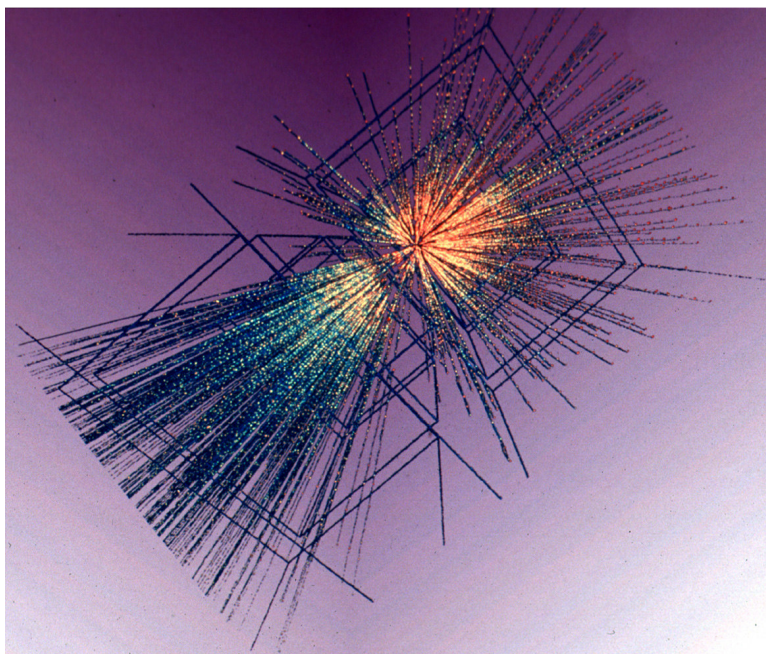


# Raport Roczny Instytutu Fizyki 2004



Akademia Świętokrzyska  
im. J. Kochanowskiego  
w Kielcach

<b>SPIS TREŚCI</b>	<b>Strona</b>
<b>Rok 2003 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	10
Zakład Fizyki Doświadczalnej	14
Zakład Astrofizyki	18
Zakład Fizyki Teoretycznej	22
Zakład Dydaktyki Fizyki	30
Zakład Fizyki Medycznej	33
Zakład Informatyki	38
<b>Wspomnienie o profesorze Chojnackim</b>	<b>39</b>
<b>Publikacje</b>	<b>40</b>
Artykuły naukowe	40
Podręczniki i skrypty	49
Artykuły popularno-naukowe	49
<b>Udział w konferencjach</b>	<b>50</b>
<b>Seminaria</b>	<b>59</b>
Seminaria w instytucie	59
Seminaria poza instytutem	61
<b>Wyjazdy zagraniczne</b>	<b>62</b>
<b>Granty realizowane w Instytucie</b>	<b>63</b>
<b>Adresy elektroniczne pracowników</b>	<b>64</b>
<b>Plakaty z konferencji</b>	<b>65</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 2004 dużo się wydarzyło w naszym instytucie.

- 2 maja zmarł profesor Sławomir Chojnacki (wspomnienie na str. 39) .
- Państwowa Komisja Akredytacyjna pozytywnie zaopiniowała prowadzone w naszym instytucie magisterskie studia na kierunku fizyka i licencjackie studia informatyczne.
- W dniach 14 – 17 października odbył się w instytucie International Workshop *Future of Nuclear Collisions at High Energies*.
- Grupa fizyki wysokich energii wraz z czterema placówkami niemieckim utworzyła Wirtualny Instytut *Physics of Strongly Interacting Matter at High Densities* sponsorowany przez Hemholtz Gemainschaft.
- Grupa fizyki atomowej została członkiem międzynarodowej kolaboracji SPARC (Stored Particles Atomic Physics Research Collaboration)
- Nagrodę Rektora AŚ otrzymało dwóch naszych kolegów oraz trzy zespoły.
- Opublikowaliśmy 73 artykuły w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej.
- W instytucie realizowane było 5 grantów KBN i jeden grant europejski.

Na dalszych stronach tego raportu przedstawiamy organizację i strukturę instytutu (według stanu na 31 grudnia 2004 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. 40. 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

Prof. dr hab. Marek Pajek - dyrektor

Dr hab. Jacek Semaniak - wicedyrektor ds. dydaktycznych

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

Dr inż. Ignacy Pardyka - wicedyrektor ds. informatyki

### Rada Instytutu

Dr 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,  
prof. dr hab. M. Pajek, dr inż. I. Pardyka, dr hab. J. Semaniak, dr hab. Z. Włodarczyk

### Zakłady Instytutu:

1. Zakład Fizyki Atomowej, kierownik – prof. dr hab. Marek Pajek
2. Zakład Fizyki Jądrowej, kierownik – dr hab. Zbigniew Włodarczyk
3. Zakład Fizyki Doświadczalnej, p.o. kierownika – dr Kazimierz Dworecki
4. Zakład Astrofizyki, kierownik – dr hab. Piotr Flin
5. Zakład Fizyki Teoretycznej, kierownik – prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński
6. Zakład Dydaktyki Fizyki, kierownik – dr hab. Jacek Semaniak
7. Zakład Fizyki Medycznej, kierownik – dr hab. Janusz Braziewicz
7. Zakład Informatyki, kierownik – prof. dr hab. inż. Andrzej Dziech

**Sekretariat:** mgr Urszula Kryj-Skrzyńska

## ZAKŁAD FIZYKI ATOMOWEJ

### Skład osobowy

Prof. dr hab. Marek Pajek – kierownik zakładu,  
dr Dariusz Banaś, mgr Marcin Czarnota, mgr Aldona Kubala-Kukuś,  
mgr Jakub Szlachetko, mgr Marek Detka, mgr inż. Ewa Kacak

### Tematyka badawcza

Działalność naukowa zakładu dotyczy fizyki zderzeń atomowych. Eksperymentalnie badana jest dynamika 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 trójcząsteczkowa (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. Badania dotyczące rezonansowego rozpraszania ramanowskiego promieniowania rentgenowskiego są prowadzone przy wykorzystaniu Europejskiego Źródła Promieniowania Synchrotronowego (ESRF) w Grenoble.

### 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 Kansai Gaidai, Osaka, Japonia  
Europejskie Źródło Promieniowania Synchrotronowego (ESRF), Grenoble, Francja

## Badanie rezonansowego rozpraszania Ramana promieniowania synchrotronowego

*J. Szlachetko, A. Kubala-Kukuś, M. Pajek, R. Barrett<sup>1</sup>, M. Berset<sup>2</sup>, J.-Cl. Dousse<sup>2</sup>,  
K. Fennane<sup>2</sup>, J. Hoszowska<sup>1</sup> i M. Szlachetko<sup>2</sup>*

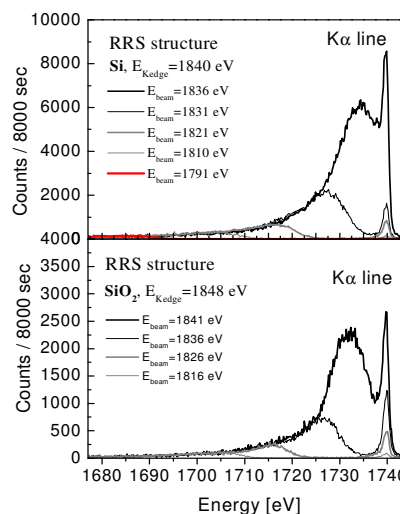
Zastosowanie metody rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej z całkowitym odbiciem wiązki padającej (TXRF) w połączeniu ze źródłem synchrotronowym promieniowania rentgenowskiego stwarza nowe możliwości pomiarów bardzo małych koncentracji pierwiastków lekkich np. aluminium (Al), stanowiących zanieczyszczenie materiałów półprzewodnikowych. Granica wykrywalności pierwiastków ograniczona jest jednak przez obecność promieniowania rezonansowego rozpraszania Ramana (RRS). Tak więc w tego typu pomiarach istotna jest dokładna znajomość kształtu widma zdeterminowanego głównie przez rozpraszanie Ramana.

W ramach prowadzonych badań analizowano rezonansowe rozpraszanie Ramana promieniowania synchrotronowego w ciele stałym (Si, Al, SiO<sub>2</sub> i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Eksperyment został przeprowadzony w European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) w Grenoble (Francja), na wiązce fotonów ID21, przeznaczonym do spektroskopii rentgenowskiej z wysoką zdolnością rozdzielczą. Widma promieniowania rejestrowano przy wykorzystaniu spektrometru krystalicznego typu von Hamos o wysokiej zdolności rozdzielczej (~eV), co umożliwiło określenie dokładnego kształtu widm rozpraszania ramanowskiego oraz wyznaczenie stosunku intensywności tego promieniowania do intensywności linii fluorescencyjnej K $\alpha$ .

Pomiary przeprowadzono dla różnych energii promieniowania synchrotronowego (od 1400 eV do 1900 eV), o natężeniu 10<sup>12</sup> – 10<sup>13</sup> fotonów/s z energetyczną zdolnością rozdzielczą wiązki ~6eV w obszarze poniżej krawędzi absorpcji powłoki K. Na podstawie zarejestrowanych widm wyznaczono przekroje czynne na rezonansowe rozpraszanie Ramana promieniowania synchrotronowego. Zaobserwowano istotne różnice w kształcie widm promieniowania rozpraszania Ramana między metalem (Al) i półprzewodnikiem (Si), jak również między ich tlenkami. Rezultatem badań będzie możliwość obniżenia progu wykrywalności zanieczyszczenia Al w materiałach półprzewodnikowych.



Rys.1 Zdjęcie spektrometru krystalicznego typu von Hamos zainstalowanego w układzie ID21 ESRF.



Rys. 2 Widma promieniowania rozpraszania Ramana mierzone dla krzemu (Si) oraz tlenku krzemu (SiO<sub>2</sub>) dla różnych energii

<sup>1</sup>European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), Grenoble, Francja

<sup>2</sup>Department of Physics, University of Fribourg, Fribourg, Szwajcaria

## Wpływ efektów relatywistycznych na szerokość rozkładu energii dwufotonowego przejścia $2^1S_0 \rightarrow 1^1S_0$ w helopodobnym uranie

*D. Banaś, Th. Stöhlker<sup>1</sup>, A. Gumberidze<sup>1</sup>, A. Orsic-Muthig<sup>1</sup>,  
U. Spillmann<sup>1</sup>, S. Tachenow<sup>1</sup>, D. Sierpowski<sup>2</sup> i A. Warczak<sup>2</sup>*

Równoczesna emisja dwóch fotonów w skutek przejść elektrycznych dipolowych (E1) jest dominującym mechanizmem rozpadu stanu  $2^1S_0$  w He-podobnych jonach. Proces ten jest wynikiem oddziaływania pomiędzy atomem a polem elektromagnetycznym i może być opisany następująco:

$$1s2s\ ^1S_0 \rightarrow 1s^2\ ^1S_0 + \hbar\omega_1 + \hbar\omega_2,$$

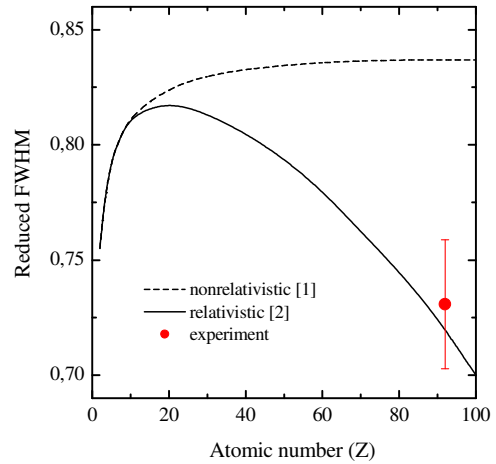
gdzie  $\hbar\omega_1$  oraz  $\hbar\omega_2$  są energiami fotonów emitowanych w przejściu. Suma energii tych fotonów jest zawsze równa różnicy energii pomiędzy stanem początkowym i końcowym elektronu biorącego udział w przejściu:

$$\hbar\omega_1 + \hbar\omega_2 = E_I - E_F$$

Istotnym jest fakt, że każdy z fotonów jest emitowany z ciągłym rozkładem energii, którego maksimum znajduje się w połowie energii przejścia. Szerokość tego rozkładu (FWHM) wzrasta z liczbą atomową od  $Z = 2$  do 20, po czym stopniowo maleje. Zmiany kształtu (szerokości) rozkładu energii emitowanych fotonów są rezultatem, po pierwsze, oddziaływania coulombowskiego elektron-elektron, które zmniejsza szerokość rozkładu dla  $Z < 20$  oraz, po drugie, efektów relatywistycznych, które z kolei zmniejszają jego szerokość dla  $Z > 20$  (patrz rysunek). Ten wyraźny wpływ oddziaływania elektron-elektron dla małych  $Z$  oraz efektów relatywistycznych dla dużych  $Z$  pozwala na jednoznaczny eksperymentalny test przewidywań teoretycznych opisujących He-podobne jony.

Pierwszy eksperyment umożliwiający dokładny pomiar rozkładu energii fotonów dla dużych  $Z$  został przeprowadzony w zeszłym roku dla He-podobnych jonów uranu gromadzonych i chłodzonych w pierścieniu akumulacyjnym ESR w GSI Darmstadt. W eksperymencie tym zastosowano całkowicie nową technikę pomiaru przejść dwufotonowych w której He-podobne jony uranu, wzbudzone do stanu  $2s$ , były wytwarzane poprzez selektywną jonizację powłoki  $K$  w Li-podobnych jonach. Technika ta pozwoliła na bardzo wydajny oraz wolny od tła pomiar przejść dwufotonowych w He-podobnym uranie, a tym samym pierwszy test przewidywań teoretycznych dla wysokich  $Z$ .

Zmierzona w eksperymencie zredukowana szerokość rozkładu dwufotonowego przejścia  $2^1S_0 \rightarrow 1^1S_0$  w He-podobnym uranie okazała się zgodna z obliczeniami relatywistycznymi, potwierdzając tym samym przewidziane teoretycznie zmniejszanie się szerokości tego rozkładu na skutek efektów relatywistycznych.



<sup>1</sup>Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), Darmstadt, Niemcy

<sup>2</sup>Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

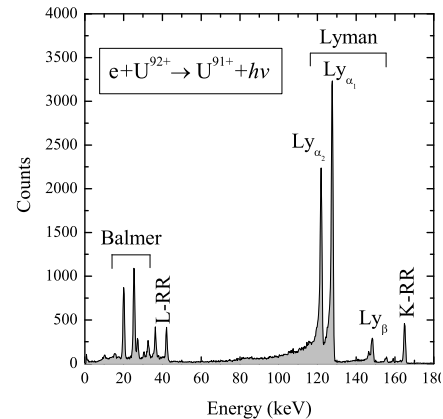
# Radiacyjna rekombinacja jonów uranu $U^{92+}$ z elektronami swobodnymi

*M. Pajek, D. Banaś, M. Czarnota, J. Szlachetko, Th. Stöhlker<sup>1</sup>, A. Gumberidze<sup>1</sup>,  
A. Orsic-Muthig<sup>1</sup>, U. Spillmann<sup>1</sup>, R. Reusch<sup>1</sup>, S. Tachenow<sup>1</sup>, D. Sierpowski<sup>2</sup> i A. Warczak<sup>2</sup>*

Przeprowadzone dotąd eksperymenty, w których badano proces rekombinacji jonów z elektronami pokazały, że zmierzone współczynniki rekombinacji radiacyjnej zgadzają się z przewidywaniami teoretycznymi tylko dla energii względnych wyższych niż temperatura poprzeczna wiązki elektronów  $kT_{\perp}$ , natomiast dla energii poniżej temperatury podłużnej  $kT_{\parallel}$  obserwowany jest istotny wzrost tych współczynników w stosunku do przewidywań teoretycznych. Jest to tzw. efekt „wzmocnienia” - zaobserwowany po raz pierwszy eksperymentalnie z gęstą tarczą elektronową w GSI i potwierdzony w wielu pierścieniach akumulacyjnych dla różnych jonów, aż do całkowicie obdartego uranu  $U^{92+}$ .

