuzja ma charakter anomalny. W przypadku, gdy  $\alpha < 0,5$  jest to subdyfuzja, jeśli zaś  $\alpha > 0,5$  – superdyfuzja. Transport subdyfuzyjny zachodzi między innymi w ośrodkach porowatych, natomiast z transportem superdyfuzyjnym spotykamy się najczęściej w układach z konwekcją naturalną bądź wymuszoną.

Dla zbadania ewolucji SWG i profili stężeniowych zastosowano metodę interferometrii laserowej. Badania dotyczyły dyfuzji w układzie membranowym składającym się z dwóch jednakowych kuwet szklanych przedzielonych horyzontalnie usytuowaną membraną polimerową. Jedna z kuwet była napełniana wodnymi roztworami D-mannitolu, sacharozy i glukozy w formie żelu, druga zaś – czystym żelem.

Na podstawie danych eksperymentalnych stwierdzono, że grubość SWG w badanym układzie membranowym rośnie w czasie zgodnie z zależnością  $\delta(t) \sim t^\alpha$ , gdzie  $\alpha < 0,5$ . Oznacza to, że dla zastosowanych roztworów transport substancji ma charakter subdyfuzyjny.

Przeprowadzone badania pozwalają lepiej zrozumieć mechanizmy transportu substancji w układach membranowych i posłużą do weryfikacji opisu teoretycznego procesów transportu w tych układach. Ponadto badania te potwierdzają przydatność metody interferometrycznej do określania struktury przestrzenno-czasowej stężeniowych warstw granicznych.



Grubość warstwy przymembranowej w funkcji czasu

## O stosowalności termodynamicznych równań Kedem-Katchalsky'ego i mechanistycznych równań transportowych

M. Kargol, A. Kargol, G. Suchanek i M. Dobkowicz<sup>1</sup>

Równania termodynamiczne Kedem-Katchalsky'ego (KK) były już od samego początku ich ogłoszenia (lata 50-te ubiegłego stulecia) szeroko stosowane do badań przenikania substancji przez błony biologiczne (a w tym przez błony komórkowe) oraz membrany sztuczne. Przy ich wykorzystaniu powstał ogromny materiał badawczy, dotyczący zwłaszcza przenikania substancji przez błony komórkowe. Równania te można zapisać:

$$J_v = L_p \Delta P - L_p \sigma \Delta \Pi \quad \text{oraz} \quad j_s = \omega \Delta \Pi + (1 - \sigma) \bar{C} J_v ,$$

gdzie  $J_v$ ,  $j_s$  - strumienie,  $L_p$ ,  $\sigma$  i  $\omega$  - parametry,  $\Delta P$  i  $\Delta \Pi$  - różnice ciśnień (mechanicznych i osmotycznych), a  $\bar{C} = 0.5(C_1 + C_2)$  - stężenie średnie.

Jednakże równania te stosują się wyłącznie do membran jednorodnych, są mało czytelne interpretacyjnie, a równanie na strumień  $j_s$  odniesione do porowatych membran niejednorodnych (a takimi są błony komórkowe) jawi się jako błędne. W związku z tym zostały przez M. Kargola i A. Kargola wyprowadzone i opublikowane w szeregu prac z lat 2000 - 2003 mechanistyczne równania transportowe:

$$J_{vM} = L_p \Delta P - L_p \sigma \Delta \Pi \quad \text{oraz} \quad j_{sM} = \omega_d \Delta \Pi + (1 - \sigma) \bar{C} L_p \Delta P ,$$

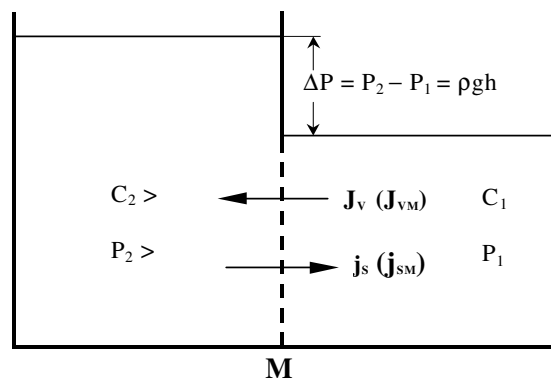
gdzie  $J_{vM}$ ,  $j_{sM}$  - strumienie (objętościowy i strumień substancji rozpuszczonej).

Podane wyżej równania zostały zapisane adekwatnie do przedstawionego niżej układu membranowego. Równania mechanistyczne są w aspekcie fizycznym zupełnie klarowne i stosują się do dowolnych membran jednorodnych, a także do niejednorodnych membran porowatych.

W ramach prac badawczych przypadających na rok 2002 dokonano szerokiej analizy interpretacyjnej zarówno równań KK, jak też równań mechanistycznych. W rezultacie tego znaleziono następujące wzory transformacyjne:

$$\omega_d = (1 - \sigma) \bar{C} L_p \quad \text{oraz} \quad \omega = \omega_d (1 + \sigma) ,$$

które pozwalają na odpowiednie przeliczanie wyników uzyskanych na gruncie równań KK i ich reinterpretowanie z punktu widzenia mechanistycznych równań transportowych. Dzięki tym wzorom transformacyjnym można też poszukiwać takich cech równań KK i równań mechanistycznych, które świadczyłyby o ich wzajemnej ekwiwalentności. Można tu nawet powiedzieć, że aktualnie zaistniała sytuacja, w której badawczy materiał doświadczalny uzyskany z wykorzystaniem równań KK będzie mógł być bardziej wnikliwiej analizowany na gruncie mechanistycznych równań transportowych.



Układ membranowy

<sup>1</sup> Wydział Fizjoterapii Politechniki Opolskiej

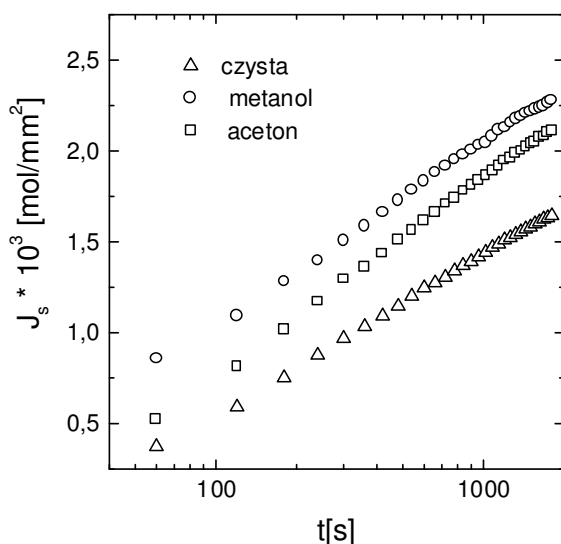
## Modyfikacja własności transportowych membran polimerowych

K. Dworecki, T. Hasegawa<sup>1</sup> i S. Wąsik

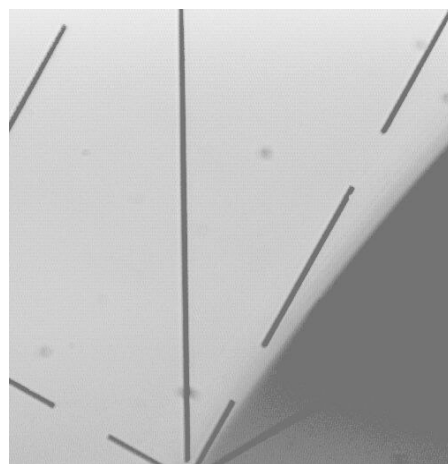
W ostatnich latach obserwuje się stale wzrastające zainteresowanie stosowaniem membran polimerowych w medycynie (dializa), ochronie środowiska (oczyszczanie wód), przemyśle (filtry przemysłowe) i technice (mikroelektronika). Wiele fizycznych, chemicznych i użytkowych właściwości materiałów polimerowych można zmieniać modyfikując je metodami radiacyjnymi lub chemicznymi.

W procesach transportu substancji przez membrany na równi z porowatością oraz rozkładem por istotne znaczenie ma zwilżalność. W przypadku membran hydrofobowych brak oddziaływań polimer-woda w porach membrany powoduje wzrost oddziaływań woda-woda. Prowadzi to do powstania „agregatów” wody w porach membrany, co utrudnia transport substancji. Dlatego przepuszczalność membran hydrofobowych można zmieniać przez modyfikację powierzchni polimeru. W tym też celu przeprowadzono modyfikację powierzchni próbek polipropylenowych (PP) takimi substancjami jak: metanol, etanol, kwas siarkowy i aceton. Modyfikowane w ten sposób folie propylenowe poddane zostały badaniom spektroskopowym: IR, UV-VIS i kąta zwilżania (dla wody) oraz współczynnika przepuszczalności dyfuzyjnej.