W większości tych eksperymentów jony, które wychwyciły elektron wskutek radiacyjnej rekombinacji były separowane od zgromadzonej w pierścieniu wiązki za pomocą magnesu dipolowego umieszczonego zaraz za strefą oddziaływania jonów z elektronami i mierzone za pomocą detektora cząstek. Taka technika, jeśli zostanie zastosowana do zerowych energii względnych, pozwala jedynie na pomiar jonów, które wychwyciły elektron w wyniku radiacyjnej rekombinacji, nie umożliwia natomiast identyfikacji stanu, do którego ten elektron został wychwycony.

W 2004 roku został przeprowadzony pierwszy eksperyment dla energii względnych 0-1000 meV, w którym możliwa była jednoznaczna identyfikacja stanów elektronowych rekombinujących jonów poprzez pomiar promieniowania rentgenowskiego emitowanego w procesie bezpośredniej radiacyjnej rekombinacji lub dalszej deekscytacji stanów wzbudzonych. W eksperymencie tym badano rekombinację radiacyjną całkowicie zjonizowanych jonów uranu o energii 23 MeV/u, gromadzonych w pierścieniu akumulacyjnym ESR (GSI Darmstadt) i chłodzonych w chłodnicy elektronowej, która jednocześnie służyła za tarczę elektronową. W eksperymencie mierzono jednocześnie fotony promieniowania rentgenowskiego będące skutkiem bezpośredniej rekombinacji do niskich stanów elektronowych ( $n = 1, 2$ ) tzn. K-RR oraz L-RR oraz linie serii Lymana i Balmera, które są rezultatem kaskadowej deekscytacji następującej po wychwycie elektronów do wysokich stanów elektronowych (patrz rys.). Z intensywności linii K-RR i L-RR wyznaczono współczynniki rekombinacji do stanów  $1s_{1/2}$ ,  $2s_{1/2}$ ,  $2p_{1/2}$ ,  $2p_{3/2}$ , natomiast intensywności linii Lymana i Balmera okazały się bardzo dobrym narzędziem do badania procesu rekombinacji dla wysokich stanów rydbergowskich. Eksperyment ten umożliwił więc, po raz pierwszy, badanie efektu „wzmocnienia” rekombinacji jonów dla szerokiego zakresu stanów elektronowych i energii względnych, dając tym samym unikalną możliwość lepszego zrozumienia procesu radiacyjnej rekombinacji jonów z elektronami.



Widmo promieniowania rentgenowskiego zmierzone dla zerowej energii względnej przez detektor umieszczony pod kątem  $0^{\circ}$

<sup>1</sup>Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), Darmstadt, Niemcy

<sup>2</sup> Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków



## Wielokrotna jonizacja powłok L i M pierwiastków o średnim Z w zderzeniach z jonami tlenu

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

Promieniowanie rentgenowskie emitowane przez wielokrotnie zjonizowane atomy zawiera w sobie informacje o strukturze elektronowej atomu w chwili emisji tego promieniowania. Szczegóły tej struktury mogą być analizowane dzięki wykorzystaniu dyfrakcyjnej spektroskopii rentgenowskiej. Opisywany eksperyment został przeprowadzony w Instytucie Paula Scherrera (PSI) w Villigen w Szwajcarii. Używając wiązek jonów tlenu o energii 279 MeV oraz neonu o energii 178 MeV zmierzono widma linii  $L\alpha_{1,2}$  ( $L_3M_{4,5}$ ) oraz  $L\beta_1$  ( $L_2M_4$ ) dla Zr, Mo oraz Pd. Do pomiarów wykorzystano krystaliczny spektrometr typu von Hamosa o zdolności rozdzielczej 0,6 eV w mierzonym zakresie energii.

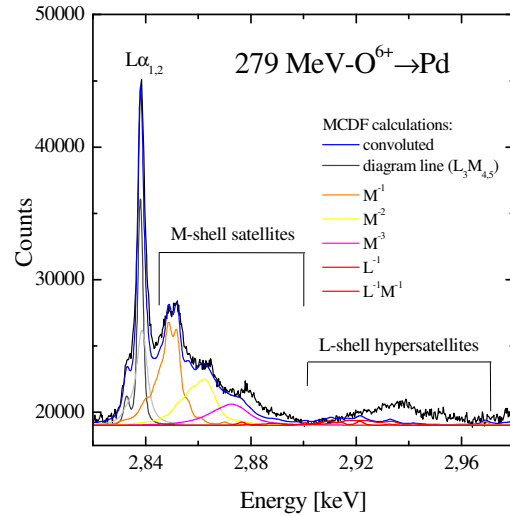
W celu oszacowania prawdopodobieństw wielokrotnej jonizacji wykorzystano dostępne obliczenia MCDF dla Zr, Mo i Pd. Użyto konfiguracji o maksymalnie trzech dziurach w powłoce M i jednej dziurze w powłoce L. Dla otrzymanych względnych intensywności poszczególnych linii sprawdzono, czy podlegają one rozkładowi dwumianowemu:

$$P_{N_i}(k_i) = \binom{N_i}{k_i} p_i^{k_i} (1-p_i)^{N_i-k_i},$$

gdzie:  $p_i$  – prawdopodobieństwo jonizacji powłoki  $N$ ,  $k_i$  – ilość dziur w powłoce  $N$ .

Otrzymane dla powłok L i M prawdopodobieństwa wielokrotnej jonizacji wyniosły 5-8% dla powłoki L oraz 7-9% dla powłoki M. Stwierdzono, że otrzymane eksperymentalnie względne stosunki intensywności poszczególnych linii nie są zgodne z rozkładem dwumianowym. Otrzymane wyniki porównano również z wartościami obliczonymi na podstawie modelu geometrycznego, które dały wartości prawdopodobieństw jonizacji dla powłoki L – 10%, a dla powłoki M – 5%. Ponieważ do obliczeń nie włączono bardziej skomplikowanych konfiguracji, dla których nie były dostępne obliczenia MCDF, otrzymane wyniki należy traktować jako szacunkowe wyniki wstępne, obarczone błędem ok. 25%.

W celu wyznaczenia dokładnych wartości prawdopodobieństw jonizacji powłok L i M dla mierzonych atomów o średnim Z, do dalszej analizy zostaną użyte obliczenia MCDF dla bardziej złożonych konfiguracji ( $M^mN^n$ ) dziur w powłokach elektronowych.



Linia  $L\alpha_{1,2}$  palladu ze strukturą satelitarną powłoki M i hipersatelitarną powłoki L wraz ze strukturami uzyskanymi na podstawie obliczeń MCDF.

<sup>1</sup>Physics Department, University of Fribourg, Fribourg, Szwajcaria

<sup>2</sup> Instytut Problemów Jądrowych im. A. Soltana, Świerk-Owtock

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

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

## **ZAKŁAD FIZYKI JĄDROWEJ**

### **Skład osobowy**

Dr hab. Zbigniew Włodarczyk – kierownik zakładu,  
dr hab. Marek Gaździcki, 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 krotkości. 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

## Fluktuacje krotności w zderzeniach relatywistycznych ciężkich jonów

*M. Rybczyński i Z. Włodarczyk*

Analizując przypadki zderzeń ołów–ołów przy energii 158 AGeV (zarejestrowane w eksperymencie NA49 wykonanym w CERN) zauważono zdecydowanie niepoissonowski charakter rozkładów krotności ujemnie naładowanych pionów w funkcji liczby nukleonów biorących udział w oddziaływaniu. Jako miara fluktuacji krotności została użyta skalowana wariancja  $Var(N)/\langle N \rangle$  rozkładu krotności. Fluktuacje krotności mogą być wyrażone poprzez dwucząstkową funkcję korelacyjną  $v_2(r)$  jako

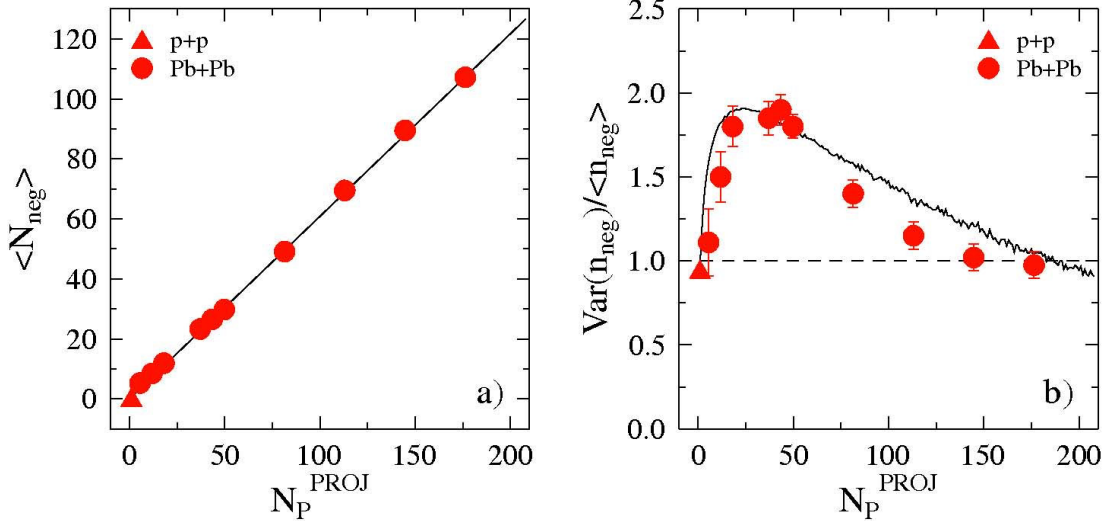
$$\frac{\langle N^2 \rangle - \langle N \rangle^2}{\langle N \rangle} = 1 + n \int_V dr v_2(r),$$

gdzie  $n$  oznacza gęstość cząstek a  $V$  - objętość, w której cząstki są produkowane.

Oddziaływania między wyprodukowanymi cząstkami można opisać poprzez dwa potencjały: przyciągający potencjał jądrowy typu Yukawy na krótkich dystansach ( $r \sim 1$  fm) i odpychający potencjał elektrostatyczny typu Debye'a w dużych odległościach ( $r \sim 3.5$  fm). Powyższe oddziaływania prowadzą do korelacji między cząstkami, które opisujemy dwucząstkową funkcją korelacyjną  $v_2(r)$  postaci:

$$v_2(r) = \exp\left(a_n \frac{\exp(-r/\lambda_n)}{r} - a_e \frac{\exp(-r/\lambda_e)}{r}\right) - 1.$$

Na rysunku pokazano średnią krotność i skalowaną wariancję rozkładu krotności ujemnie naładowanych cząstek jako funkcję liczby oddziałujących nukleonów w porównaniu z przewidywaniami modelu.



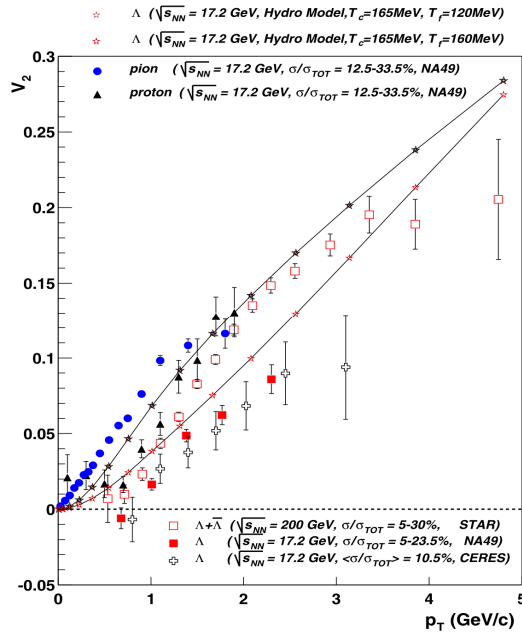
Średnia krotność (a) i skalowana wariancja rozkładu krotności (b) ujemnie naładowanych cząstek wyprodukowana w zderzeniach jonów przy energii 158 AGeV w porównaniu z przewidywaniami modelu z dwucząstkową funkcją korelacyjną  $v_2(r)$

## Korelacje azymutalne hiperonów $\Lambda$ w zderzeniach Pb+Pb przy energii 158A GeV

G. Stefanek, M. Gaździcki, R. Korus, St. Mrówczyński, M. Rybczyński, Z. Włodarczyk  
i kolaboracja NA49

Zderzenia ciężkich jąder atomowych o energiach od kilku do kilkuset GeV na nukleon, stały się ostatnio jednym z wiodących tematów realizowanych w ramach fizyki wysokich energii. Zainteresowanie tymi zderzeniami jest wynikiem przewidywań teoretycznych, które gdzieś w "obszarze energetycznym" akceleratorów AGS (11GeV/n) i SPS (158GeV/n) sytuuje przejście fazowe do nowego stanu materii zwanego plazmą kwarkowo-gluonową (QGP). Materia w tym stanie składa się ze kwarków i gluonów, które poruszają się w całym obszarze zajmowanym przez układ. Najnowsze wyniki wskazują, że przejście fazowe materii hadronowej do stanu QGP następuje już przy energiach wiązki rzędu kilkudziesięciu GeV na nukleon. Dlatego kolaboracja NA49 podjęła się ambitnego planu "przeskanowania" obszaru energii 11-158 GeV/n w poszukiwaniu sygnatur przejścia fazowego.

Korelacje wielocząstkowe w płaszczyźnie azymutalnej, zwane także przepływami są interpretowane jako efekty występowania gradientu ciśnienia we wczesnej fazie zderzenia. W trakcie zderzenia asymetria rozkładu ciśnienia zostaje przekształcona w asymetrię w przestrzeni pędów cząstek wtórnych. Korelacje te są czułe zarówno na równanie stanu materii jądrowej jak i na stopień termalizacji osiągany podczas zderzenia. Przepływy cząstek ciężkich, a szczególnie tych zawierających kwark dziwny, są szczególnie interesujące ze względu na fakt, że są one znacznie mniej czułe na temperaturę „wymrażania” i tym samym w znacznie większym stopniu związane są z warunkami panującymi we wczesnej fazie zderzenia.



Zależność przepływu eliptycznego pionów, protonów i hiperonów  $\Lambda$  od pędu poprzecznego cząstek dla przypadków pół-centralnych z eksperymentów NA49, CERES i STAR oraz przewidywania modelu hydrodynamicznego

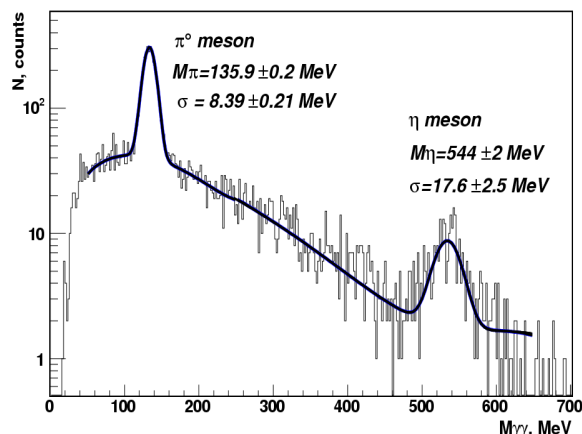
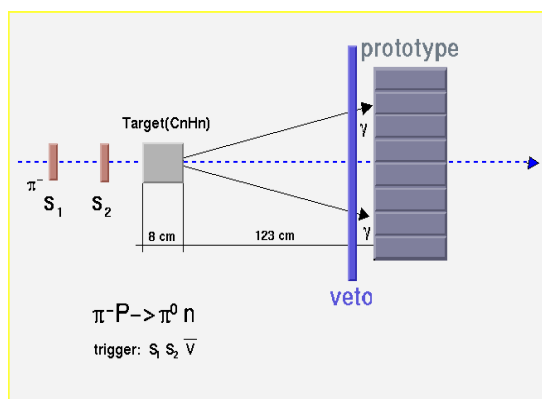
W analizie zastosowano standardową metodę analizy (metodę Fouriera), pozwalającą na określenie asymetrii azymutalnej rozkładu hiperonów  $\Lambda$  względem wyznaczonej płaszczyzny reakcji. Płaszczyznę tę znajdowano z rozkładu pędu poprzecznego zidentyfikowanych naładowanych mezonów  $\pi$ . Wyniki sugerują podobieństwo przepływu eliptycznego hiperonów  $\Lambda$  do strumienia kolektywnego protonów. Przepływ hiperonów  $\Lambda$  jest natomiast znacząco mniejszy niż ten dla naładowanych mezonów  $\pi$ . Przepływ eliptyczny wszystkich mierzonych cząstek: mezonów  $\pi$ , protonów i hiperonów  $\Lambda$  bardzo słabo zależy od ich pośpieszności, ale bardzo silnie rośnie zarówno z parametrem zderzenia jak i z pędem poprzecznym  $p_T$ . Zależność od  $p_T$  jest wyraźnie silniejsza w zderzeniach mniej centralnych.

## Analiza danych z detektora PHOS – przygotowywanie eksperymentu ALICE przy LHC

G. Stefanek

W ramach szeroko zakrojonych badań nad zderzeniami ciężkich jonów Europejskie Centrum Badań Jądrowych (CERN) buduje obecnie akcelerator wiązek przeciwbieżnych LHC. Zderzacz ten będzie gotów w roku 2007 i pozwoli na uzyskanie olbrzymich energii i gęstości materii jądrowej. Przy akceleratorze LHC planowane są cztery wielkie eksperymenty: ALICE, ATLAS, CMS, LHC-b. Eksperyment ALICE jest specjalnie dedykowany zderzeniom jądrowym. Detektor PHOS – część układu detekcyjnego ALICE – będzie rejestrował fotony, piony i mezony  $\eta$  o energiach odpowiednio 0.5-10, 1-10 i 2-10 GeV. Zadaniem spektrometru jest min. badanie promieniowania termicznego gorącej i gęstej materii we wczesnej fazie zderzenia jąder. Spektrometr ma także badać fotony natychmiastowe z twardych procesów QCD oraz, dzięki rejestracji fotonów z rozpadu  $\pi^0$ , ewolucję fazy hadronowej i sygnały związane z ustanowieniem symetrii chiralnej.

W ramach testów i przygotowań w 2004 roku korzystano z prototypu detektora złożonego z 256 modułów (macierz 16x16). Model składał się z 4 bloków 64 modułowych i co za tym idzie z 4 krat ADC. Program zbierania lawin pochodzących od fotonów i mezonów  $\pi^0$  przyniósł ponad 300 000 zarejestrowanych lawin w zakresie energii 1-6 GeV. Rozdzielczość masy niezmienniczej par fotonów jest obecnie lepsza niż  $5\text{MeV}/c^2$ . Rozdzielczość energetyczna jest na poziomie poniżej 3% dla wszystkich zestawów 3x3 liczników w prototypie.



Układ detekcyjny wykorzystywany podczas testów prototypu spektrometru PHOS w Europejskim Centrum Badań Jądrowych (CERN) w roku 2004 oraz rozkład masy niezmienniczej par fotonów zarejestrowanych z użyciem prototypu.

Badania obejmowały również testy nowej elektroniki czołowej. Testy te podyktowane były planami włączenia detektora PHOS do systemu trygera eksperymentu ALICE i w związku z tym potrzebą unowocześnienia (przyspieszenia) elektroniki. Stwierdzono że nowa elektronika spełnia warunki niezbędne dla uzyskania założonej rozdzielczości energetycznej i czasowej. Szumy elektroniki zmierzono na poziomie  $\pm 3$  kanałów. Testy detektora PHOS prowadzono w okresie czerwiec-październik 2004 na wiązkach z akceleratorów Proton Synchrotron i Super Proton Synchrotron.

## **ZAKŁAD FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ**

### **Skład osobowy**

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

### **Tematyka badawcza**

Badania prowadzone w zakładzie dotyczą procesów transportu substancji w układach membranowych. Występują tu takie zjawiska jak: dyfuzja i dyfuzja anomalna, 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 translokacji 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:**

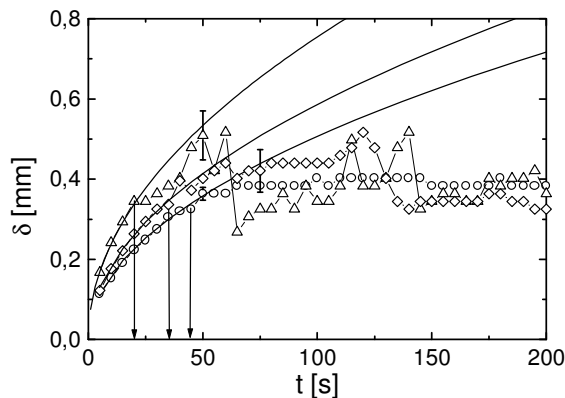
Institute of Applied Physics, Miyazaki University, Japonia  
Department of Physics, Loyola University, New Orleans, USA.

# Niestabilności hydrodynamiczne w układzie membranowym

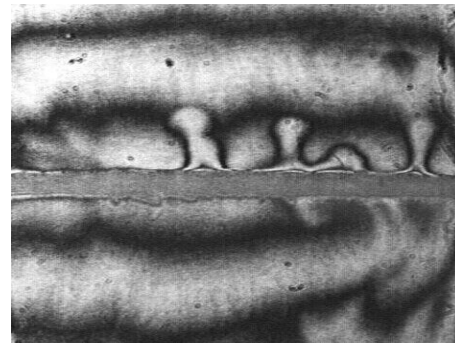
K. Dworecki i S. Wąsik

Niestabilności hydrodynamiczne są istotnym czynnikiem wpływającym na transport substancji w układach membranowych. Powstają one w sytuacji, gdy gradienty gęstości roztworów w warstwach przymembranowych są przeciwne do siły grawitacji. Stabilność tych warstw opisuje bezwymiarowy parametr tzw. liczba Rayleigha, która wyraża stosunek sił wyporu do dysypatywnych sił lepkości. Gdy liczba ta osiąga wartość krytyczną, układ staje się niestabilny.

Stosując metodę interferometryczną wykonano badania stabilności hydrodynamicznych warstw granicznych w układzie z horyzontalnie usytuowaną membraną. Badania przeprowadzono dla pionowej i poziomej orientacji prążków interferencyjnych oraz pomiar



Rys. 1 Zależności czasowe grubości stężeniowych warstw granicznych dla roztworów etanolu o stężeniach początkowych: 80 (kółka), 250 (diamenty) i 500 mol/m<sup>3</sup> (trójkąty). Linie ciągłe przedstawiają dopasowanie do danych funkcje  $\delta(t) = a\sqrt{t}$ , strzałki wskazują momenty pojawienia się konwekcji.



Rys. 2 Interferogram z widocznymi strukturami dysypatywnymi odnoszący się do stanu niestabilnego warstw granicznych, otrzymany dla roztworu etanolu o stężeniu 500 mol/m<sup>3</sup> po czasie 120 s.

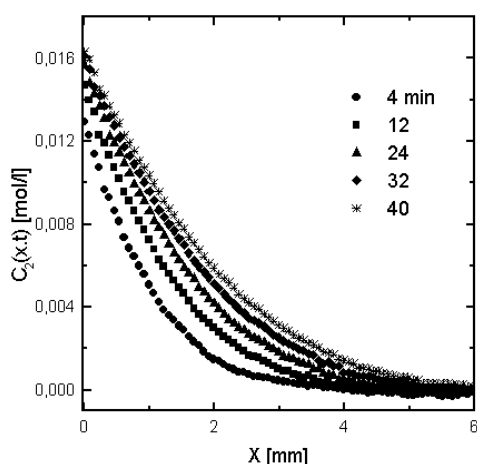
krytycznej wartości grubości stężeniowej warstwy granicznej. Pozioma orientacja prążków interferencyjnych, ze względu na dużą czułość układu pomiarowego na zmiany stężenia, pozwala na dokładny pomiar prędkości konwekcji. Rys. 1 przedstawia czasową zależność grubości stężeniowych warstw granicznych w funkcji początkowego stężenia roztworu etanolu, znajdującego się w dolnym przedziale układu membranowego (górny przedział był stale napełniany wodą), a Rys. 2 interferogram z poziomymi prążkami, odnoszący się do stanu niestabilnego.

Otrzymane rezultaty wskazują, że niestabilność układu występuje tym wcześniej im większe jest stężenie roztworu. Krytyczna grubość warstwy granicznej jest natomiast niezależna od tego stężenia i wynosi około 0.4 mm. Obliczona wartość krytyczną stężeniowej liczby Rayleigha wzrasta ze stężeniem roztwór, co sugeruje, że w badanym zakresie stężeń efekty lepkościowe przeważają nad gęstościowymi. Okazało się również, że dla danej geometrii układu membranowego niestabilność hydrodynamiczna warstw granicznych powoduje depolaryzację stężeniową membrany, a obecność konwekcji grawitacyjnej ujawnia się poprzez fluktuacje grubości tych warstw. Stwierdzono też, że intensywność konwekcji wzrasta ze stężeniem zastosowanego roztworu.

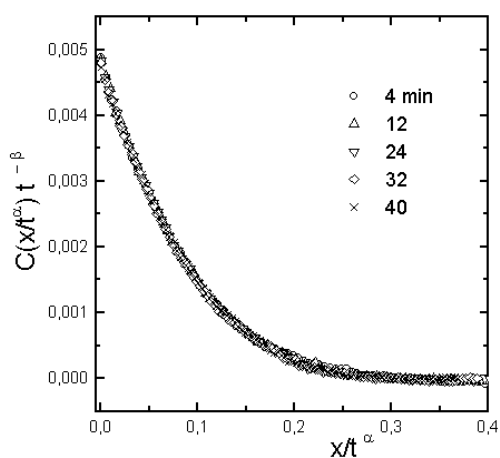
## Eksperymentalne badania subdyfuzji w układzie membranowym

K. Dworecki i S. Wąsik

Subdyfuzja obserwowana jest w różnych układach fizycznych, chemicznych i biologicznych. Charakter subdyfuzyjny ma np. transport molekuł w ośrodkach porowatych i granul lipidowych w membranach biologicznych, a także transllokacja nośników ładunków elektrycznych w półprzewodnikach. Subdyfuzja jest spowodowana ograniczeniami ruchu transportowanej cząsteczki z uwagi na geometrię układu, obecność pułapek, porowatość ośrodka, opór hydrodynamiczny. Transport molekuł jest charakteryzowany przez ewolucję czasową średniego kwadratu przemieszczenia cząstki zgodnie z relacją  $\langle x^2 \rangle \sim t^\alpha$ . Gdy  $\alpha > 1$  występuje superdyfuzja, dla  $\alpha < 1$  jest subdyfuzja, a gdy  $\alpha = 1$  mamy do czynienia z dyfuzją normalną. Oczekuje się, że profil stężenia substancji transportowanej subdyfuzyjnie w układzie membranowym można przedstawić w formie wyrażenia skalującego  $C(x,t) \approx t^\beta F(x/t^\gamma)$ , gdzie współczynniki:  $\gamma = \alpha/2$  i  $\beta$  wyznaczone są na podstawie skalowania ewolucji czasowej, odpowiednio, grubości warstw przymembranowych ( $\delta \sim t^\beta$ ) i selektywności membrany ( $S \sim t^\beta$ ).



Rys.1. Profile stężeń PEG2000 dla różnych czasów otrzymane dla różnych czasów przy stężeniu początkowym  $C_0 = 0.06$  M.



Rys.2. Profile stężeń z Rys. 1 w przeskalowanych współrzędnych układu zamieszczonego na rys. 1.

Celem prowadzonych badań było określenie charakteru dyfuzji monodispersyjnego glikolu polietylenowego 2000 (PEG 2000) w hydrożelu agarozy przez sprawdzenie czy profile stężeniowe podlegają wspomnianemu skalowaniu. Pomiary stężeń prowadzono metoda interferometrii laserowej, a roztwory żelowe PEG2000 sporządzane były na bazie 2% roztworu wodnego agarozy, którymi napełniano kolejno jedną z kuwet układu membranowego, natomiast drugą - wodnym roztworem agarozy. Wyniki pokazane na rysunkach wskazują zachodzenie skalowania z parametrami  $\gamma = 0.44 \pm 0.01$  i  $\beta = 0.17 \pm 0.01$ , a co z tym idzie i na subdyfuzyjny charakter badanego procesu transportu.



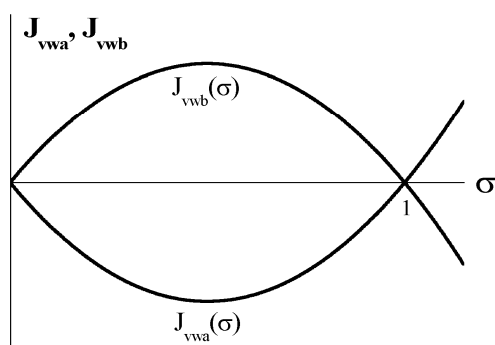
## Fizyczne podstawy regulacji wymiany wody z otoczeniem przez komórki żywe

*M. Kargol, A. Markowski, K. Szymczyk i G. Suchanek*

Komórki żywe muszą w trakcie aktywności życiowej ustawicznie wymieniać ze swoim otoczeniem wodę. Stosując równania mechanistycznego formalizmu transportu membranowego substancji (wyprowadzone przez M. Kargola i A. Kargola) wykazano, że owe komórki mogą realizować fizjologiczną wymianę wody z otoczeniem nie tylko w warunkach niestacjonarnych (tj. przy zmianach objętości komórek), ale także w warunkach stacjonarnych, a więc przy zachowywaniu przez nie stałych objętości. Kontynuując tego typu badania wykazaliśmy też ostatnio, że komórki żywe mogą regulować fizjologiczną wymianę wody czynnikami wewnętrznymi. Te właściwości komórek mają bez wątpienia kluczowe znaczenie dla zachowywania przez nie stanów homeostatycznych. Możliwości regulacyjne wynikają bezpośrednio z analizy równań opisujących strumienie  $J_{vwa}$  i  $J_{vwb}$  wody pobieranej i wydalanej, tj. równań:

$$J_{vwa} = L_p \sigma (\bar{\sigma} - 1) \Delta \Pi \quad \text{oraz} \quad J_{vwb} = (1 - \sigma) [(1 - \bar{C}_s \bar{V}_s) \bar{\sigma} - \bar{C}_s \bar{V}_s] L_p \Delta \Pi ,$$

gdzie:  $L_p$  i  $\sigma$  - współczynniki filtracji i odbicia,  $\bar{C}_s$ ,  $\bar{V}_s$  - stężenie średnie i objętość molowa substancji rozpuszczonej,  $\Delta \Pi = RT(C_{si} - C_{so})$  - różnica ciśnień osmotycznych, a  $\bar{\sigma}$  - zredukowany współczynnik odbicia.



Zależności  $J_{vwa}$  i  $J_{vwb}$  od  $\sigma$ .