Wyniki badań kąta zwilżania membran polipropylenowych dla wody wskazują, że największe różnice tego kąta w stosunku do próbki niemodyfikowanej obserwuje się przy modyfikacji powierzchni PP metanolem (różnice te wynoszą 30%). Wyniki badań widm IR i UV-VIS wskazują jedynie na zmianę transmitancji tych widm. Natomiast wyniki badań przepuszczalności dyfuzyjnej membran modyfikowanych i niemodyfikowanych wskazują, że modyfikacja powierzchni polimeru PP danymi substancjami wpływa na ich przepuszczalność.



Czasowa zależność przepływów etanolu przez różne membrany: niemodyfikowaną – czystą, modyfikowane metanolem i acetonem.



Kropla wody na powierzchni membrany PP modyfikowanej acetonem

<sup>1</sup>Instytut Fizyki Stosowanej Uniwersytetu w Miyazaki (Japonia)

## **ZAKŁAD ASTROFIZYKI**

### **Skład osobowy**

Dr hab. Piotr Flin - kierownik zakładu,  
dr Janusz Krywult, mgr Monika Biernacka

### **Tematyka badawcza**

Badanie własności wielkoskalowych struktur we Wszechświecie. Szczególnie interesujące są dla nas te własności, które mogą być użyte do testowania teorii powstawania struktur we Wszechświecie i ich ewolucji.

### **Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:**

Istituto Astronomico Università di Roma „La Sapienza”;

Obserwatorium Astronomiczne Narodowego Uniwersytetu im. Tarasa Szewczenki, Kijów

# Eliptyczności gromad galaktyk

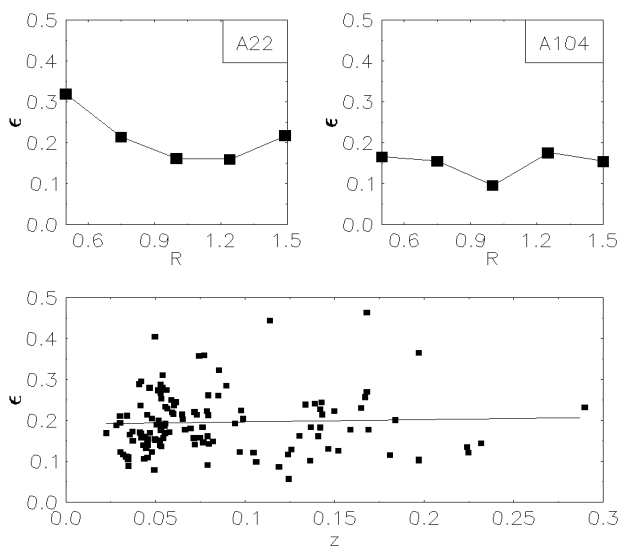
*P. Flin, J. Krywult i M. Biernacka*

Badania dotyczące ewolucji gromad galaktyk wskazują na możliwość występowania zależności pomiędzy kształtem gromady a jej wiekiem. Zaobserwowano, słabą, liniową korelację pomiędzy eliptycznością gromady, a przesunięciem jej widma ku czerwieni (Plionis 2002). W celu wykrycia tego typu korelacji analizowano próbkę, składającą się z 163 gromad Abellowskich. Dane te pochodziły z automatycznych skanów klisz fotograficznych poddanych komputerowej obróbce w obserwatoriach w Rzymie i Edynburgu. Ponadto wykorzystano katalogi gromad galaktyk otrzymane przez nas ze skanów Pierwszego Palomarskiego Przeglądu Nieba (DSS).

Badaniom poddano wszystkie galaktyki gromady leżące w odległości mniejszej niż 1.5 Mpc ( $h=0.75$ ,  $q_0=0.5$ ) od środka gromady i o jasnościach z przedziału  $m_3$  do  $m_3+3$ , gdzie  $m_3$  jest jasnością trzeciej najjaśniejszej galaktyki w obiekcie. Obliczenia eliptyczności wykonane były w pięciu koncentrycznych pierścieniach o promieniach  $R$  od 0.5 do 1.5 Mpc, z krokiem 0.25 Mpc. Pozwoliło to wyznaczyć dla każdej z gromad nie tylko poszukiwany parametr, ale również jego zmianę w funkcji odległości od centrum. W analizowanej próbce dla większości gromad wyznaczone zmiany  $\varepsilon(r)$  nie wykazują występowania plato (patrz rysunek). Eliptyczności wyznaczone były z macierzy kowariancji.

Dla każdej gromady brane były pod uwagę dwa parametry: eliptyczność i przesunięcie ku czerwieni  $z$ . Wyznaczono zależności  $\varepsilon(z)$  dla każdego pierścienia o promieniu  $R$  oraz dla wartości średniej eliptyczności i jej mediany. W każdym przypadku dopasowano do danych linię prostą:  $\varepsilon=a+b*z$ . Rysunek przedstawia dopasowaną prostą dla średniej eliptyczności każdej gromady.

W obliczeniach nie stwierdzono występowania statystycznie istotnej zależności pomiędzy przesunięciem ku czerwieni gromady a jej eliptycznością. Wynik ten jest inny niż otrzymany we wcześniejszych badaniach. Może to być związane z nieco mniejszą liczbą badanych przez nas gromad oraz z tym, że badaliśmy tylko liczne gromady galaktyk. Analiza na większej próbce danych jest obecnie prowadzona.



Zmiany eliptyczności w funkcji odległości od środka gromady (górne panele). Zależność pomiędzy średnią wartością eliptyczności gromady a przesunięciem ku czerwieni (dolny panel).

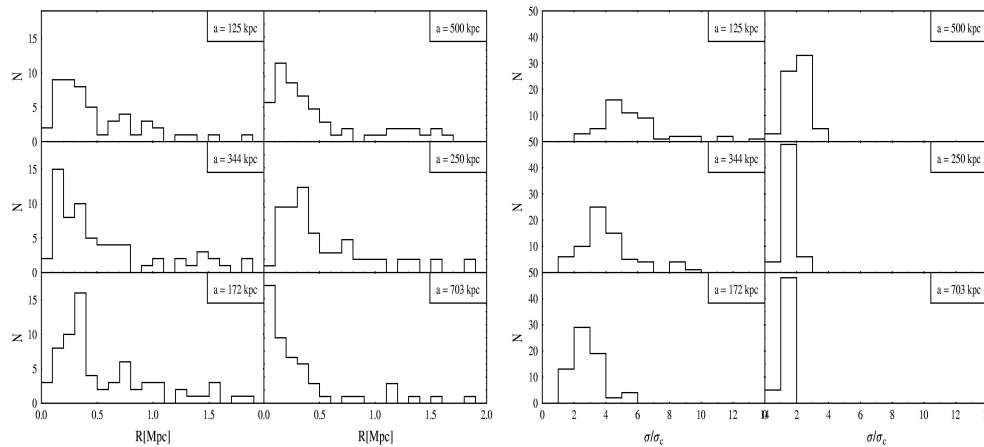
# Dystrybucja podstruktur w gromadach galaktyk

J. Krywult

Obecność podgrupowań, lub ich brak, w gromadach galaktyk jest ważna dla badania ewolucji i formowania się tych obiektów. Z dotychczasowych badań wynika, że podstruktury występują w około 30% gromad. Ponadto badania wskazują na mogącą występować zależność pomiędzy kształtem gromad a ich wiekiem.

W celu wykrycia struktur w gromadach galaktyk przeanalizowano katalogi 117 gromad galaktyk. Pochodziły one ze skanów klisz fotograficznych poddanych komputerowej obróbce w obserwatoriach w Rzymie i Edynburgu. Ponadto, 86 katalogów wykonano w oparciu o Pierwszy Palomarski Przegląd Nieba (DSS). Badano obszar o rozmiarach  $3 \times 3$  Mpc ( $h = 0.75$ ,  $q_0 = 0.5$ ). Jako kryterium wyboru galaktyk tworzących gromadę przyjęto, że w jej skład wchodzi wszystkie galaktyki w danym obszarze nieba, o jasnościach z przedziału od  $m_3$  do  $m_3+3$ . Ujednoliciło to materiał badawczy poprzez odrzucenie słabych galaktyk tła.