Z przytoczonych wyżej wzorów wynika, że strumienie  $J_{vwa}$  i  $J_{vwb}$  są funkcjami współczynników  $L_p$  i  $\sigma$ , temperatury  $T$  oraz stężenia  $C_{si}$  substancji rozpuszczonej wewnątrz komórki. Szczególnie interesujące są zależności strumieni  $J_{vwa}$  i  $J_{vwb}$  od parametru  $\sigma$ . Stosowne wykresy tych zależności przytoczono na rysunku. Nieliniowość tych zależności jawi się jako bardzo ważna w aspekcie objaśniania możliwości utrzymywania przez komórki stanów homeostatycznych. Wynika to zwłaszcza z faktu, że zmiany strumieni zależą silnie od  $\sigma$  dla małych i dużych wartości  $\sigma$ .

Należy tu jeszcze podkreślić, że w świetle definicji współczynnika  $\sigma$  danej wzorem  $\sigma = L_{pa}/L_p$ , gdzie  $L_{pa}$  - współczynnik filtracji porów półprzepuszczalnych błony komórkowej, parametr ten może być regulowany poprzez otwieranie i zamykanie zarówno kanałów jonowych jak też kanałów akwaporynowych.

## **ZAKŁAD ASTROFIZYKI**

### **Skład osobowy**

Dr hab. Piotr Flin - kierownik zakładu,  
dr Janusz Krywult, dr Paweł Kankiewicz, mgr Monika Biernacka, mgr inż. M. Drabik

### **Tematyka badawcza**

Badanie dotyczą własności wielkoskalowych struktur we Wszechświecie, szczególnie tych, które mogą być użyte do testowania teorii powstawania struktur we Wszechświecie i ich ewolucji. Przy wykorzystaniu własnego obserwatorium wyposażonego w 35 cm teleskop, prowadzone są badania fotometryczne i astrometryczne małych ciał Układu Słonecznego, a także fotometria gwiazd zmiennych, głównie zaćmieniowych. Badana jest również teoretycznie dynamika małych ciał Układu Słonecznego.

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

35 cm teleskop o następujących danych:

- układ optyczny: Schmidt-Cassergain
- średnica obiektywu: 356 mm
- ogniskowa: 3910 mm
- światłosiła: f/11
- zdolność rozdzielcza: 0.33"
- zasięg wizualny: 15.3 mag
- montaż paralaktyczny typu niemieckiego
- komputerowe sterowanie ruchem teleskopu

Teleskop wyposażony jest w kamerę CCD ST-7 oraz zestaw filtrów RGB i V z systemu UBV.

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

Istituto Astronomico Universita di Roma „La Sapienza”;  
Obserwatorium Astronomiczne Narodowego Uniwersytetu im. Tarasa Szewczenki, Kijów

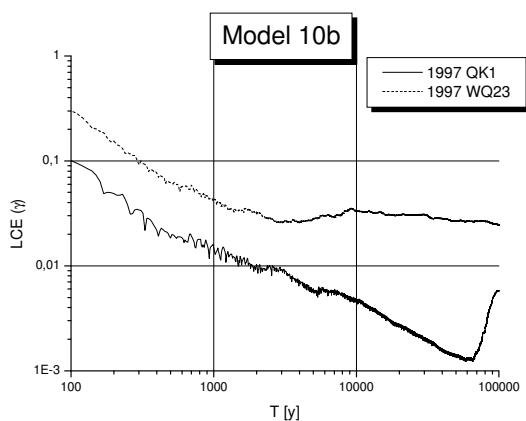
## Stabilność orbit planetoid NEA o dużych mimośrodkach

Paweł Kankiewicz

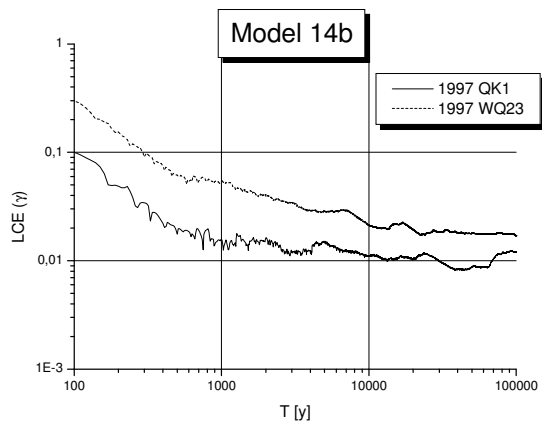
Przedstawione badania koncentrują się na dynamice małych ciał Układu Słonecznego, a ściślej planetoid typu *Near Earth Asteroids* (NEA). Obecnie znanych jest około 3000 takich obiektów i różnorodność ich elementów orbit oraz własności fizycznych jest bardzo duża.

Jedną z podstawowych metod określania długookresowej stabilności orbit jest wyznaczanie wykładników i czasów Lapunowa (LCE i LT) metodami numerycznymi. Ze względu na złożoność modelu równania ruchu całkuje się numerycznie za pomocą specjalistycznych algorytmów. Na pokazanym przykładzie zbadano cząstkowe wartości wykładników Lapunowa dla dwóch planetoid zbliżających się do Ziemi, planet wewnętrznych oraz największych planetek pasa głównego. Zastosowano porównawczo dwa modele układu ciał zaburzających, w drugim dodano duże planetoidy. Badania przeprowadzone na populacji planetoid o dużych mimośrodkach, (które poza planetami wewnętrznymi zbliżają się także do czterech największych planetoid: Ceres, Pallas, Vesty i Hygiei) wskazują, że w wyjątkowych przypadkach zaburzenia grawitacyjne od dużych planetek mają wpływ na stabilność, a więc i przewidywalność ich ruchu w najbliższej przyszłości.

Spośród zbadanej populacji 971 planetek o dużych mimośrodkach wydzielono 40, które w ciągu najbliższych stu lat mogą być zaburzone przez duże planetoidy pasa głównego tak, że ich położenia zmienią się o wartość większą, niż  $10^{-4}$  AU (ok. 15 000 km). Ruch tych planetoid jest poddawany bardziej dokładnej analizie pod kątem stabilności. Badania są kontynuacją obliczeń przeprowadzonych wcześniej dla zestawu 651 orbit NEA wg danych obserwacyjnych z 2001 roku. Obecnie uwzględniane są dane obserwacyjne z kwietnia 2004 roku.



Rys. 1 Współczynnik Lapunowa w funkcji czasu

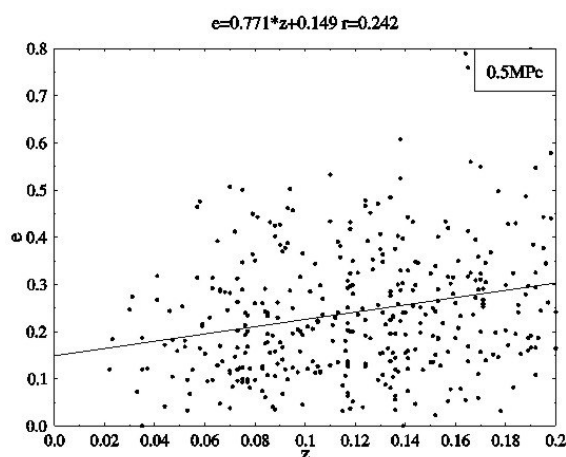


Rys. 2 Współczynnik Lapunowa w funkcji czasu

## Ewolucja bliskich gromad galaktyk

Monika Biernacka i Piotr Flin

Studiując problem ewolucji bliskich gromad galaktyk badaliśmy zależność eliptyczności gromad galaktyk od ich przesunięcia ku czerwieni. Nasze wcześniejsze wyniki oparte pierwotnie o 163, a następnie o 246 gromad galaktyk nie były konkluzywne. Obecna próbka została zwiększona do 377 gromad galaktyk Abella. Jest to nowa, statystycznie jednorodna próbka, całkowicie niezależna od poprzednich. Zawiera ona wszystkie gromady galaktyk o szerokości galaktycznej  $b > 40^\circ$  z prędkościami radialnymi  $z < 0.2$  zaczerpniętymi z katalogu Struble-Rood. Gromady galaktyk otrzymaliśmy ze skanów Pierwszego Palomarskiego Przeglądu Nieba (DSS) przy zastosowaniu oprogramowania FOCAS. Otrzymane katalogi zweryfikowano wizualnie, aby zmniejszyć błędy klasyfikacji gwiazda/galaktyka. Do próbki zastosowano, tak jak poprzednio, metodę elipsy kowariancji. Badaniom poddano wszystkie galaktyki danej gromady leżące w odległości mniejszej niż 2Mpc ( $h=0.75$ ,  $q_0=0.5$ ) od środka gromady i o jasnościach z przedziału  $m_3$  do  $m_3+3$ , gdzie  $m_3$  jest jasnością trzeciej najjaśniejszej galaktyki w gromadzie. Eliptyczność liczona była w siedmiu koncentrycznych pierścieniach o promieniach  $R$  od 0.5 do 2 Mpc, z krokiem 0.25 Mpc. Jednocześnie zbadany został wpływ wyboru środka gromady na jej kształt. Wybraliśmy cztery różne metody liczenia środka gromady: średnia arytmetyczna położen wszystkich galaktyk w gromadzie, położenie najjaśniejszej i trzeciej najjaśniejszej galaktyki oraz mediana współrzędnych galaktyk. Stosując test Kołmogorowa-Smirmowa sprawdziliśmy czy istnieje wpływ wyboru środka na kształt gromady. Na poziomie istotności  $\alpha = 0.01$  otrzymaliśmy wartości statystyk  $\lambda < \lambda_\alpha$  co oznacza, że rozkłady eliptyczności gromad galaktyk uzyskane dla wszystkich badanych środków pochodzą z tej samej populacji. Wykreśliliśmy wykresy zależności eliptyczności od przesunięcia ku czerwieni i dopasowaliśmy do punktów pomiarowych prostą  $e = a \cdot z + b$  oraz obliczyliśmy współczynnik korelacji  $r$ . W obliczeniach stwierdzono słabą zależność pomiędzy przesunięciem ku czerwieni gromady a jej eliptycznością. Różnica między tym pozytywnym, a poprzednimi negatywnymi wynikami bierze się z powiększenia analizowanej próbki i jej statystycznej jednorodności.



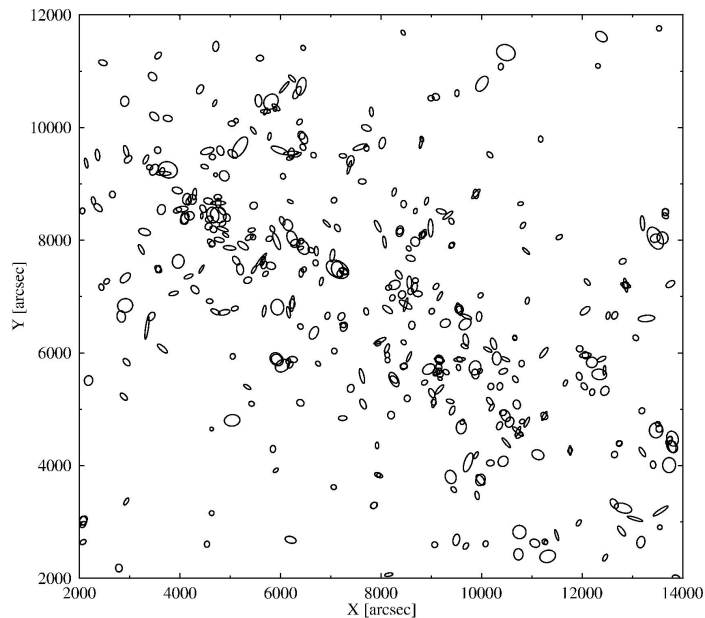
Zależność pomiędzy wartością eliptyczności liczoną w odległości 0.5Mpc od środka gromady a przesunięciem ku czerwieni.

## Podgrupowania w układach gromad galaktyk

*Janusz Krywult*

Gromady galaktyk są strukturami związanymi grawitacyjnie. Badanie tych obiektów jest ważnym zagadnieniem związanym zarówno ze zrozumieniem budowy i dynamiki gromad jak również ze scenariuszem ewolucji Wszechświata. Rozkład galaktyk w około 30% gromad nie jest jednorodny. Występujące podgrupowania różnią się liczebnością i położeniem względem centrum gromady. Jest rzeczą interesującą zbadanie wpływu sąsiednich gromad na występowanie podgrupowań w danej gromadzie.

Materiał badawczy stanowiły bliskie ( $z < 0,02$ ) gromady galaktyk Abella. Katalogi galaktyk tworzących gromady zebrano z literatury oraz zostały one otrzymane z DSS. W każdej gromadzie do badań wzięto galaktyki leżące w promieniu 1,5 Mpc ( $h = 0,75$ ) od jej centrum. Analizę przeprowadzono na parach gromad galaktyk. Wybrano takie obiekty, w których odległości między środkami gromad nie przekraczały 6 Mpc. Badana próbka liczyła 34 gromady spełniające przyjęte założenia. Analiza obejmowała badanie częstości występowania podstruktur oraz ich położenie w gromadach samotnych i mających bliskiego towarzysza. W badanej grupie obiektów nie stwierdzono, by podgrupowania występowały statystycznie istotnie częściej w parach gromad niż w samotnych gromadach. Wskazuje to na niewielki wpływ oddziaływań grawitacyjnych pochodzących od sąsiednich gromad na powstawanie podgrupowań w danej gromadzie.



Rozkład galaktyk w gromadzie A548. Rozmiary elips i ich nachylenia odzwierciedlają wielkości i orientacje galaktyk w gromadzie.

## ZAKŁAD FIZYKI TEORETYCZNEJ

### Skład osobowy

Prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński - kierownik zakładu,  
prof. dr hab. Wojciech Florkowski, dr hab. Anna Okopińska, dr Tadeusz Kosztołowicz,  
mgr Robert Korus, mgr Radosław Maj, mgr Przemysław Kościk

### Tematyka badawcza

Badanie prowadzone w zakładzie dotyczą: 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.

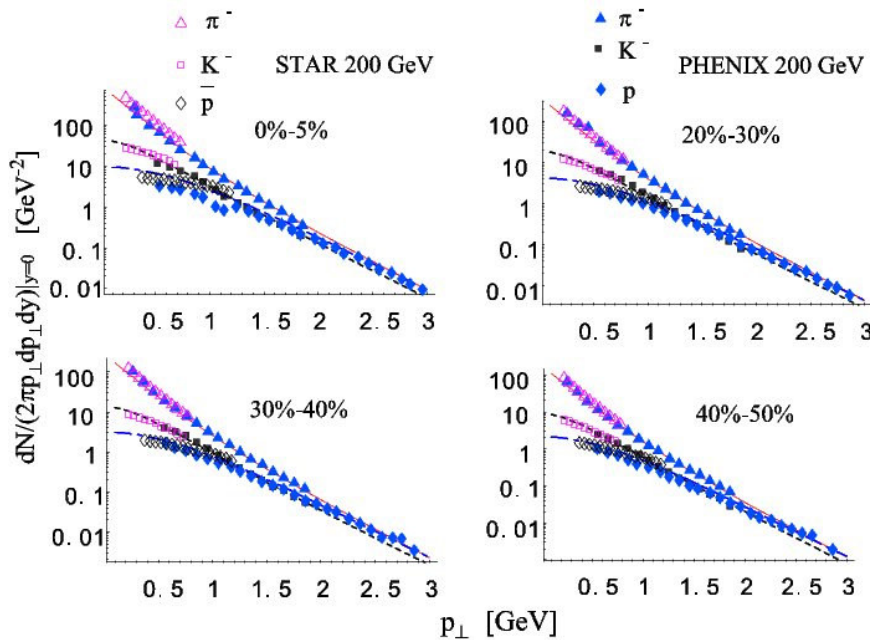
### Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:

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

## Statystyczny opis produkcji hadronów w zderzeniach ciężkich jonów przy akceleratorze RHIC [30]

Wojciech Florkowski, Wojciech Broniowski<sup>1</sup> i Anna Baran<sup>1</sup>

Sformułowany we wcześniejszych naszych pracach model termalny produkcji cząstek w relatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów został zastosowany do analizy danych otrzymanych w eksperymentach przy akceleratorze RHIC (*Relativistic Heavy Ion Collider* w *Brookhaven National Laboratory*) prowadzonych przy najwyższych dostępnych energiach sięgających 200 GeV na parę nukleonów. Pod uwagę wzięto wyniki dostarczone przez wszystkie cztery eksperymenty RHIC-owskie i zanalizowano dane odpowiadające różnym centralnościom (tzn. różnym parametrom zderzenia). Potwierdziła się dobra zgodność pomiędzy przewidywaniami modelu i danymi, zaobserwowana po raz pierwszy przy niższych energiach. Znalezione proste skalowanie pomiędzy dwoma parametrami modelu, które charakteryzują ekspansję materii. Wykazano, iż to skalowanie jest równoważne skalowaniu produkcji hadronów z liczbą zranionych nukleonów. Otrzymane wyniki potwierdzają hipotezę o wysokim stopniu termalizacji materii wyprodukowanej w rozważanych zderzeniach i jej kolektywnym zachowaniu.