Do badania występowania podgrupowań w badanej próbie zastosowano analizę falkową. Obliczenia wykonano dla siedmiu skal  $a$ : 125, 172, 250, 344, 500, 703 kpc. Otrzymane wyniki weryfikowano metodą Monte Carlo, wykonując 1000 symulacji dla każdej ze skal  $a$ . W 45 gromadach stwierdzono występowanie statystycznie istotnych podstruktur. Przyjęto, że współrzędna środka struktury, obliczona dla największej z przyjętych skal  $a$ , wyznacza środek gromady. Od tej wartości były wyznaczane odległości do poszczególnych podstruktur. W badanej grupie gromad galaktyk analiza rozmieszczenia podgrupowań pokazała, że nie jest ono równomierne. Dla każdej z zastosowanych skal  $a$  liczba podstruktur wzrasta wraz ze zbliżaniem się ich środków do centrum gromady (patrz rysunek). Ponadto w badanej próbie gromad, podstruktury o małych rozmiarach mają większe wartości względnej gęstości powierzchniowej rozmieszczenia galaktyk niż struktury duże.



Histogramy liczby podstruktur w funkcji ich odległości od środka gromady (lewy panel).  
Dystrybucja względnych gęstości rozmieszczenia galaktyk w podstrukturach (prawy panel).

## ZAKŁAD FIZYKI TEORETYCZNEJ

### Skład osobowy

Prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński - kierownik zakładu,  
dr hab. Anna Okopińska, dr Tadeusz Kosztołowicz, dr Jadwiga Nietendel (urlop),  
dr Armin Kargol (urlop), mgr Robert Korus, mgr Radosław Maj

### Tematyka badawcza

Badanie prowadzone w zakładzie dotyczy: 1) zderzeń jądrowych przy wysokich energiach i fizyki plazmy kwarkowo-gluonowej, 2) teorii pól kwantowych, w tym statystycznej teorii pola i tzw. metod nieperturbacyjnych, 3) zjawisk transportu w układach membranowych.

1) Celem badań jest poszukiwanie opisu zderzeń jądrowych, umożliwiającego określenie na podstawie charakterystyk stanu końcowego zderzenia przebiegu oddziaływania we wczesnym jego stadium, gdy układ osiąga wysoką gęstość energii i materii. Chodzi w szczególności o stwierdzenie ewentualnej obecności plazmy kwarkowo-gluonowej w owym stadium. Wiele uwagi poświęca się nierównowagowym aspektom zderzenia, opisowi fluktuacji i korelacji.

2) Badania koncentrują się na równowagowych i nierównowagowych układach pól kwantowych, szczególnie tych opisywanych przez chromodynamikę kwantową. Chodzi o wyznaczenie spektrum kolektywnych wzbudzeń takich układów, określenie granic stosowalności metod teorii transportu, itp. Drugim ważnym kierunkiem badań jest poszukiwanie nowych i rozwijanie już znanych nieperturbacyjnych metod opisu układów pól kwantowych, a szczególnie tzw. rozwinięć optymalizowanych.

3) Przepływowi substancji w układzie zawierającym membranę towarzyszy cały szereg ciekawych zjawisk fizycznych, takich jak dyfuzja, zwykła gaussowska i anomalna, niestabilności konwekcyjne itp. Celem prowadzonych badań jest znalezienie modeli owych zjawisk, zrozumienie ich przebiegu. Stosowana jest przy tym szeroka gama narzędzi teoretycznych, a szczególnie różniczkowe równania transportu, równania z dyskretnymi zmiennymi czasowymi i położeniowymi oraz równania z ułamkowymi pochodnymi.

### Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:

Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, Świerk-Warszawa  
Instytut Fizyki Jądrowej Uniwersytetu im J. Goethego, Frankfurt nad Menem, Niemcy  
Instytut im. Yukawy Uniwersytetu w Kyoto, Japonia

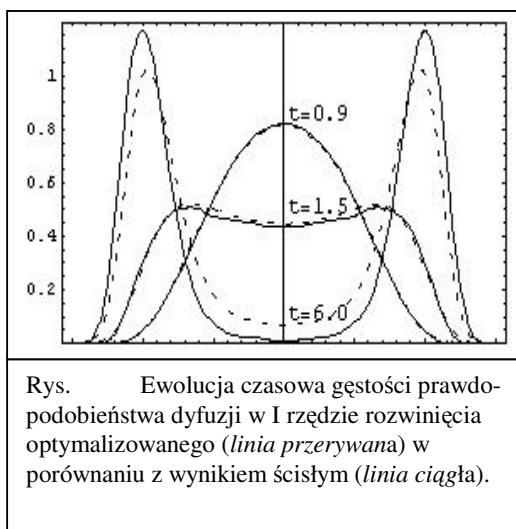
## Rozwinięcie optymalizowane [14]

Anna Okopińska

Rozwinięcie optymalizowane, opracowane dla działania efektywnego w teorii pól kwantowych, stanowi nieperturbacyjną metodę otrzymywania samozgodnych przybliżeń dla różnych zagadnień fizycznych. Najniższe przybliżenie zawiera przybliżenie Hartree-Focka-Bogolubowa oraz przybliżenie faz przypadkowych. Wyższe rzędy rozwinięcia pozwalają w sposób systematyczny wyznaczać poprawki do tego przybliżenia. Metoda rozwinięcia optymalizowanego może być również stosowane w termodynamice pól kwantowych do wyznaczania potencjału efektywnego przy temperaturze różnej od zera.

Ostatnio rozwinięcie optymalizowane zastosowane w naszej pracy do opisu kondensacji Bosego-Einsteina. Zaobserwowanie kondensacji Bosego-Einsteina w rozrzedzonych gazach atomowych w 1995 r. wywołało lawinę prac doświadczalnych i duże zainteresowanie opisem teoretycznym obserwowanych zjawisk. Mikroskopowy opis układu oddziałujących bozonów stanowi nierelatywistyczna skalarna teoria pola ze sprzężeniem czterocząstkowym. Zagadnienia tego nie da się rozwiązać analitycznie, a uzyskanie rozwiązań przybliżonych wymaga użycia nieperturbacyjnych technik teorio-pólowych. Formalizm działania efektywnego wyznacza wielki potencjał kanoniczny w zależności od parametru uporządkowania i jest wygodniejszy do formułowania przybliżeń niż zazwyczaj używany formalizm Hamiltona. Wykazano, że 1-pętlowe przybliżenie dla działania efektywnego spełnia twierdzenie Hughenholza-Pinesa i daje rezultaty równoważne przybliżeniu Bielajewa. Przy temperaturze różnej od zera przybliżenie pętlowe załamuje się. Przybliżenie otrzymane w pierwszym rzędzie rozwinięcia optymalizowanego jest lepsze, gdyż jest przybliżeniem samozgodnym, dzięki czemu może być stosowane przy temperaturze różnej od zera.

Rozwinięcie optymalizowane stanowi również bardzo skuteczną metodę obliczeń przybliżonych w mechanice kwantowej oraz mechanice statystycznej. W formalizmie czasu urojonego sformułowaliśmy metodę przybliżeń dla macierzy gęstości i gęstości prawdopodobieństwa, a następnie stosowaliśmy tę metodę do badania procesów stochastycznych opisanych równaniem Fokkera-Plancka [14]. Rezultaty uzyskane w pierwszym rzędzie rozwinięcia dla dyfuzji w bistabilnym potencjale dobrze zgadzają się z wynikami dokładnymi w szerokim zakresie parametrów układu. Możliwość obliczania poprawek w sposób systematyczny pozwala na ocenę dokładności uzyskanych przybliżeń. We współpracy z grupą prof. H. Kleinerta z Freie Universität w Berlinie prowadzimy dalsze prace nad zastosowaniem rozwinięcia optymalizowanego do opisu procesów stochastycznych pod wpływem zależnej od czasu siły, co pozwoli rozważyć zagadnienie rezonansu stochastycznego.



Rys. Ewolucja czasowa gęstości prawdopodobieństwa dyfuzji w I rzędzie rozwinięcia optymalizowanego (linia przerywana) w porównaniu z wynikiem ścisłym (linia ciągła).



## Teoretyczne badania subdyfuzji

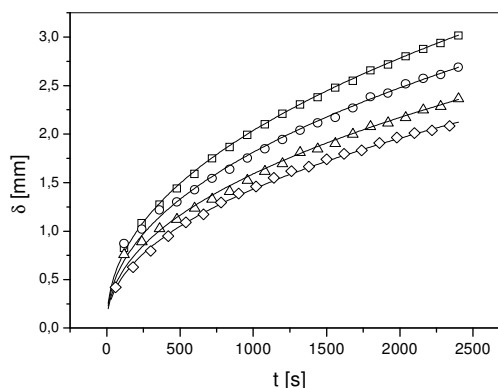
Tadeusz Kosztołowicz

Anomalna dyfuzja jest jednym z najbardziej intensywnie badanych zagadnień fizyki statystycznej w ostatnich latach. Szczególnym jej przypadkiem jest subdyfuzja, występująca np. w ośrodkach porowatych i żelach. Subdyfuzja definiowana jest przez relację  $\langle \Delta x^2 \rangle = 2D_\alpha t^\alpha / \Gamma(1+\alpha)$ , gdzie  $0 < \alpha < 1$ ,  $\langle \Delta x^2 \rangle$  jest średnim kwadratem przesunięcia transportowanej cząsteczki,  $D_\alpha$  oznacza współczynnik subdyfuzji. Rozkład stężenia substancji w układzie subdyfuzyjnym  $C$  można wyznaczyć poprzez rozwiązanie równania subdyfuzji z ułamkową pochodną czasową

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = D_\alpha \frac{\partial^{1-\alpha}}{\partial x^{1-\alpha}} \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2}.$$

Badania dotyczyły trzech zagadnień: znalezienia uproszczonej procedury rozwiązywania równania subdyfuzji dla zadanych warunków brzegowych, opracowania metody wyznaczania parametru subdyfuzji  $\alpha$  oraz współczynnika subdyfuzji  $D_\alpha$  w oparciu o dane doświadczalne oraz zbadanie problemu transportu w układzie, w którym ośrodek subdyfuzyjny jest połączony z ośrodkiem, w którym występuje dyfuzja normalna. Otrzymane wyniki teoretyczne zostały porównane z wynikami eksperymentalnymi, otrzymanymi przez dra Kazimierza Dworeckiego.

Przeprowadzone badania wykazały, że współczynnik subdyfuzji może być obliczony na podstawie czasowej ewolucji warstw przymembranowych, których grubość  $\delta$  definiowana jest w układzie membranowym jako odległość od membrany do punktu, w którym stężenie jest  $\kappa$  razy mniejsze od stężenia na membranie. Z rozwiązań równania subdyfuzji wynika, iż zależność ta ma postać funkcji wykładniczej  $\delta(t) = At^\beta$  (co stanowi dobrą aproksymację wyników doświadczalnych), przy czym współczynniki  $A$  oraz  $\beta$  są jawnymi funkcjami parametrów  $\alpha$  oraz  $D_\alpha$  (pozwalają one na obliczenie tych parametrów z doświadczalnie wyznaczonych czasowych ewolucji warstw przymembranowych).



Czasowa ewolucja warstw przymembranowych dla różnych membran. Wyniki doświadczalne (oznaczone symbolami) zostały aproksymowane przez funkcje teoretyczne wyznaczone na podstawie rozwiązań równania subdyfuzji.

Znalezione zostały także rozkłady stężeń transportowanej substancji w układzie dyfuzja normalna-subdyfuzja. Okazuje się, że stężenia w tym układzie różnią się jakościowo dla małych czasów od stężeń otrzymanych dla układu, w którym występuje wyłącznie subdyfuzja lub dyfuzja normalna; w granicy dużych czasów dominującą rolę zaczyna odgrywać dyfuzja normalna. Rozwiązania równania subdyfuzji zostały otrzymane przy pomocy opracowanej procedury polegającej na zastosowaniu podstawienia  $D = D_\alpha s^{1-\alpha}$  w transformatach Laplace'a rozwiązań równania dyfuzji normalnej (podstawienie to może być zastosowane wyłącznie do części układu, w której występuje subdyfuzja).

## Fluktuacje ładunku w zderzeniach relatywistycznych jąder atomowych [12]

*Stanisław Mrówczyński*

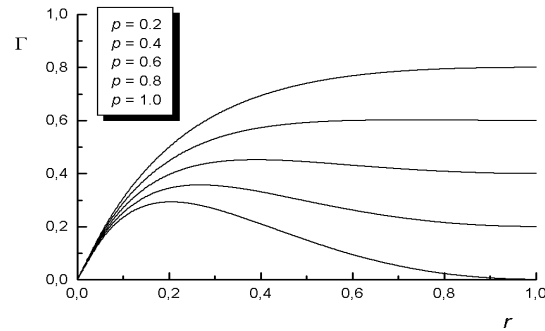
Fluktuacje ładunku elektrycznego obserwowane w stanie końcowym zderzenia jąder atomowych przy wysokich energiach niosą informację o dynamice układu. W szczególności zasugerowano, że obserwowane fluktuacje ładunku, a więc fluktuacje w stanie końcowym zderzenia, mogą być anomalnie małe, jeśli są one generowane we wczesnej zderzenia, gdy materia występuje w postaci plazmy kwarkowo-gluonowej, i zostają zamrożone podczas ewolucji układu na skutek szybkiej jego ekspansji. Aby doświadczalnie zweryfikować tą hipotezę należy przy analizie danych uwzględnić trywialne czynniki wpływające na wielkość obserwowanych fluktuacji. A mianowicie, zależność fluktuacji od centralności zderzenia, efekty szumu statystycznego oraz wpływ zachowania ładunku elektrycznego. W tym celu w naszej pracy [12] wprowadzono miarę fluktuacji ładunkowych, która niejako automatycznie eliminuje zależność od centralności, a zdefiniowaną następująco:

$$\Gamma = \frac{1}{\langle N \rangle} \left\langle \left( Q - \frac{\langle Q \rangle}{\langle N \rangle} N \right)^2 \right\rangle,$$

gdzie  $Q$  i  $N$  są ,odpowiednio, całkowitym ładunkiem i krotnością cząstek naładowanych obserwowanych w danym zderzeniu, a  $\langle \dots \rangle$  oznacza uśrednianie po zderzeniach. Następnie wyliczono  $\Gamma$  w modelu reprezentującym niejako trywialne tło, w którym cząstki produkowane są niezależnie od siebie, zgodnie z rozkładem Poissona, lecz zachowany jest całkowity ładunek układu. Uwzględniono przy tym, że ów zachowany ładunek jest niezerowy lecz dodatni, a co za tym idzie wielkość

$$r = \frac{\langle N_- \rangle}{\langle N_+ \rangle},$$

gdzie  $N_{\pm}$  krotnością cząstek dodatnich i, odpowiednio, ujemnych, jest mniejsze od jedności. Wyniki rachunków przedstawia rysunek, na którym pokazano, jak zależą obserwowane fluktuacje ładunku od  $r$  i parametru  $p$ , który równy jest prawdopo-



Obserwowane fluktuacje ładunkowe w funkcji parametru  $r$  dla kilku wartości parametru  $p$ .

dobieństwu zaobserwowaniu pojedynczej cząstki. Należy pamiętać, że w realnym eksperymencie tylko część produkowanych cząstek jest obserwowana.

Analiza dostępnych danych doświadczalnych przeprowadzona w oparciu o przedstawione rachunki pokazała, że w zderzeniach relatywistycznych jąder za-pewne nie występuje wspomniane zjawisko zamrażania ładunkowych fluktuacji ładunkowych powstałych w fazie plazmy kwarkowo-gluonowej. Dane doświadczalne są bowiem zasadniczo zgodne z modelem uwzględniającym tylko trywialne efekty.

## **ZAKŁAD DYDAKTYKI FIZYKI**

### **Skład osobowy**

Dr hab. Jacek Semaniak - kierownik zakładu,  
Dr Ewa Braziewicz, mgr Małgorzata Wysocka-Kunisz, mgr Anna Kowalczyk,  
mgr Andrzej Drogosz

### **Tematyka badawcza**

Zakład zajmuje się problematyką dotyczącą programów nauczania i kształcenia nauczycieli w związku z realizowaną reformą systemu edukacji w Polsce; prowadzi badania nad uwarunkowaniami procesów edukacyjnych, nad ewolucją pojęć z zakresu fizyki wśród uczniów różnych typów szkół; opracowywane są także techniki wykorzystania komputerów w nauczaniu fizyki.

W zakładzie prowadzone są również badania z zakresu fizyki atomowej. Dotyczą one procesów dysocjacji jonów molekularnych na skutek oddziaływań z elektronami swobodnymi, które zachodzą w warunkach niskotemperaturowej plazmy. W badaniach doświadczalnych, prowadzonych we współpracy z Laboratorium Manne Siegbahna w Sztokholmie, wykorzystywane są chłodzone wiązki jonów pierścienia akumulacyjnego CRYRING.

### **Zakład dysponuje następującą aparaturą:**

Zestawy do demonstracji podstawowych zjawisk fizycznych.