Porównanie danych doświadczalnych dotyczących widma pędu poprzecznego pionów, kaonów i (anty)protonów z przewidywaniami modelu statystycznego. Przedziały procentowe określają różne klasy centralności.

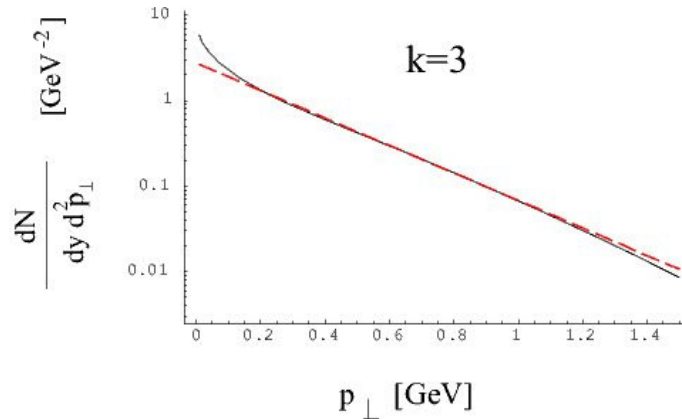
<sup>1</sup>Institut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN, Kraków

## Termalny charakter widm hadronów [31]

Wojciech Florkowski

Rozkłady hadronów w pędzie poprzecznym są w obszarze miękkim ( $p_T < 1.5$  GeV) dobrze opisane przez modele termalne. Dzieje się tak w skomplikowanych zderzeniach jądrowych jak i w „elementarnych” zderzeniach proton-proton lub elektron-pozyton. Ta obserwacja sugeruje, że już sam mechanizm produkcji hadronów może być odpowiedzialny za ich obserwowany kształt widm. W przypadku zderzeń prostszych układów wyprodukowane cząstki nie rozpraszają się na sobie, zatem muszą być wyprodukowane od razu w stanie przypominającym równowagę termodynamiczną. W przypadku zderzeń jądrowych sytuacja jest bardziej skomplikowana. Tu na pewno dochodzi do zderzeń cząstek wtórnych, o czym świadczy niezbitcie niezerowa wartość tzw. współczynnika przepływu eliptycznego. Początkowy proces produkcji cząstek może jednak mieć pewne cechy wspólne z procesami mającymi miejsce w zderzeniach elementarnych.

Aby zbadać możliwość pojawienia się widm termalnych w procesie nie mającym charakteru termodynamicznego, rozpatrzony został proces tunelowania par kwark-antykwar w silnych i oscylujących polach chromoelektrycznych. Przypuszcza się, że takie pola mogą się pojawiać w trakcie zderzeń relatywistycznych ciężkich jonów. Nasze obliczenia pokazały, że w wyniku rozważanego procesu wyprodukowane cząstki mają istotnie widma pędu poprzecznego bardzo podobne do widm termalnych (tzn. cechuje je wykładniczy spadek), mimo że rozpatrywany proces nie uwzględnia rozpraszania pomiędzy cząstkami. Proces tunelowania w zmiennych polach może zatem stanowić przykład modelu produkcji cząstek, który prowadzi do stanu początkowego bliskiego stanowi lokalnej równowagi termodynamicznej. Dalsze zderzenia pomiędzy cząstkami prowadzą do osiągnięcia autentycznej równowagi.



Rozkład pędu poprzecznego kwarków i gluonów (na jednostkę rapidity) powstałych w wyniku tunelowania w polu chromoelektrycznym, którego początkowa wartość była trzykrotnością pola elementarnego powstałego w układzie gluon-antygluon (linia ciągła). Linia przerywana odpowiada rozkładowi wykładniczemu.



## Funkcje korelacji w oddziaływaniach wysokich energii

*Radostaw Maj*

Wysokoenergetyczne zderzenia jąder atomowych możemy opisywać, posługując się pojęciem źródła cząstek. Owo źródło rozumiemy jako fizyczny obiekt, kroplę gęstej i gorącej materii zwanej „fireballem”. Jego rozmiar związany jest z parametrem zderzenia. Obiekt ten rozszerza się i oziębia aż do momentu emisji cząstek, tzn. momentu rozpadu. Emitowane cząstki charakteryzują źródło w tym momencie. Fakt, że cząstki niosą informację o źródle ma zasadnicze znaczenie dla pomiarów jego parametrów, ponieważ pomiary wielkości fizycznych, związanych z emitowanymi cząstkami będą wówczas sposobem pozyskania informacji o parametrach źródła. W tym celu wykonuje się pomiary korelacji pary cząstek z „małym” pędem względnym, zarówno identycznych, jak i różnych. Pomiar korelacji cząstek identycznych, głównie identycznych pionów, pozwala oszacować rozmiar źródła cząstek. Występowanie korelacji pion-pion dla pędów względnych  $\Delta p$  wiąże się, na mocy zasady nieoznaczoności Heisenberga:  $\Delta x \Delta p \sim \hbar$ , z rozmiarem źródła rzędu  $\Delta x \sim \hbar / \Delta p$ .

Stopień skorelowania pary mierzy tzw. funkcja korelacji -  $R(\mathbf{q})$ , którą modeluje się wykorzystując tzw. formułę Koonina

$$R(\mathbf{q}) = \int d^3r D_r(\mathbf{r}) |\varphi(\mathbf{r})|^2,$$

gdzie  $D_r(\mathbf{r})$  to tzw. funkcja źródła, opisująca źródło,  $\varphi(\mathbf{r})$  to dwucząstkowa funkcja falowa stanu rozproszeniowego.

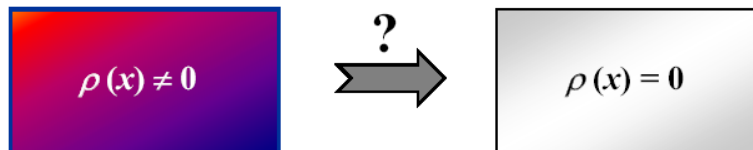
Fakt emitowane pary cząstek poruszają z prędkościami relatywistycznymi w układzie spoczywającego źródła ma istotny wpływ na sposób wyliczenia funkcji korelacji. Problemem jest wybór układu, w którym funkcja korelacji ma być wyznaczana. Naturalnym wydaje się wybór układu spoczywającego źródła. Niestety, wówczas nie jesteśmy w stanie określić w ogólności dwucząstkowej funkcji falowej, nie umiemy jej bowiem transformować. Jest to możliwe w przypadku cząstek nieoddziałujących. Ale przecież chcielibyśmy wyznaczać funkcję korelacji także w przypadku cząstek, które oddziałują.

Jednak funkcja korelacji ma swój nośnik tylko dla małych pędów względnych. Zatem możemy wyznaczać tę funkcję w układzie centrum pary cząstek, bowiem tam, dla małych pędów względnych, znamy postać funkcji falowej, która w tym przypadku jest rozwiązaniem równania Schrödingera. Oczywiście środek masy cząstek względem źródła może poruszać się z prędkością relatywistyczną. Aby móc wyznaczyć funkcję korelacji w układzie CM pary, należy odpowiednio przetransformować funkcję źródła do tego układu. Znając funkcję korelacji w układzie CM, łatwo określimy jej postać w układzie spoczywającego źródła, wystarczy tylko przetransformować pęd względny. Taka procedura pozwala wyznaczać interesującą nas funkcję korelacji dla małych pędów względnych w przypadku relatywistycznego ruchu pary cząstek oddziałujących.

## Wybielanie plazmy kwarkowo-gluonowej [3]

*Cristina Manuel<sup>1</sup> i Stanisław Mrówczyński*

Plazma kwarkowo-gluonowa jest niezwykle gęstym stanem materii podlegającej oddziaływaniom silnym, w którym kwarki i gluony uwolnione z wnętrza hadronów mogą poruszać się swobodnie w całej objętości zajmowanej przez układ. Kwarki i gluony obdarzone są, jak wiadomo, ładunkami kolorowymi. Ze względu na tzw. hipotezę uwięzienia, która stwierdza, że w przyrodzie nie mogą występować samodzielnie obiekty kolorowe, plazma jako całość jest kolorowo neutralna – całkowity jej ładunek kolorowy jest zerowy. Jednak lokalnie plazma nie musi być biała, choćby ze względu na fluktuacje ładunków kolorowych występujące podczas procesu produkcji plazmy kwarkowo-gluonowej. Z drugiej strony oczekujemy, że plazma jest biała nie tylko globalnie ale i lokalnie w stanie równowagi termodynamicznej. Wynika to z określającej równowagę termodynamiczną zasady maksymalizacji entropii, która wymaga, aby gęstość ładunków kolorowych była w układzie jednorodna, jeśli nie występują zewnętrzne siły kolorowe. Tak zatem dochodzimy do pytania, jak przebiega proces lokalnej neutralizacji ładunków kolorowych, czyli wybielanie plazmy kwarkowo-gluonowej.



Jakkolwiek zderzenia między cząstkami powodują, że rozkłady pędowe stają się równowagowe, zderzenie nie prowadzi do homogenizacji układu. Do tego potrzebna są procesy kolektywne, zwykle hydrodynamicznej natury. Neutralizacja koloru następuje na skutek prądów kolorowych. Rozpatrzone zostały prądy dyfuzyjne występujące na skutek gradientu gęstości ładunków kolorowych oraz prądy ohmowe spowodowane występowaniem pól chromoelektrycznych generowanych przez ładunki kolorowe. Tak zatem prąd kolorowy dany jest wzorem

$$\mathbf{j} = -d\mathbf{D}\rho + \sigma\mathbf{E} ,$$

gdzie  $d$  jest współczynnikiem dyfuzji kolorowej,  $\mathbf{D}$  kowariantnym operatorem gradientu,  $\sigma$  współczynnikiem przewodnictwa plazmy, a  $\mathbf{E}$  polem chromoelektrycznym.

Wyliczono, stosując metody teorii kinetycznej, współczynniki dyfuzji i przewodnictwa dla plazmy będącej w stanie dalekim od równowagi termodynamicznej. Wykazano, że prądy ohmowe są znacznie efektywniejsze w procesie neutralizacji plazmy od prądów dyfuzyjnych. Przeanalizowane skale czasowe procesów towarzyszących termalizacji plazmy i pokazano, że plazma staje się lokalnie kolorowo neutralna – biała – nim jeszcze rozkłady pędowe uzyskają postać równowagową.

<sup>1</sup>Instituto de Fisica Corpuscular, Universitat de València, Walencja, Hiszpania

## Kondensacja Bosego-Einsteina

*Anna Okopińska i Przemysław Kościk*

Wytworzenie kondensatu Bosego-Einsteina w rozrzedzonym gazie atomów rubidu w 1995 roku, było pierwszym doświadczalnym potwierdzeniem przewidywań Einsteina z roku 1925 i stanowiło przełom w rozwoju fizyki Atomowo-Molekularno-Optycznej (AMO). Gwałtowny postęp w technikach doświadczalnych umożliwił szeroko zakrojone badania kondensatów w wielu laboratoriach. Interpretacja otrzymanych wyników i planowanie nowych eksperymentów wymaga intensywnych badań teoretycznych podstaw fizyki zimnych gazów atomowych.

W naszych badaniach zastosowaliśmy metody kwantowej teorii pola do opisu zimnych gazów. Mikroskopowy opis układu oddziałujących atomów bezspinowych stanowi nierelatywistyczna teoria pola skalarnego ze sprzężeniem czterocząstkowym i grupą symetrii  $O(2)$ . Uwzględnienie oddziaływań między cząsteczkami gazu wymaga stosowania nieperturbacyjnych przybliżeń, konstruowanych przy użyciu technik teorii-polowych. Badania prowadziliśmy w formalizmie działania efektywnego, co pozwoliło na opracowanie teorii funkcjonału gęstości dla bozonów. Rozwinięcie funkcjonału gęstości w potęgach stałej Plancka, pozwala uzyskać przybliżenia wielkiego potencjału kanonicznego w systematyczny sposób. Otrzymany schemat stanowi uogólnienie metody Kohna-Shama na pola bozonowe: w najniższym rzędzie otrzymuje się jednocząstkowe przybliżenie średniego pola zawierające równanie Grossa-Pitajewskiego i równania Bogoliubowa-de Gennes'a, a wyższe rzędy pozwalają w sposób samozgodny uwzględnić poprawki wielociałowe do tego przybliżenia.

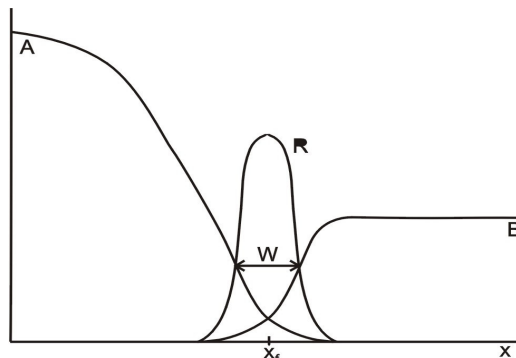
Przy zastosowaniu schematu dla gazu jednorodnego otrzymaliśmy przybliżenia, które spełniają twierdzenie Hughenholza-Pinesa, zarówno przy zerowej, jak i przy różnej od zera temperaturze. Stanowi to przewagę naszej metody nad innymi nieperturbacyjnymi przybliżeniami rozważanymi w literaturze, które łamią symetrię względem zmiany fazy. Badaliśmy zależność gęstości kondensatu  $n_{BEC}$  od temperatury, gęstości gazu  $n$  i długości rozpraszania  $a$ , opisującej oddziaływania międzycząstkowe. Wyznaczyliśmy numerycznie temperaturę krytyczną, przy której następuje przejście do fazy kondensatu Bosego-Einsteina w zależności od parametru  $an^{1/3}$ . Zależność ta jest przedmiotem debaty teoretycznej, gdyż wyniki różnych modeli przybliżonych znacznie różnią się między sobą. Szybki postęp w technikach wytwarzania kondensatów stwarza nadzieję na uzyskanie kondensatów na tyle dużych, by zależność tę zweryfikować doświadczalnie.

Obecnie pracujemy nad zastosowaniem schematu przybliżeń dla gazu niejednorodnego, aby opisywać realistyczne warunki doświadczalne dla kondensatów wytwarzanych pułapkach elektromagnetycznych. Wymaga to rozwiązywania układu równań Grossa-Pitajewskiego i Bogoliubowa-de Gennes'a w zewnętrznym potencjale, wyznaczanym w sposób samo-zgodny. Przy przygotowywaniu kodu numerycznego dla tego zagadnienia przetestowaliśmy kilka metod, stosując je do równania Schrödingera. Uzyskaliśmy przy tym bardzo dokładne wyniki numeryczne dla różnych potencjałów anharmonicznych.