### **Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:**

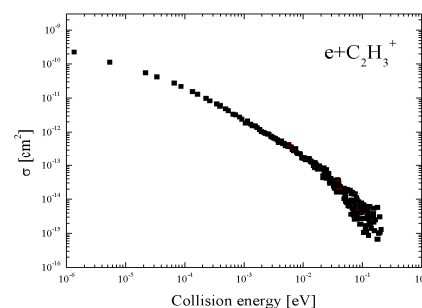
Uniwersytet w Sztokholmie, Szwecja  
Laboratorium Manne Siegbahna, Sztokholm, Szwecja

## Dysocjacja jonów molekularnych w zderzeniach z elektronami swobodnymi [9,11]

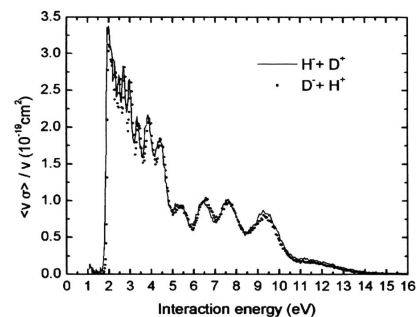
*J. Semaniak, A. Al-Khalili, A. M. Derkatch<sup>1</sup>, F. Hellberg<sup>1</sup>, S. Kalhori<sup>1</sup>, M. Larsson<sup>1</sup>,  
A. Neau<sup>1</sup>, S. Rosén<sup>1</sup>, R. Thomas<sup>1</sup>, H. Danared<sup>2</sup>, A. Källberg<sup>2</sup>, Österdahl<sup>2</sup>, M. af. Ugglas<sup>2</sup>,  
M. B. Någård<sup>3</sup>, J. B. C. Pettersson<sup>3</sup>, A. A. Viggiano<sup>4</sup>, S. T. Arnold, F. N. Djurić<sup>5</sup>,  
D. Popović<sup>5</sup> i G. H. Dunn<sup>5</sup>*

Istotnym procesem zachodzącym w warunkach niskotemperaturowej plazmy jest dysocjacja jonów molekularnych w następstwie zderzeń z elektronami swobodnymi. Znajomość kinematyki powyższych reakcji jest niezbędna dla diagnostyki tego typu plazmy, występującej m.in. w obłokach międzygwiazdowych, jonosferach planet, płomieniach, obszarach brzegowych tokamaków itp. Jednym z głównych procesów ograniczających koncentrację elektronów w tych ośrodkach jest rekombinacja dysocjatywna, prowadząca do dysocjacji powstałej cząsteczki na neutralne elektrycznie fragmenty. Umożliwia ona syntezę mniej lub bardziej złożonych cząsteczek, w warunkach, w których reakcje pomiędzy obojętnymi elektrycznie atomami lub cząsteczkami są wzbronione z uwagi na wysokie energie aktywacji. Alternatywnym do rekombinacji dysocjatywnej sposobem stabilizacji powstałej po wychwycie elektronu neutralnej elektrycznie cząsteczki jest rezonansowe tworzenie par, w wyniku którego zostaje wytworzona para przeciwnie naładowanych jonów.

Prowadzone prace eksperymentalne obejmowały badanie: rekombinacji dysocjatywnej jonów  $C_2H_3^+$ ,  $C_2H_3^+$  i  $H_3^+$  oraz rezonansowego tworzenia par dla jonów  $HD^+$ ,  $H_3^+$ . Eksperymenty prowadzone są na wiązce pierścienia akumulacyjnego CRYRING w Laboratorium Manne Siegbahna, Sztokholm. Zmierzono absolutne przekroje czynne na dysocjatywną rekombinację jonów  $C_2H_3^+$  [11] zakresie energii poniżej 0.2 eV (rys. 1). Zmierzone także prawdopodobieństwa rozgałęzień przy zerowej energii zderzenia wskazują, że dominującym (59%) kanałem dysocjacji jest  $C_2H+H+H$ . Zerwanie wiązania C—C obserwuje się jedynie w około 4% przypadków. Dominacja kanału trzyciałowego może być następstwem wtórnej fragmentacji elektronowo- lub wibracyjnie wzbudzonych produktów dysocjacji. Zmierzone też były absolutne przekroje czynne na tworzenie par  $H+D^+$  w zderzeniach jonów  $HD^+$  z elektronami o energii w zakresie 1 – 15 eV [9]. Stwierdzono, że wielkość i zależność przekrojów czynnych od energii zderzenia jest identyczna z obserwowanymi dla alternatywnego kanału dysocjacji  $H^+D^-$ . Struktury rezonansowe, pokazane na rys. 2, powstają w następstwie interferencji pomiędzy różnymi „ścieżkami” dysocjacji.



Rys. 1. Absolutne przekroje czynne na dysocjatywną rekombinację jonów  $C_2H_3^+$ .



Rys. 2. Absolutne przekroje czynne na tworzenie par  $H+D^+$  i  $H^+D^-$  w zderzeniach jonów  $HD^+$  z elektronami

<sup>1</sup> Department of Physics, Stockholm University, Stockholm, Sweden

<sup>2</sup> Manne Siegbahn Laboratory, Stockholm University, Stockholm, Sweden

<sup>3</sup> Department of Chemistry, Atmospheric Science, Göteborg University, Göteborg, Sweden

<sup>4</sup> Air Force Research Laboratory, Space Vehicles Directorate, Hanscom AFB, Massachusetts, USA

<sup>5</sup> JILA, University of Colorado and National Institute of Standards and Technology, Boulder, Colorado, USA

## **ZAKŁAD INFORMATYKI**

### **Skład osobowy**

Prof. dr hab. inż. Andrzej Dziech – kierownik zakładu,

Prof. dr hab. inż. Mariusz Ziółko, dr inż. Wiesław Byrski, dr Ignacy Pardyka, dr Artur Bojara,  
mgr Roman Suchanek, mgr inż. Wiesław Sornat, mgr inż. Przemysław Ślusarczyk

### **Tematyka badawcza**

Działalność naukowa zakładu dotyczy cyfrowego przetwarzania sygnału i obrazu.

### **Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:**

Akademia Górniczo-Hutniczej, Kraków

# PUBLIKACJE

## Artykuły naukowe

1. I. Fijał, M. Jaskóła, A. Korman, T. Czyżewski, D. Banaś, J. Braziewicz, U. Majewska, W. Kretschmer, and S. Chojnacki  
*An X-ray method for identification of the atomic number of the accelerated heavy ion beams*  
Acta Physica Polonica **B33**, 343 (2002)
2. M. Jaskóła, J. Braziewicz, D. Banaś, A. Kubala-Kukuś, U. Majewska, T. Czyżewski, A. Korman, L. Zemło, and S. Gózdź  
*PIXE and XRF analysis of the honey samples*  
Nuclear Instruments and Methods **B187**, 231 (2002)
3. D. Banaś, M. Pajek, J. Semaniak, J. Braziewicz, A. Kubala-Kukuś, U. Majewska, T. Czyżewski, M. Jaskóła, W. Kretschmer, T. Mukoyama and D. Trautmann  
*Multiple ionization effects in low-resolution X-ray spectra induced by energetic heavy ions*  
Nuclear Instruments and Methods **B195**, 233 (2002)
4. U. Majewska, K. Słabkowska, M. Polasik, J. Braziewicz, D. Banaś, T. Czyżewski, I. Fijał, M. Jaskóła, A. Korman, and S. Chojnacki  
*Configurations of highly ionized fast sulphur projectiles passing through a carbon foil evaluated from low-resolution K x-ray spectra*  
Journal of Physics **B35**, 191 (2002)
5. D. Banaś, J. Braziewicz, M. Pajek, J. Semaniak, T. Czyżewski, I. Fijał, M. Jaskóła, W. Kretschmer, T. Mukoyama, and D. Trautmann  
*The role of multiple ionization and subshell coupling effects in L-shell ionization of Au by oxygen ions*  
Journal of Physics **B35**, 3421 (2002)
6. J. Rządkiwicz, D. Chmielewska, Z. Sujkowski, M. Breset, J.C. Dousse, Y.-P. Maillard, O. Mauron, P.A. Raboud, J. Hoszowska, M. Polasik, K. Słabkowska, and M. Pajek  
*Effect of L- and M-subshell ionisation on the K-X-ray diagram and hypersatellite lines in cadmium*  
Acta Physica Polonica **B33**, 415 (2002)
7. M. Kucharzewski, J. Braziewicz, U. Majewska, and S. Gózdź  
*The concentration of selenium in whole blood and the thyroid tissue of people with various thyroid disease*  
Biological Trace Element Research **88**, 25 (2002)
8. A. Neau, A. M. Derkatch, F. Hellberg, S. Rosen, R. Thomas, M. Larsson, N. Djuric, D. Popovic, G. H. Dunn, and J. Semaniak  
*Resonant ion pair formation of HD<sup>+</sup>: Absolute cross sections for the H<sup>+</sup>+D<sup>+</sup> channel*  
Physical Review **A65**, 044701 (2002)