## Pomiar parametru i współczynnika subdyfuzji

Tadeusz Kosztolowicz

Subdyfuzja jest procesem błędzenia losowego, w którym zachodzi relacja  $\langle \Delta x^2(t) \rangle = 2D_\alpha t^\alpha / \Gamma(1 + \alpha)$ , gdzie  $\langle \Delta x^2(t) \rangle$  jest średnim kwadratem przesunięcia cząsteczki po czasie  $t$ ,  $D_\alpha$  jest współczynnikiem subdyfuzji,  $\alpha$  - parametrem subdyfuzji ( $0 \leq \alpha < 1$ , gdy  $\alpha = 1$  mamy do czynienia z dyfuzją normalną). Subdyfuzja zachodzi wówczas, gdy ruch cząsteczki w ośrodku jest utrudniony do tego stopnia, iż średni czas oczekiwania na przeskoczenie cząsteczki jest nieskończony (co ma miejsce np. w ośrodku o fraktalnej strukturze wewnętrznej). Jak wykazaliśmy, transport cząsteczek o dużych rozmiarach (takich jak cukry) w żelu ma charakter subdyfuzyjny. Dotychczas nie istniała w miarę uniwersalna metoda wyznaczenia współczynnika subdyfuzji i parametru subdyfuzji z danych eksperymentalnych. Metoda taka pozwoliłaby także odróżnić subdyfuzję od dyfuzji normalnej, dla której współczynnik dyfuzji jest bardzo mały.



Rys 1. Schematyczne przedstawienie stężeń substancji A i B.

W ostatnich naszych pracach przedstawiona została metoda wyznaczenia tych parametrów w oparciu o czasową ewolucję warstw przymembranowych, którą można w łatwy sposób wyznaczyć eksperymentalnie. Warstwy te zdefiniowane są dla układu przedzielonego cienką membraną, w którym w chwili początkowej w jednej jego części znajduje się jednorodny roztwór o niezerowym stężeniu, zaś w drugiej czysty rozpuszczalnik. Grubość warstwy przymembranowej  $\delta$  – określona w części układu nie zawierającej w chwili początkowej cząsteczek substancji rozpuszczonej – definiowana jest jako odległość od membrany do punktu, w którym stężenie transportowanej substancji jest  $\kappa$  razy mniejsze od stężenia na powierzchni membrany ( $\kappa$  jest arbitralnie wybrana liczbą mniejsza od jedności). Eksperymentalne badania pokazują, że  $\delta = \gamma t^\beta$ . Teoretycznie wyznaczona czasowa ewolucja warstwy przymembranowej pozwala na powiązanie wyznaczonych na drodze eksperymentalnej współczynników  $\gamma$  oraz  $\beta$  z parametrami  $D_\alpha$  i  $\alpha$ .

Osobnym problemem jest wyznaczenie parametru  $\alpha$  w procesie, w którym pomiędzy cząsteczkami transportowanych substancji A i B zachodzi reakcja chemiczna. W tym przypadku dla substancji o stężeniach  $A(x,t)$  oraz  $B(x,t)$  równania subdyfuzji kontrolowanej reakcją  $A + B \rightarrow \emptyset$  mogą być zapisane w następującej postaci

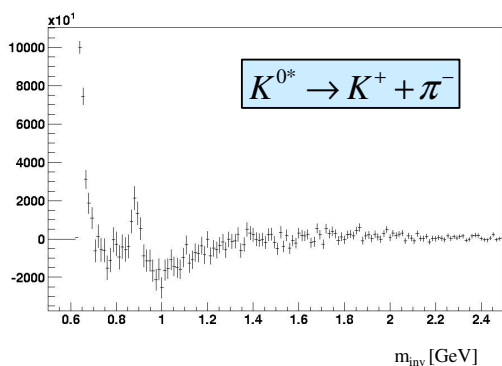
$$\frac{\partial^\alpha A(x,t)}{\partial t} = D_A \frac{\partial^2 A(x,t)}{\partial x^2} - kA(x,t)B(x,t), \quad \frac{\partial^\alpha B(x,t)}{\partial t} = D_B \frac{\partial^2 B(x,t)}{\partial x^2} - kA(x,t)B(x,t),$$

gdzie  $D_A$  i  $D_B$  są współczynnikami subdyfuzji,  $k$  oznacza stałą reakcji. Zostało przez nas wykazane, iż dla  $D_B = 0$  front reakcji  $x_f$  (definiowany jako punkt, w którym składnik opisujący reakcję chemiczną  $R(x,t) = -kA(x,t)B(x,t)$  osiąga swe maksimum – patrz rysunek) ewoluuje w czasie zgodnie ze wzorem  $x_f \sim t^{\alpha/2}$ . Wyznaczenie eksperymentalne czasowej ewolucji frontu reakcji pozwoli na obliczenie parametru subdyfuzji dla rozpatrywanego ośrodka.

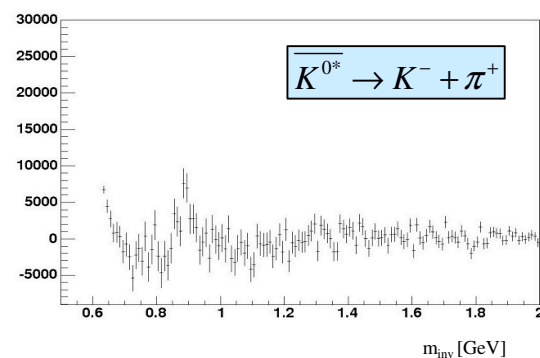
# Produkcja rezonansu $K^*$ (892) w wysokoenergetycznych zderzeniach jądrowych

R. Korus, M. Gaździcki, St. Mrówczyński, M. Rybczyński, G. Stefanek, Z. Włodarczyk  
i kolaboracja NA49

Rezonanse hadronowe to krótkożyciowe (czasy życia rzędu  $10^{-23}$ s) cząstki elementarne, będące stanami związanymi kwarków i antykwarków, ulegające rozpadowi na skutek oddziaływań silnych. Ze względu na niezmiernie krótki czas życia, o istnieniu rezonansów i właściwościach można się dowiedzieć jedynie pośrednio, analizując produkty ich rozpadu lub badając procesy ich produkcji. Rezonans  $K^*$  (892) jest unikalnym narzędziem do badania dynamiki i własności bardzo gęstej materii w skali czasowej odpowiadającej czasowi życia tego rezonansu.

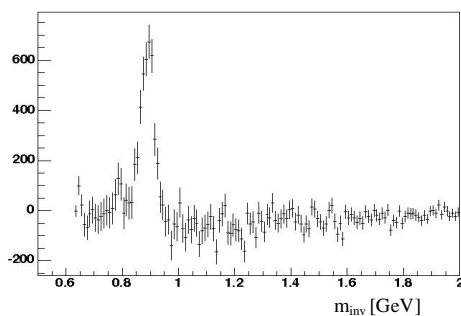


Rys. 1 Rozkład masy niezmienniczej układu  $K^+\pi^-$  w zderzeniach Pb-Pb o energii 80 GeV A. Widoczne maksimum pochodzi od rezonansu  $K^{*0}$ .



Rys. 2 Rozkład masy niezmienniczej układu  $K^-\pi^+$  w zderzeniach Pb-Pb o energii 80 GeV A. Widoczne maksimum pochodzi od rezonansu  $\overline{K}^{*0}$ .

Prowadzone badania dotyczą ustalenia liczby rezonansów  $K^*$  produkowanych w zderzeniach ciężkich jonów przy energiach od 20 do 158 GeV A opierając się na analizie danych uzyskanych w eksperymencie NA49. Standardową metodą zaobserwowania produkcji rezonansów jest uzyskanie rozkładu masy niezmienniczej cząstek, będących produktami rozpadu danego rezonansu. Dużym problemem w przypadku rozkładów masy niezmienniczej w zderzeniach Pb-Pb jest kształt tła, który trudno zrozumieć. Na rys. 1 widać znaczących rozmiarów pik przy lewym brzegu wykresu. Pik ten prawdopodobnie pochodzi z błędnej identyfikacji kaonów. Ponieważ w przypadku



Rys. 2. Rozkład masy niezmienniczej układu  $K\pi$  w zderzeniach p-p o energii 160 GeV. Widoczny pik pochodzi od rezonansu  $K^{*0}$ .

$\overline{K}^*$  (rys. 2) pik ten jest znacznie mniejszy, można wnioskować, że pewna liczba protonów została mylnie uznana za kaony. Błędna identyfikacja cząstek może być również

przyczyną pojawienia się w rozkładzie masy inwariantnej  $K^*$  wpływu innych rezonansów, głównie  $\rho(770)$  i  $\Delta(1232)$ . Ponieważ identyfikacja cząstek w eksperymencie NA49 nie jest wystarczająco dobra, problem kształtu tła jest poważny. Dla porównania przeprowadzono analizę produkcji rezonansu  $K^*$  w zderzeniach p-p przy energii 160 GeV (rys. 3). Kształt tła w rozkładzie masy niezmienniczej jest w przybliżeniu płaski.

## **ZAKŁAD DYDAKTYKI FIZYKI**

### **Skład osobowy**

Dr hab. Jacek Semaniak - kierownik zakładu,  
dr Ewa Braziewicz, dr 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:**

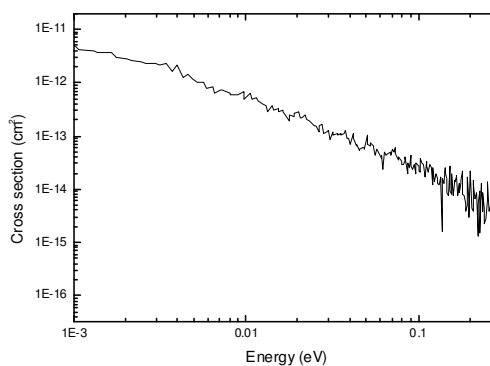
Uniwersytet w Sztokholmie, Szwecja  
Laboratorium Manne Siegbahna, Sztokholm, Szwecja

## Dysocjacja jonów molekularnych w zderzeniach z elektronami swobodnymi

Jacek Semaniak, A. Al-Khalili, W. D. Geppert<sup>1</sup>, A. M. Derkach<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<sup>4</sup>, F. N. Djurić<sup>5</sup>, D. Popović<sup>5</sup>, G. H. Dunn<sup>5</sup>

Istotnym procesem prowadzącym do dejonizacji niskotemperaturowej plazmy jest dysocjacja jonów molekularnych w następstwie rekombinacji z elektronami swobodnymi. Prowadzi ona do dysocjacji powstałych cząsteczek na neutralne elektrycznie fragmenty. W konsekwencji reakcje rekombinacji dysocjatywnej stanowią ważne ogniwo w łańcuchach przemian umożliwiających 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. Znajomość kinematyki powyższych reakcji jest niezbędna dla diagnostyki niskotemperaturowej plazmy, występującej w obłokach międzygwiazdowych, jonosferach planet, płomieniach, obszarach brzegowych tokamaków itp. Badania eksperymentalne prowadzone były we współpracy międzynarodowej na wiązce pierścienia akumulacyjnego CRYRING w Laboratorium Manne Siegbahna, Sztokholm. Uzyskane wyniki dotyczą w większości rekombinacji dysocjatywnej jonów o znaczeniu astrofizycznym występujących w obłokach międzygwiazdowych:  $H_3^+$ ,  $DCCCN^+$ ,  $DCCNND^+$ ,  $SO_2^+$ ,  $DCO^+$ ,  $N_2H^+$ ,  $NH_4^+$  i  $DOC O^+$ . W odniesieniu do tych jonów zmierzono absolutne przekroje czynne na dysocjatywną rekombinację jonów w zakresie energii poniżej 1 eV oraz prawdopodobieństwa rozgałęzień przy zerowej energii zderzenia.

Ponadto podjęto badania mające na celu wykazanie możliwości i określenia prawdopodobieństwa zrywania wiązania peptydowego oraz wiązania pomiędzy sąsiednimi atomami siarki w proteinach, następującego w wyniku wychwytu swobodnego elektronu. Z uwagi na ograniczenia eksperymentalne wynikające ze złożoności biocząsteczek stanowiących przedmiot badań wykorzystano w tym celu modelowe cząsteczki  $CH_3SSHCH_3^+$  oraz  $CD_3COHNHCH_3^+$ . Zmierzono absolutne przekroje czynne na dysocjatywną rekombinację jonów tych jonów oraz prawdopodobieństwa rozgałęzień przy zerowej energii zderzenia, które dla pierwszej z wyżej wymienionych cząsteczek wynoszą :  $CSS + C$  (0,625),  $CS + CS$  (0,098),  $C + S + CS$  (0,223),  $CSSC$  (0,054). Wyniki eksperymentu wskazują na możliwość zrywania wiązania S-S oraz wiązania peptydowego pośrednio w następstwie wychwytu atomu wodoru uwalnianego w rezultacie rekombinacji dysocjatywnej wyjściowego jonu.



Absolutne przekroje czynne na rekombinację dysocjatywną jonów  $CH_3SSHCH_3^+$

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

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

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

<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





## Realizacja treści edukacji ekologicznej w nauczaniu fizyki

Małgorzata Wysocka – Kunisz

Problematyka prowadzonych badań dotyczy stanu wiedzy fizycznej i jej uwarunkowań w procesie nauczania fizyki oraz sposobu włączenia treści fizycznych do edukacji środowiskowej. W ramach badań opracowano narzędzia pomiarowe, przeprowadzono pomiary (ankiety), zebrano materiały na temat oddziaływania edukacyjnego w procesie nauczania/uczenia się na różnych szczeblach kształcenia szkolnego i pozaszkolnego z zakresu fizyki, przyrody i edukacji środowiskowej.

Wdrażanie myśli ekologicznej (środowiskowej) w szkole, może odbywać się poprzez realizację treści przedmiotów ekologicznych i ochrony środowiska, edukacyjnych ścieżek ekologicznych, w ramach różnorodnych projektów środowiskowych, a także na wszystkich innych przedmiotach szkolnych. W celu sprawdzenia poglądów młodzieży na temat praktycznej realizacji treści ekologicznych w szkole, ze szczególnym uwzględnieniem tych, które mogą być realizowane na lekcjach fizyki przeprowadzono badania pilotażowe na próbie celowej 392 uczniów w dwóch kieleckich gimnazjach.

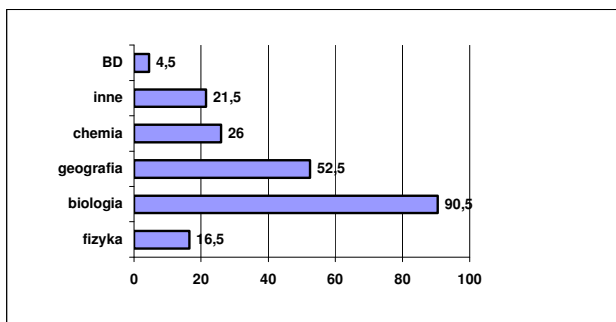
W ocenie uczniów stan ich wiedzy ekologicznej jest przeciętny, średnia ocen wyniosła 3,4. Siedemdziesiąt procent badanych wystawiło sobie oceny dostateczne i dobre (po połowie), a jedynie pięć procent ocenia swoją wiedzę bardzo dobrze. Uczniowie pytani byli również o realizację treści ekologicznych, które zaproponowano na lekcje fizyki w gimnazjum. Wybrane zagadnienia edukacji ekologicznej typowe dla fizyki wskazano jedynie w dwóch przypadkach. Zdecydowana większość utożsamia wszelką wiedzę ekologiczną z wiedzą biologiczną. Przy okazji treści fizycznych można realizować cele ściśle związane z edukacją ekologiczną. Jedynie w trzech przypadkach uczniowie wskazują fizykę jako tę, która zapewnia realizację powyższych celów. Najwięcej wskazań znowu ma biologia. Ponad 66% uczniów nie uważa fizyki za źródło wiedzy ekologicznej (odpowiedzi „w ogóle” i „niewiele” w tabeli). Ponad 75% natomiast za znaczące źródło uważa biologię (odpowiedzi w dużej części” i „przede wszystkim”), a po 33% respondentów uważa prasę oraz Internet za źródło istotne.

Deklarowane źródła wiedzy ekologicznej w procentach

	fizyka	biologia	geografia	chemia	WOS	TV	książki	prasa	znajomi	Internet
W ogóle	32	2	11	17	40,5	3	15	11,5	38	28
Niewiele	34,5	7,5	15	31	26	15	16	23	24,5	13
Częściowo	22	14	35	31,5	21	27,5	25,5	27	18,5	21
W dużej części	8	27,5	31	15	7,5	31,5	19,5	23	9	15
Przede wszystkim	0,5	48	5,5	2	0,5	19	17,5	10	3,5	18
Brak danych	3	1	2,5	3,5	4,5	4	6,5	5,5	6,5	5

Jedną z form kształtowania postaw mają być ścieżki ekologiczne (międzyprzedmiotowe). Mniej niż 17% badanych (patrz rysunek) wskazuje fizykę jako miejsce ich realizacji. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że nie na wszystkich przedmiotach realizowane są w równym stopniu zagadnienia związane z edukacją ekologiczną.

Liczby uczniów w procentach dostrzegających realizację ścieżki ekologicznej na różnych przedmiotach.



## ZAKŁAD FIZYKI MEDYCZNEJ

### Skład osobowy

Dr hab. Janusz Braziewicz – kierownik zakładu,

dr hab. S. Chojnacki, dr Urszula Majewska, mgr Joanna Czub, mgr Józef Antosik

### Tematyka badawcza

Badania prowadzone w zakładzie są skoncentrowane wokół: (1) zastosowania spektroskopii rentgenowskiej w badaniu koncentracji pierwiastków śladowych, (2) technik obrazowania stosowanych w diagnostyce medycznej, (3) badania oddziaływania promieniowania o wysokim liniowym transferze energii na jądro komórkowe.

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 wiązki padającej (TXRF). Metody te pozwalają określać koncentrację pierwiastków śladowych na poziomie ppm-ppb. Główne prace wykonywane w zakładzie z wykorzystaniem spektroskopii rentgenowskiej dotyczą zagadnień interdyscyplinarnych. We współpracy ze Świętokrzyskim Centrum Onkologii poszukuje się korelacji między stanami chorobowymi a koncentracją pierwiastków w tkankach i płynach ustrojowych człowieka. Metody spektroskopii rentgenowskiej wykorzystywano w archeologii i muzealnictwie do określenia procesu technologicznego wyrobów celtyckich na terenie Polski czy do oszacowania jakości konserwacji ołtarza Wita Stwosza w Krakowie. Możliwości układu pomiarowego wykorzystywano dla monitorowania technologii procesu wytwarzania kryształów stosowanych w mikroelektronice i optoelektronice.

Drugi obszar badań wiąże się z poszukiwaniem rozwiązań w dziedzinie technik obrazowania stosowanych w diagnostyce i terapii medycznej. Opracowano nowe procedury diagnostyczne stosowane w planowaniu leczenia i procedury dozymetryczne stosowane w terapii nowotworów fotonami i elektronami. Wyniki tych badań są stosowane w rutynowej działalności fizyków medycznych w Świętokrzyskim Centrum Onkologii i w innych placówkach onkologicznych w kraju. Nowym kierunkiem badań są techniki wykorzystywane w pozytonowej tomografii emisyjnej i medycynie nuklearnej.

W rozpoczęto również badania związane z poznaniem fizycznych mechanizmów zmian genetycznych indukowanych w jądrze komórkowym w wyniku przejścia ciężkiego jonu o liniowym transferze energii  $\sim 1\text{MeV}/\mu\text{m}$ .

### Zakład dysponuje następującą aparaturą badawczą:

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

### Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:

Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie

Świętokrzyskie Centrum Onkologii w Kielcach

Instytut Problemów Jądrowych w Warszawie

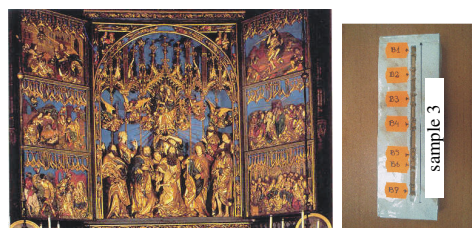
Uniwersytet w Erlangen, Niemcy

## Wykorzystanie rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej w badaniach historycznych

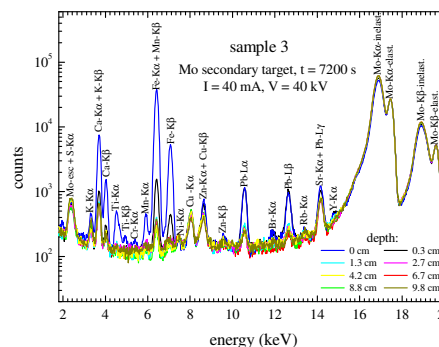
*J. Braziewicz, R. Dudzik, A. Kubala-Kukuś, J. Semaniak, M. Jaskóła<sup>1</sup>, W. Kretschmer<sup>2</sup>, J. Rutkowski<sup>3</sup>, A. Scharf<sup>2</sup>, M. Stankiewicz<sup>4</sup> i T. Uhl<sup>2</sup>*

Rentgenowska analiza fluorescencyjna (XRF) jest dobrze ugruntowaną metodą analityczną, umożliwiającą określanie koncentracji pierwiastków śladowych w różnorodnych materiałach. Podstawą metody jest wzbudzenie i rejestracja charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego, pozwalającą zarówno na jakościową jak i ilościową analizę składu chemicznego badanego materiału. Układ XRF posiadany przez Instytut Fizyki Akademii Świętokrzyskiej wykorzystano do badania rozkładów głębokościowych pierwiastków w trzech próbkach pobranych z różnych części ołtarza Wita Stwosza z Kościoła Mariackiego w Krakowie. Celem badań była ocena skuteczności metod i środków, stosowanych w działaniach konserwatorskich. Sposób i jakość konserwacji zabytków odgrywa bowiem decydującą rolę w utrzymaniu ich w dobrym stanie, przy czym rozkład pierwiastków śladowych w rzeźbach jest wskaźnikiem wnikania środków konserwujących do ich wnętrza.

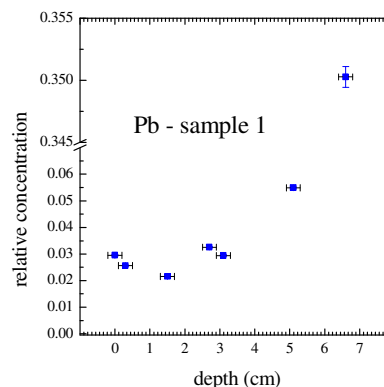
Na podstawie przeprowadzonych pomiarów (Rys. 2) określono profile głębokościowe koncentracji względnej następujących pierwiastków: P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr i Pb. Dla większości z nich nie zaobserwowano istotnych zmian w koncentracji wraz ze zmianą głębokości. Jednak w przypadku chloru (Cl) i ołowiu (Pb), pierwiastków charakteryzujących użyte środki konserwujące, stwierdzono silną zależność koncentracji pierwiastka od głębokości (Rys. 3). Wykonano również we współpracy z Instytutem Fizyki Uniwersytetu w Erlangen datowanie próbek metodą radiowęglową  $C^{14}$ , rozstrzygając, które z badanych elementów ołtarza są oryginalne (wiek XV), a które były zrekonstruowane w późniejszych wiekach.



Rys. 1 Ołtarz Wita Stwosza oraz zdjęcie próbek pobranej do analizy.



Rys. 2 Widma promieniowania charakterystycznego próbki nr 3 mierzone dla różnych głębokości.



Rys. 3 Względna koncentracja ołowiu (Pb) w próbce nr1 w funkcji głębokości.

<sup>1</sup>Instytut Problemów Jądrowych im. A. Soltana, Świerk-Owtock

<sup>2</sup>Instytut Fizyki, Uniwersytet w Erlangen, Erlangen, Niemcy

<sup>3</sup>Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, Akademia Sztuk Pięknych im. J. Matejki, Kraków

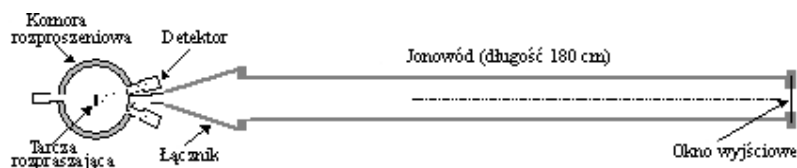
<sup>4</sup>Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

## Biologiczne oddziaływanie promieniowania o wysokim LET

J. Czub, J. Braziewicz, D. Banaś, M. Jaskóła<sup>1</sup>, A. Korman<sup>1</sup>, Z. Szefliński<sup>2</sup> i A. Wójcik<sup>3</sup>

Poznanie mechanizmów zmian genetycznych wywołanych oddziaływaniem ciężkich jonów ma podstawowe znaczenie zarówno w ochronie radiologicznej jak i radioterapii. W tym celu, badając oddziaływanie gęsto jonizujących cząstek z DNA jądra komórkowego, otrzymuje się informacje do modeli opisujących strukturę śladu cząstek jak również informację o efekcie napromienienia komórek. Wiedza o indukowanym promieniowaniem zniszczeniach DNA pozwala np. oszacować „ryzyko” długich lotów kosmicznych i określić jak niszczyć struktury nowotworowe, uwzględniając osobniczą promieniowrażliwość komórek organizmu. W celu badania oddziaływania promieniowania o wysokim LET z materiałem biologicznym zaprojektowano i wykonano nowy układ pomiarowy, którego główne elementy zaznaczono schematycznie na rysunku.

Rys.1. Schemat układu pomiarowego do badań radiobiologicznych na wiązce cyklotronu U200P w Warszawie.



Zaprojektowany układ zapewnia otrzymanie, w wyniku wielokrotnych rozprożeń w tarczy rozpraszającej, jednorodnego rozkładu natężenia wiązki jonów w oknie wyjściowym komory, służącej do naświetlania materiału biologicznego. W badaniach kalibracyjnych układu przeprowadzonych w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie zmierzono jednorodność rozkładu jonów węgla  $^{12}\text{C}$  o energii 100 – 10 MeV rozpraszanych w tarczy złotej o grubości  $50 \text{ mg/cm}^2$ . Warunki eksperymentalne pozwalają otrzymać jednorodną wiązkę na powierzchni  $13 \times 13 \text{ mm}$  w zakresie natężeń pozwalających napromienić materiał biologiczny dawkami do 10 Gy w czasie nie zagrażającym życiu komórek poza inkubatorem z powodu innego niż promieniowanie jonizujące.

Przeprowadzone pomiary rozkładu jednorodności wiązki potwierdziły teoretyczne oszacowania wykonane metodą Monte Carlo dla zaprojektowanego układu eksperymentalnego. Zbudowany i przetestowany układ umożliwia badanie oddziaływania jonów węgla o energiach z obszaru piku Bragga z materiałem biologicznym, gdzie liniowy transfer energii ma wartości  $\sim 1 \text{ MeV}/\mu\text{m}$ .

W oparciu o eksperymentalne wyniki kalibracyjne oraz o rezultaty wyliczeń Monte Carlo wyznaczono dawkę pochłoniętą przez naświetlany materiał biologiczny. Wyniki te pozwoliły ustalić sposób skanowania naświetlanej tarczy o średnicy  $\sim 6 \text{ cm}$  wiązką jonów o wymiarach  $13 \times 13 \text{ mm}$ , aby uzyskać wymagany jednorodny powierzchniowo rozkład dawki z dokładnością  $\sim 3\%$ . Wstępne pomiary krzywej przeżywalności oraz badanie zmian chromosomowych w wyniku działania promieniowania jonizującego przeprowadzono na komórkach V79 chomika chińskiego.

<sup>1</sup> Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, Świerk-Otwock

<sup>2</sup> Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów, Warszawa

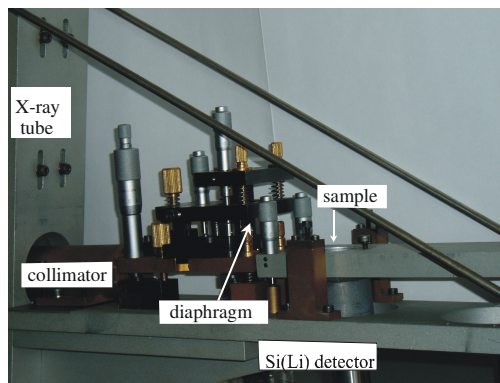
<sup>3</sup> Instytut Biologii Akademii Świętokrzyskiej, Kielce

# Układ eksperymentalny TXRF z granicą detekcji poniżej 1 ppb

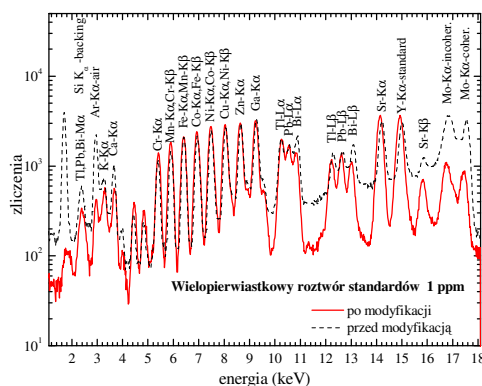
D. Banaś, J. Braziewicz, A. Kubala-Kukuś, U. Majewska, M. Pajek

Metoda rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej z całkowitym odbiciem wiązki padającej (TXRF) jest jedną z najpopularniejszych metod stosowanych do określania koncentracji pierwiastków na poziomie ppb ( $\mu\text{g/g}$ ) w różnego rodzaju próbkach. Osiągnięcie takiej granicy detekcji wymaga optymalizacji układu eksperymentalnego, tj. osiągnięcia optymalnego stosunku intensywności charakterystycznego promieniowania X emitowanego przez badany pierwiastek do intensywności tła. W układzie eksperymentalnym Zakładu Fizyki Medycznej (Rys. 1) zastosowano nowe rozwiązanie techniczne i znalezione parametry układu, które pozwalają osiągnąć granicę detekcji na poziomie  $\sim 1$  ppb bez stosowania specjalnych procedur zagęszczania próbki.