9. M. B. Någård, J. B. C. Pettersson, A. M. Derkatch, A. Al Khalili, A. Neau, S. Rosén, M. Larsson, J. Semaniak, H. Danared, A. Källberg, M. af. Ugglas, and F. Österdahl  
*Dissociative recombination of  $D^+(D_2O)_2$  water cluster ions with free electrons*  
Journal of Chemical Physics **117**, 5264 (2002)
10. S. Kalhori, A. A. Viggiano, S. T. Arnold, S. Rosén, J. Semaniak, A. M. Derkatch, M. af. Ugglas, and M. Larsson  
*Dissociative recombination of  $C_2H_3^+$*   
Astronomy and Astrophysics **391**, 1159 (2002)
11. St. Mrówczyński  
*Measuring charge fluctuations in high-energy nuclear collisions*  
Physical Review **C66**, 024904 (2002)
12. St. Mrówczyński  
*Quasiquarks in two stream system,*  
Physical Review **D65**, 117501 (2002)
13. A. Okopińska  
*The Fokker-Planck equation for bistable potential in the optimized expansion*  
Physical Review **E65**, 062101 (2002)
14. G. Wilk and Z. Włodarczyk  
*The imprints of nonextensive statistical mechanics in high energy collisions*  
Chaos, Solitons and Fractals **13**, 581 (2002)
15. G. Wilk and Z. Włodarczyk  
*Application of nonextensive statistics to particle and nuclear physics*  
contribution to: *Non Extensive Thermodynamics and physical applications*  
Physica A **305**, 227 (2002)
16. M. Rybczynski, G. Wilk and Z. Włodarczyk  
*Can cosmic rays provide sign of strangelets?*  
Acta Physica Polonica **B 33**, 277 (2002)
17. A.L. Angelis (Z. Włodarczyk) et al.  
*Formation and detection of centauro in Pb+Pb collisions at the LHC*  
Journal of Physics **G 28**, 19937 (2002)
18. A. Ageev (Z. Włodarczyk) et al.  
*A full-acceptance detector at the LHC (FELIX)*  
Journal of Physics **G 28**, R117 (2002)
19. O.V. Utyuzh, G. Wilk and Z. Włodarczyk  
*Bose-Einstein Correlations as Reflection of Correlations of Fluctuations*  
Acta Physica Polonica **B 33**, 2681 (2002)

20. M.M. Aggarwal (G. Stefanek) et al.  
*Event-by-event fluctuations in particle multiplicities and transverse energy produced in 158A GeV Pb+Pb collisions*  
Physical Review **C65**, 054912 (2002)
21. M.M. Aggarwal (G. Stefanek) et al.  
*Direct photons in WA98*  
Nuclear Physics **A698**, 135c (2002)
22. M.M. Aggarwal (G. Stefanek) et al.  
*One-, two- and three-particle distributions from central Pb+Pb collisions at 158A GeV*  
Nuclear Physics **A698**, 647c (2002)
23. M.M. Aggarwal (G. Stefanek) et al.  
*Transverse mass distributions of neutral pions from  $^{208}\text{Pb}$ -induced reactions at 158 AGeV/c*  
European Physical Journal **C23**, 225 (2002)
24. P. Flin and J. Krywult  
*Comparison of subclustering frequency determined from 2D and 3D in "Tracing Cosmic Evolution With Galaxy Clusters",*  
Eds. S. Borgani, M. Mezzetti, R. Valdarnini  
ASP Conference Series, vol. 268, p. 365, 2002
25. J. Krempeć-Krygier, B. Krygier, and J. Krywult  
*Binary merging clusters in the Hercules Galaxy Supercluster*  
Baltic Astronomy, 2002, vol. 11, p. 269
26. P. Flin, K. Bajan and W. Godlewski  
*Symetris in the Universe at large scales*  
Eds. E. Kapuścik and A. Horzela,  
World Scientific, p. 141, Singapore 2002
27. P. Flin  
*The pre-university astronomical education in Poland*  
JENAM 2000 Colloquium, Astronomical Education,  
The increase of cultural role of astronomy on the edges of centuries,  
ed. E.V. Kononovich, p. 8, 2002



## Podręczniki i skrypty

1. J. Semaniak i J. Semaniak  
*Fizyka i astronomia. Program nauczania w zakresie podstawowym rozszerzonym.  
Liceum ogólnokształcące, profilowane i technikum.*  
MAC Edukacja S.A., Kielce 2002
2. M. Mularczyk, L. Nowak, B. Potocka i J. Semaniak  
*Przyroda 6. Zmienne oblicze Ziemi*  
MAC Edukacja S.A., Kielce 2002
3. M. Mularczyk, L. Nowak, B. Potocka i J. Semaniak  
*Przyroda 6. Zmienne oblicze Ziemi, Ćwiczenia cz.1*  
MAC Edukacja S.A., Kielce 2002
4. M. Mularczyk, L. Nowak, B. Potocka i J. Semaniak  
*Przyroda 6. Zmienne oblicze Ziemi, Ćwiczenia cz. 2*  
MAC Edukacja S.A., Kielce 2002
5. M. Mularczyk, L. Nowak, B. Potocka i J. Semaniak  
*Przyroda 6. Zmienne oblicze Ziemi, Poradnik metodyczny dla nauczycieli cz.1*  
MAC Edukacja S.A., Kielce 2002
6. M. Mularczyk, L. Nowak, B. Potocka i J. Semaniak  
*Przyroda 6. Zmienne oblicze Ziemi, Poradnik metodyczny dla nauczycieli cz.2*  
MAC Edukacja S.A., Kielce 2002
7. A. Okopińska  
*Optimized Expansion*  
Tutorial Lectures, Institute of Physics & Applied Physics, Yonsei University, Seoul 2002.
8. A. Okopińska i St. Mrówczyński (współautorzy)  
*Encyklopedia szkolna, fizyka i astronomia*  
WSiP, Warszawa, 2002

## Artykuły popularno-naukowe

St. Mrówczyński, *Zmarszczki wszechświata*, POLITYKA 2, 12 I 2002

## UDZIAŁ W KONFERENCJACH<sup>†</sup>

1. M. Pajek, A.Kubala-Kukuś, D. Banaś, J. Braziewicz, and U. Majewska  
*Random Left-Censoring: a Statistical Approach Accounting for Detection Limits in X-ray Fluorescence Analysis*<sup>\*</sup>  
**European Conference on Energy Dispersive X-ray Spectrometry (EDXRS)**  
June 16-21, Berlin, Germany
2. M. Pajek, A.Kubala-Kukuś, D. Banaś, J. Braziewicz, and U. Majewska  
*Simulations of Censoring Effects in XRF Analysis*<sup>\*</sup>  
**European Conference on Energy Dispersive X-ray Spectrometry (EDXRS)**  
June 16-21, Berlin, Germany
3. A. Kubala-Kukuś, M. Pajek, D. Banaś, J. Braziewicz, and U. Majewska  
*Censoring in X-ray Fluorescence Analysis*  
**19th International Conference on X-Ray and Inner-Shell Processes**  
June 24-28, Roma, Italy
4. M. Pajek, D. Banaś, J. Braziewicz, U. Majewska, J. Semaniak, T. Czyżewski, I. Fijał, M. Jaskóła, W. Kretschmer, T. Mukoyama and D. Trautmann  
*L-X-ray emission from Au atoms multiply ionized by heavy ion impact*<sup>\*</sup>  
**19th International Conference on X-Ray and Inner-Shell Processes**  
June 24-28, Roma, Italy
5. M. Czarnota, D. Banaś, M. Berset, D. Chmielewska, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, Y.-P. Maillard, O. Mauron, M. Pajek, M. Polasik, P. A. Raboud, J. Rządkiwicz, K. Słabkowska, and Z. Sujkowski  
*High-resolution measurements of Zr, Mo and Pd L-x-ray satellites excited by O and Ne ions*<sup>\*</sup>  
**34<sup>th</sup> Meeting of the European Group for Atomic Spectroscopy (EGAS)**  
July 9-13, Sofia, Bulgaria
6. D. Banaś, M. Pajek, J. Braziewicz, M. Czarnota, I. Fijał, M. Jaskóła, A. Korman, W. Kretschmer, and J. Semaniak  
*Closing of Coster-Kronig transitions in multiply ionized gold atoms*<sup>\*</sup>  
**11<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Highly Charged Ions**  
September 1-6, Caen, France
7. J. Rządkiwicz, D. Chmielewska, Z. Sujkowski, M. Breset, J.-Cl. Dousse, Y.-P. Maillard, O. Mauron, P. A. Raboud, M. Pajek, M. Polasik, and J. Hoszowska,  
*M-subshell ionization in near-central collisions of 20-MeV/amu carbon ions with molybdenum atoms*  
**11<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Highly Charged Ions**  
September 1-6, Caen, France

---

<sup>†</sup> W przypadku prac wielu autorów podkreślono nazwisko osoby prezentującej; komunikaty, których tytuły oznaczone są gwiazdką, zebrane są na końcu niniejszego raportu.

8. M. Czarnota, D. Banaś, M. Berset, D. Chmielewska, J.- Cl. Dousse, J. Hoszowska, Y.- P. Maillard, O. Mauron, M. Pajek, M. Polasik, P. A. Raboud, J. Rzakiewicz, K. Słabkowska, and Z. Sujkowski  
*Observation of L-x-ray (hyper)-satellites excited in collisions O and Ne ions with mid-Z atoms\**  
**11<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Highly Charged Ions**  
September 1-6, Caen, France
  
9. M. Czarnota, D. Banaś, M. Berset, D. Chmielewska, J.- Cl. Dousse, J. Hoszowska, Y.- P. Maillard, O. Mauron, M. Pajek, M. Polasik, P. A. Raboud, J. Rzakiewicz, K. Słabkowska, Z. Sujkowski  
*The study of Th M-x-ray satellites and hypersatellites excited by energetic O and Ne ions\**  
**2<sup>nd</sup> Conference of Elementary Processes in Atomic Systems**  
September 2-6, Gdańsk, Poland
  
10. A. Kubala-Kukuś, J. Braziewicz, and M. Pajek  
*Nonparametric Approach for Comparison of Censored Trace Element Concentrations Measured by Total Reflection X-ray Fluorescence Method*  
**9<sup>th</sup> International Conference on Total Reflection X-ray Fluorescence Analysis and Related Methods (TXRF-2002)**  
8-13 September, Funchal, Madeira, Portugal
  
11. A. Kubala-Kukuś, J. Braziewicz, and M. Pajek  
*Estimation of Lognormal Concentration Distribution of Trace Elements from Detection Limit Censored Measurements\**  
**9<sup>th</sup> International Conference on Total Reflection X-ray Fluorescence Analysis and Related Methods (TXRF-2002)**  
8-13 September, Funchal, Madeira, Portugal
  
12. D. Banaś, Th. Stöhlker, H. F. Beyer, F. Bosch, A. Bräuning-Demian, A. Gumberidze, S. Hagmann, C. Kozhuharov, X. Ma, P. H. Mokler, R. Mann, A. Orsic Muthig, D. Sierpowski, U. Spillmann, S. Tachenov, A. Warczak  
*Exclusive production of the n=2 S-states in He-like uranium\**  
**Workshop on Atomic Physics Research at the Future GSI Facility.**  
December 9 - 11, Darmstadt, Germany
  
13. A. Orsic Muthig, Th. Stöhlker, A. Surzhykov, D. Banaś, F. Bosch, A. Gumberidze, S. Fritzsche, S. Hagmann, C. Kozhuharov, X. Ma, P.H. Mokler, S. Tachenov  
*Identification of an Interference between the E1 and M2 Transition Amplitudes for the Lyman- $\alpha_1$  Decay in Hydrogen-like Uranium: Multipolmixing (E1/M2) Observed for an Atomic Transitions\**  
**Workshop on Atomic Physics Research at the Future GSI Facility**  
December 9 - 11, 2002, Darmstadt, Germany
  
14. R. Mann, D. Banaś, A. Gumberidze, S. Tachenov, S. Hagmann  
*Electron Spectroscopy at Storage Rings\**  
**Workshop on Atomic Physics Research at the Future GSI Facility**  
December 9 - 11, 2002, Darmstadt, Germany

15. T. Stöhlker, D. Banaś, H. Beyer, A. Gumberidze, C. Kozhuharov, T. Krings,  
X. Ma, D. Protic, D. Sierpowski, S. Tachenov  
*Application of Segmented Germanium Detectors for X-Ray Spectroscopy  
of Highly Charged Heavy Ions\**  
**2002 IEEE NSS/MIC**  
November 10-16, 2002, Norfolk, Virginia
  
16. St. Mrówczyński  
*Event-by-event fluctuations in heavy-ion collisions*  
**INT/RHIC Winter Workshop**  
Januray 3 - 6, Seattle, USA
  
17. St. Mrówczyński  
*Color collective excitations in anisotropic quark-gluon plasma*  
**Workshop `QCD at RHIC Era`**  
April - June, Santa Barbara, USA
  
18. St. Mrówczyński  
*Color collective excitations in anisotropic quark-gluon plasma*  
**Conference `Strong and Electroweak Matter 2002`**  
October 1 - 6, Heidelberg, Germany
  
19. J. Krywult  
*Subclustering in Abell clusters*  
**Astronomical School**  
May 21 -26, Bila Tservka, Ukraine
  
20. J. Krywult  
*Distributions of substructures in clusters of galaxies*  
**International Conference `Chemical and Dynamic Evolution of Stars and Galaxies`**  
September 19 - 26, Odessa, Ukraine
  
21. A. Okopińska  
*Optimized expansion for stochastic processes*  
**Similarity in Diversity**  
May, Buffalo University, USA
  
22. A. Okopińska  
*Bose-Einstein condensation of interacting atoms in the optimized expansion*  
**Laser Physics 02**  
July, Bratysława, Słowacja
  
23. J. Semaniak  
*Cross sections for resosnat ion-pair formation*  
**Crying CPAC-meeting**  
October 21 - 22, Stockholm, Sweden

24. M. Kargol  
*Mechanistyczne ujęcie procesów transportu membranowego substancji.*  
**Ogólnopolska Konferencja biologia komórki**  
 23-25 września, Wrocław
25. G. Stefanek  
*Wkład grupy polskiej w budowę detektora PHOS*  
**Workshop "Polski wkład w program doświadczalny LHC"**  
 15 - 16 luty, Warszawa
26. T. Kosztołowicz  
*Anomalous diffusion in a membrane system*  
**MECO 27, Middle-European Cooperation in Statistical Physics**  
 March 7 - 9, Sopron, Hungary
27. T. Kosztołowicz  
*Green's functions for subdiffusion*  
**International Conference on Theoretical Physics (TH2002)**  
 July 26 - 31, Paris, France
28. T. Kosztołowicz and K. Dworecki  
*Subdiffusion in a membrane system*  
**XV Marian Smoluchowski Symposium on Statistical Physics**  
 September, Zakopane, Poland
29. K. Dworecki, S. Wąsik and T. Kosztołowicz  
*Experimental investigations of the anomalous evolution of near-membrane layers\**  
**XV Marian Smoluchowski Symposium on Statistical Physics**  
 September, Zakopane, Poland
30. K. Dworecki, S. Wąsik, T. Hasegawa, K. Sudlitz i A. Ślęzak  
*Modification of transport properties of polymer membranes by ion implantation\**  
**General Conference Trends in Physics**  
 August 26 - 30, Budapest, Hungary
31. U. Majewska, J. Braziewicz, K. Słabkowska, M. Polasik, T. Czyżewski, I. Fijał,  
 M. Jaskóła, A. Korman, S. Chojnacki, W. Kretschmer  
*The lifetime of highly excited 4p state of sulphur ions passing through carbon target\**  
**11<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Highly Charged Ions**  
 September 1 – 6, Caen, France
32. U. Majewska, J. Braziewicz, M. Polasik, K. Słabkowska, T. Czyżewski, I. Fijał,  
 M. Jaskóła, A. Korman, S. Chojnacki, W. Kretschmer  
*Electron population of K, L and M-shell on the highly ionised sulphur projectiles\*  
 inside a carbon foil*  
**11<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Highly Charged Ions**  
 September 1 – 6, Caen, France

33. M. Rybczyński, Z. Włodarczyk, G. Wilk  
*Rapidity Spectra Analysis in Terms of Non Extensive Statistic Approach*  
**XII International Symposium on Very High Energy Cosmic Ray Interactions**  
July 15 - 20, Geneva, Switzerland

## SEMINARIA

### Seminaria w Instytucie

Mgr Marcin Czarnota

*Badanie struktury satelitarnej promieniowania rentgenowskiego serii L - M*

9 styczeń

Dr Tadeusz Kosztołowicz

*Anomalna dyfuzja - równanie dyfuzji z pochodnymi cząstkowymi*

16 styczeń

Dr hab. Helena Białkowska

Instytut Problemów Jądrowych, Warszawa

*Zderzenia relatywistycznych jąder atomowych*

23 styczeń

Prof. dr hab. Kazimierz Sobczyk

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa

*Fale w ośrodkach stochastycznych. Współczesne trendy i nowe rezultaty*

13 marzec

Prof. dr hab. Andrzej Okniński

Politechnika Świętokrzyska, Kielce

*Dokładnie linearyzowalne modele dynamiki klasycznej i kwantowej*

20 marzec

Dr Tadeusz Szuba

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków; Akademia Świętokrzyska, Kielce

*Teoria kolektywnej inteligencji (model obliczeniowy)*

27 marzec

Mgr Krzysztof Końca

Instytut Fizyki Teoretycznej, Uniwersytet Wrocławski

*Analiza obrazu do pomiarów poziomu uszkodzeń DNA testem kometowym*

3 kwiecień

Dr hab. Janusz Skalski

Instytut Problemów Jądrowych, Warszawa

*Kondensacja Bosego-Einsteina*

10 kwiecień

Prof. dr hab. Marian Jaskóła

Instytut Problemów Jądrowych, Warszawa

*40-lecie akceleratora van de Graffa „Lech”*

17 kwiecień

Dr Witold Urbanik  
Akademia Ekonomiczna, Wrocław  
*Modelowanie aberracji chromosomowych w limfocytach pacjentów  
poddawanych radioterapii*  
24 kwiecień

Mgr Radosław Rafiński  
Sun Microsystems, Poland  
*Terminale sieciowe i stacje robocze Sun Microsystems*  
8 maj

Dr hab. Piotr Flin  
*Program badań obserwatorium astronomicznego*  
15 maj

Dr Agnieszka Trzcńska  
Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów, Uniwersytet Warszawski  
*Atomy antyprotonowe*  
22 maj

Mgr Janusz Krywult  
*Pozasłoneczne układy planetarne*  
5 czerwiec

Dr hab. Wojciech Florkowski  
Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków  
*Procesy produkcji w zderzeniach jąder atomowych przy wysokich energiach*  
16 październik

Dr Tadeusz Kosztolowicz  
*Anomalna dyfuzja w układach membranowych*  
23 październik

Dr hab. Andrzej Majhofer  
Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski, Warszawa  
*Przemiany fazowe porządek-nieporządek*  
30 październik

Prof. dr hab. Roman Bobryk  
Instytut Matematyki, Akademii Świętokrzyskiej, Kielce  
*Parametryczny rezonans stochastyczny*  
6 listopad

Prof. dr hab. Ziemowid Sujkowski  
Instytut Problemów Jądrowych, Świerk  
*Fizyka atomowa wysokich energii w astrofizyce*  
13 listopad



Dr Urszula Majewska  
*Elektronowa struktura pocisku przechodzącego przez tarczę węglową*  
27 listopad

Dr hab. Janusz Braziewicz  
*Tomografia elektronowo-pozytonowa (PET) w diagnostyce medycznej*  
4 grudzień

Dr hab. Teresa Tymieniecka,  
Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski, Warszawa  
*Sygnaty z kosmosu a struktura nukleonu*  
11 grudzień

### Seminaria poza Instytutem

Dr hab. A. Okopińska  
*Optimized expansion for effective action in quantum field theory.*  
**Institute of Physics, Laval University, Kanada**  
13 maj

Prof. dr hab. St. Mrówczyński  
*Event-by-event fluctuations in heavy-ion collisions*  
**Physics Department, Ohio State University, Columbus, Ohio, USA**  
10 styczeń

Prof. dr hab. St. Mrówczyński  
*Event-by-event fluctuations in heavy-ion collisions*  
**Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, USA**  
9 kwiecień

Prof. dr hab. St. Mrówczyński  
*Color collective excitations in anisotropic quark-gluon plasma*  
**Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, USA**  
18 kwiecień

Prof. dr hab. St. Mrówczyński  
*Event-by-event fluctuations in heavy-ion collisions*  
**Physics Department, State University of New York, Stony Brook, New York, USA**  
Maj

Prof. dr hab. St. Mrówczyński  
*Fluktuacje w zderzeniach relatywistycznych jąder atomowych*  
**Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków**  
22 październik

Dr J. Krywult,  
*Podzgrupowania w gromadach galaktyk*  
**Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń**  
25 marzec

Dr J. Semaniak  
*Wykorzystanie pierścieni akumulacyjnych w badaniach rekombinacji dysocjatywnej,*  
**Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa**

Dr hab. J. Braziewicz  
*Jonizacja pocisków S w tarczach węglowych*  
**Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa**  
10 kwiecień

Dr hab. J. Braziewicz  
*Jonizacja pocisków S w tarczach węglowych*  
**Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń**  
19 kwiecień

Dr T. Kosztolowicz  
*Subdyfuzja w układach membranowych I*  
**Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa**  
11 październik

T. Kosztolowicz  
*Subdyfuzja w układach membranowych II,*  
**Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa**  
18 październik

Dr hab. P. Flin,  
*Opisanie lokalnego pola galaktyk w ramach kosmologii konforemnej*  
**Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych, Dubna, Rosja**

## **WYJAZDY ZAGRANICZNE (niekonferencyjne)**

1. Dr J. Semaniak - Departament Fizyki Molekularnej, Uniwersytet Sztokholmski, Szwecja  
luty - kwiecień, sierpień - wrzesień, październik
2. Dr hab M. Pajek - Instytut Ciężkich Jonów (GSI) , Niemcy  
lipiec
3. Dr hab M. Pajek - Uniwersytet we Fryburgu, Szwajcaria  
grudzień
4. Prof. St. Mrówczyński, Uniwersytet Duke, Durham, Płn. Karolina, USA  
marzec
5. Prof. St. Mrówczyński, Uniwersytet Kalifornijski w Berkeley, USA  
kwiecień
6. Prof. St. Mrówczyński, Uniwersytet Nowojorski w Stony Brook, USA  
maj
7. Prof. St. Mrówczyński, Uniwersytet w Bergen, Norwegia  
wrzesień
8. Prof. St. Mrówczyński, Instytut Ciężkich Jonów (GSI) , Niemcy  
listopad
9. Mgr R. Korus, Uniwersytet w Bergen, Norwegia  
wrzesień
10. Dr D. Banaś, , Instytut Ciężkich Jonów (GSI) , Niemcy  
marzec - grudzień
11. Dr hab.P. Flin - Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych, Dubna, Rosja  
styczeń - lipiec
12. Dr G. Stefanek, Instytut Fizyki Jądrowej, Uniwersytet we Frankfurcie, Niemcy  
kwiecień
13. Dr G. Stefanek, CERN, Genewa, Szwajcaria  
październik
14. Mgr M. Rybczyński, Instytut Fizyki Jądrowej, Uniwersytet we Frankfurcie, Niemcy  
kwiecień
15. Mgr M. Ryczyński, CERN, Genewa, Szwajcaria  
październik

## ADRESY ELEKTRONICZNE

W domenie @pu.kielce.pl: [imie.nazwisko@pu.kielce.pl](mailto:imie.nazwisko@pu.kielce.pl) albo skrót:

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| Banaś Dariusz             | <b>badan</b>    |
| Bojara Artur              | <b>bojara</b>   |
| Braziewicz Ewa            | <b>ebr</b>      |
| Braziewicz Janusz         | <b>braziew</b>  |
| Chojnacki Sławomir        | <b>schojn</b>   |
| Dąbrowski Edward          | <b>dab</b>      |
| Detka Marek               | <b>mdetka</b>   |
| Dworecki Kazimierz        | <b>dworecki</b> |
| Robert Korus              | <b>korus</b>    |
| Flin Piotr                | <b>flin</b>     |
| Kargol Marian             | <b>kargol</b>   |
| Korus Robert              | <b>korus</b>    |
| Koszołowicz Tadeusz       | <b>tkoszt</b>   |
| Krywult Janusz            | <b>krywult</b>  |
| Kubala-Kukuś Aldona       | <b>akuku</b>    |
| Kwaśniewicz Edward        | <b>edkwa</b>    |
| Majewska Urszula          | <b>majewska</b> |
| Markowski Adam            | <b>amar</b>     |
| Pajek Marek               | <b>pajek</b>    |
| Sarnot Katarzyna          | <b>sarnot</b>   |
| Semaniak Jacek            | <b>jacek</b>    |
| Sornat Wiesław            | <b>sornat</b>   |
| Suchanek Grażyna          | <b>suchaneg</b> |
| Suchanek Roman            | <b>suchanek</b> |
| Stefanek Grzegorz         | <b>stefanek</b> |
| Włodarczyk Zbigniew       | <b>wlod</b>     |
| Wysocka-Kunisz Małgorzata | <b>mkunisz</b>  |

Ponadto:

|                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| Stanisław Mrówczyński | <b>mrow@fuw.edu.pl</b>   |
| Anna Okopińska        | <b>okopin@fuw.edu.pl</b> |