Zależność wartości „granicy detekcji” od natężenia linii promieniowania charakterystycznego pierwiastka  $N_p$  i od intensywności tła  $N_t$  ( $DL = 3C\sqrt{N_t} / N_p$ , gdzie C oznacza koncentrację pierwiastka) określa sposób uzyskania jak najlepszej wartości DL przez zwiększenie intensywności promieniowania charakterystycznego i obniżenie natężenia tła. W trakcie procedury optymalizacji układu znaleziono optymalny kształt widma promieniowania wzbudzonego przez określenie odpowiedniego kąta odbicia wiązki promieniowania X od reflektora, zredukowano ilość rejestrowanego promieniowania rozproszonego produkowanego w reflektorze przez zastosowanie przed próbką specjalnej diafragmy o regulowanej pozycji i szerokości, znaleziono optymalny kąt padania na próbkę promieniowania wzbudzonego. Ponadto przy ustalonych optymalnych parametrach geometrycznych układu zbadano też zależność kształtu widma, intensywności linii i granicy detekcji od napięcia i natężenia prądu lampy rentgenowskiej. Przeanalizowano również zależność granicy detekcji od koncentracji pierwiastków w próbce i liczby pierwiastków w próbce przy jednakowej ich koncentracji. Pomiary prowadzono używając 3-pierwiastkowego roztworu (V, As, Y). Rys. 2 przedstawia widmo promieniowania charakterystycznego standardowego wielopierwiastkowego roztworu zarejestrowane przed i po procedurze optymalizacji. Widoczne jest, że natężenie linii promieniowania charakterystycznego jest dużo większe, a intensywność tła dużo mniejsza po modyfikacji układu. Optymalne uzyskane wartości granicy detekcji wynoszą: 1.28 ppb dla V, 0.86 ppb dla As i 0.97 ppb dla Y.



Rys. 1 Zdjęcie układu eksperymentalnego TXRF z zaznaczonymi pozycjami lampy rentgenowskiej, kolimatora, diafragmy, próbki i detektora.



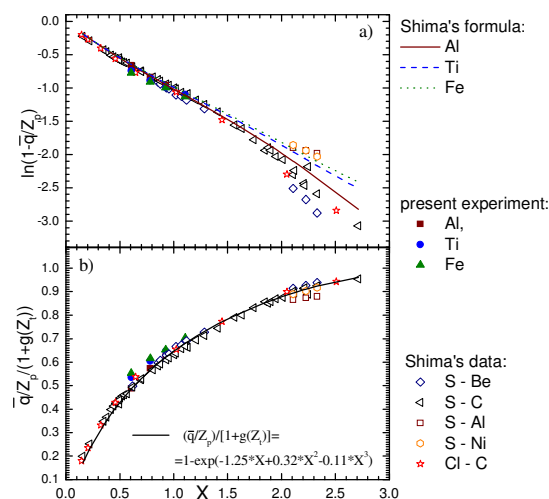
Rys. 2 Widmo wielopierwiastkowego roztworu standardów przed i po modyfikacji układu TXRF.

# Stany pocisków siarki w tarczach węglowych, aluminiowych, tytanowych i żelazowych

J. Braziewicz<sup>1</sup>, 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>, K. Stabkowska<sup>3</sup>

Jon szybko poruszający się w tarczy ciała stałego podlega w wyniku oddziaływania z atomami tarczy wielu procesom - jonizacji zewnętrznych i wewnętrznych powłok atomowych, elektrony przenoszone są na wyższe poziomy energetyczne, mają miejsce wychwyty elektronów z atomów ośrodka oraz bezpromienne i promienne procesy deekscytacji. Emitowane przez taki jon charakterystyczne promieniowanie rentgenowskie niesie informację o tych procesach i o stopniu jonizacji jego powłok atomowych.

W eksperymentach przeprowadzonych w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Erlangen-Nurnberg w Niemczech użyte zostały jony siarki  $S^{q+}$  ( $q^+ = 4^+, 6^+$ ) o energiach 9.6, 16, 22.4, 32 MeV, którymi bombardowano tarcze C, Al, Ti i Fe. Za pomocą detektora półprzewodnikowego Si(Li) zarejestrowano widma charakterystycznego promieniowania X serii K siarki, w których wydzielono linie satelitarne  $K\alpha_{1,2}^s$  i  $K\beta_{1,3}^s$ , linię odzwierciedlającą wychwyty elektronu z powłoki K, L, M atomów tarczy do powłoki K jonu siarki oraz linie hipersatelitarne  $K\alpha_{1,2}^h$  i  $K\beta_{1,3}^h$  (dla jonów siarki o energii 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  $1s^{-2} \rightarrow 1s^{-1}2p^{-1}$ . Na podstawie przesunięcia energetycznego linii  $K\alpha_{1,2}^s$  (w stosunku do energii linii diagramowych) określono średni ładunek  $\bar{q}$  pocisków siarki w funkcji ich energii dla wszystkich tarcz C, Al, Ti i Fe. Stwierdzono, że wartość  $\bar{q}$  rośnie dla każdego rodzaju tarczy ze wzrostem energii pocisków jako wynik zwiększającej się jonizacji jonów i że zależność od liczby atomowej  $Z_t$  tarczy jest raczej słaba: największa różnica (~10%) w wartości  $\bar{q}$  jonów siarki przechodzących przez badane tarcze jest widoczna dla energii pocisków 9.6 MeV, a w przypadku najwyższej energii 32 MeV wartość  $\bar{q}$  różni się dla tarcz C, Al, Ti i Fe tylko ~1%. Na rys. 1 przedstawiona jest zależność eksperymentalnych wartości  $\bar{q}$  od prędkości zredukowanej pocisków  $X = v/[3.6 \cdot 10^8 \text{ (cm/s)} Z_p^{0.45}]$ , gdzie  $Z_p = 16$  (liczba atomowa siarki),  $v$  jest prędkością jonów S (symbole pełne); wartości  $\bar{q}$  dla jonów S i Cl przechodzących odpowiednio przez tarcze Be, C, Al, Ni i C (symbole puste) oraz uniwersalna funkcja średniego ładunku równowagowego podana przez Shimę (linia ciągła). Wartości  $\bar{q}$  otrzymane dla tarczy Al leżą na tej krzywej z dokładnością ~1%, dla tarcz Ti i Fe z dokładnością do ~14% i są wyższe niż otrzymane wg formuły Shimy.



Rys. 1 Średni ładunek równowagowy jonów S przechodzących przez tarcze C, Al, Ti i Fe w funkcji prędkości zredukowanej  $X$  pocisku.

<sup>1</sup> Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, Świerk-Otwock

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

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

## **ZAKŁAD INFORMATYKI**

### **Skład osobowy**

Prof. dr hab. inż. Andrzej Dziech – kierownik zakładu,  
prof. dr hab. inż. M. Ziółko, dr hab. inż. M. Głowacki, dr inż. W. Byrski,  
dr inż. I. Pardyka, dr A. Bojara, mgr R. Suchanek, mgr inż. P. Ślusarczyk,  
mgr inż. W. Sornat, mgr inż. M. Lutwin

### **Tematyka badawcza**

Działalność naukowa zakładu dotyczy cyfrowego przetwarzania oraz kompresji sygnałów i obrazów, szczególnie panoramicznych z zastosowaniem metod opartych o geometrię epipolarną i metody transformacyjne. Prowadzi się badania adaptacyjne metod kompresji obrazów oraz ich transmisji z zastosowaniem środowiska CORBA.

### **Baza laboratoryjna Zakładu**

Laboratorium Podstaw Informatyki  
Laboratorium Przetwarzania i Kompresji Obrazów  
Laboratorium Baz Danych  
Laboratorium Systemów Operacyjnych

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

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie  
Uniwersytet w Wuppertalu w Niemczech



## Profesor Sławomir Chojnacki (1929 - 2004)

2 maja zmarł profesor Sławomir Chojnacki. Nic nie zapowiadało katastrofy; profesor był jak zwykle aktywny, ruchliwy – śmiertelna choroba zaatakowała go przy pracy, w ulubionym laboratorium. Odszedł jak żył – w pośpiechu.

Studia ukończył na Politechnice Łódzkiej z dyplomem inżyniera chemika. Swoją pracę naukową poświęcił jednak nie chemii, lecz z fizyce jądrowej. Badania eksperymentalne prowadził już jako student, a od roku 1954 jako pracownik naukowy (asystent, adiunkt, docent i profesor) Uniwersytetu Warszawskiego. Współtworzył Katedrę Fizyki Jądra Atomowego. Z pasją uczestniczył w projektowaniu i wykonaniu wielu urządzeń



badawczych - był eksperymentatorem z zamiłowania. Jego „ukochanym dzieckiem” był największy polski akcelerator - warszawski cyklotron ciężkich jonów U-200. W roku 1973 został powołany na stanowisko wicedyrektora Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego ds. budowy cyklotronu. W realizacji tego przedsięwzięcia wykorzystywał swoje długoletnie kontakty z uczonymi ze Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej pod Moskwą, szczególnie ze znakomitym fizykiem Georgijem Florowem. Organizował Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie, które formalnie powstało w 1979 roku. Z tym laboratorium związał się na stałe, działalność w nim łącząc z innymi zatrudnieniami.

W roku 1987 Profesor Chojnacki rozpoczął pracę w Instytucie Fizyki wówczas Wyższej Szkoły Pedagogicznej, obecnie Akademii Świętokrzyskiej, w Kielcach. Z zaangażowaniem oddawał się zajęciom dydaktycznym, wiele czasu poświęcał organizowaniu prac badawczych. Wykorzystując swoje liczne kontakty osobiste, starał ułatwić start naukowy wielu naszym kolegom. W ostatnich latach prowadził badania z pogranicza fizyki jądrowej i medycyny. Interesował się pozytonową tomografią emisyjną (PET); marzył, aby ta nowoczesna technika diagnostyczna była dostępna dla pacjentów Świętokrzyskiego Centrum Onkologii. Wielce by się cieszył, wiedząc że te marzenia przybrały teraz całkiem realny kształt. Działalność profesora przyczyniła się do powstania Zakładu Fizyki Medycznej oraz uruchomienia nowej specjalności kształcenia - fizyki medycznej, cieszącej się wśród studentów wielką popularnością.

Był niestrudzonym ambasadorem naszego instytutu, sprawił, że w naszych murach gościło wielu wybitnych fizyków polskich i zagranicznych. Z energią i niezwykłą wprost znajomością regionu organizował im turystyczne atrakcje. Swoim zamiłowaniem kielecczyzną zarażał przybyszów. Kochał Góry Świętokrzyskie i ... Japonię, którą wielokrotnie odwiedził.

Bardzo Go nam teraz brakuje.



# PUBLIKACJE

## Artykuły naukowe

### Publikacje „filadelfijskie”

1. R. Maj and St. Mrówczyński,  
*Inaccurate Use of Asymptotic Formulas*,  
American Journal of Physics **72** (2004) 922.
2. St. Mrówczyński, A. Rebhan, and M. Strickland,  
*Hard-Loop Effective Action for Anisotropic Plasmas*,  
Physical Review **D70** (2004) 025004.
3. C. Manuel and St. Mrówczyński,  
*Whitening of the Quark-Gluon Plasma*,  
Physical Review **D70** (2004) 094019.
4. St. Mrówczyński, M. Rybczyński and Z. Włodarczyk,  
*Transverse Momentum versus Multiplicity Fluctuations  
in High-Energy Nuclear Collisions*,  
Physical Review **C70** (2004) 054906.
5. M. Gaździcki, St. Mrówczyński, and M.I. Gorenstein,  
*Fluctuations and Deconfinement Phase Transition in Nucleus-Nucleus Collisions*,  
Physical Letters **B585** (2004) 115.
6. St. Mrówczyński and R. Maj,  
*Sum Rule of the Correlation Function*,  
Nukleonika **49**, Suppl. 2 (2004) S27.
7. C. Alt et al.(NA49 Collaboration),  
*Evidence for an Exotic  $S=-2$ ,  $Q=-2$  Baryon Resonance in Proton-Proton Collisions at  
the CERN SPS*,  
Physical Review Letters **92** (2004) 042003
8. T. Anticic et al., (NA49 Collaboration),  
 *$\Lambda$  and  $\bar{\Lambda}$  Production in Central Pb-Pb Collisions at 40, 80 and 158 A GeV*,  
Physical Review Letters **93** (2004) 022302
9. T. Anticic et al. (NA49 Collaboration),  
*Energy and centrality dependence of deuteron and proton production in Pb+Pb  
collisions at relativistic energies*,  
Physical Review **C69** (2004) 024902
10. T. Anticic et al. (NA49 Collaboration),  
*Transverse momentum fluctuations in nuclear collisions at 158A GeV*,  
Physical Review **C70** (2004) 034902

11. V. Friese et al. (NA49 Collaboration),  
*Strangeness from 20 AGeV to 158 AGeV,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S119
  
12. Ch. Meurer et al. (NA49 Collaboration),  
 *$\Xi^-$  and  $\Xi^+$  production in Pb+Pb collisions at 40 A GeV at CERN SPS,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S175
  
13. M. Mitrovski et al. (NA49 Collaboration),  
 *$\Omega^-$  and  $\Omega^+$  production in Pb+Pb and p+p collisions at 30, 40 and 158 A GeV,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S357
  
14. I. Kraus et al. (NA49 Collaboration),  
*System size dependence of strangeness production at 158 A GeV,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S583
  
15. M. Gazdzicki (NA49 Collaboration),  
*Report from NA49,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S701
  
16. Ch. Meurer (NA49 Collaboration),  
*Hyperon production in Pb+Pb collisions at the CERN-SPS,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S1325
  
17. S. Kniege (NA49 Collaboration),  
*Rapidity and transverse momentum dependence of  $\pi^- \pi^-$  Bose-Einstein correlations measured at 20, 30, 40, 80 and 158 A GeV beam energy,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S1073
  
18. K. Kadija (NA49 Collaboration),  
*Exotic baryon resonances in p+p interactions with the NA49 detector,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S1359
  
19. Ch. Roland (NA49 Collaboration),  
*Event-by-event fluctuations of particle ratios in central Pb+Pb collisions at 20-158 A GeV,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S1381
  
20. C. Alt et al. (NA49 Collaboration),  
*Strangeness from 20-A-GeV to 58-A-GeV*  
Journal of Physics **G30** (2004) S119.
  
21. M. Gaździcki (NA49 Collaboration),  
*Energy scan program at the CERN SPS and an observation of the deconfinement phase transition in nucleus nucleus collisions,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S161.

22. C. Alt et al. (NA49 Collaboration),  
*Multistrange Hyperon Production in Pb-Pb Collisions at 30-AGeV, 40-AGeV, 80-AGeV and 158-AGeV*,  
Progress in Particle and Nuclear Physics **53** (2004) 269.
23. G. Wilk and Z. Włodarczyk,  
*Nonextensive information entropy for stochastic networks*,  
Acta Physica Polonica **B35** (2004) 871.
24. M. Rybczyński, Z. Włodarczyk, and G. Wilk,  
*Possible signal for critical point in hadronization processes*,  
Acta Physica Polonica **B35** (2004) 819.
25. G. Wilk and Z. Włodarczyk,  
*Stochastic network view on hadron production*,  
Acta Physica Polonica **B35** (2004) 2141.
26. F.S. Navarra, O.V. Utyuzh, G. Wilk, and Z. Włodarczyk,  
*Information theory approach (extensive and nonextensive) to high energy multiparticle production processes*,  
Physica **A340** (2004) 467.
27. F.S. Navarra, O.V. Utyuzh, G. Wilk, and Z. Włodarczyk,  
*Information theory in high energy physics (extensive and nonextensive approach)*,  
Physica **A344** (2004) 568.
28. F.S. Navarra, O.V. Utyuzh, G. Wilk and Z. Włodarczyk,  
*Single particle spectra from information theory point of view*,  
Nukleonika **49** (Suppl.2) (2004) S19.
29. O.V. Utyuzh, G. Wilk, and Z. Włodarczyk,  
How to model BEC numerically,  
Nukleonika **49** (Suppl.2) (2004) S33
30. A. Baran, W. Broniowski, and W. Florkowski,  
*Description of the particle ratios and transverse-momentum spectra for various centralities at RHIC in a single-freeze-out model*,  
Acta Physica Polonica **B35** (2004) 779.
31. W. Florkowski,  
*Schwinger tunneling mechanism and thermal character of hadron spectra*,  
Acta Physica Polonica **B35** (2004) 799.
32. W. Broniowski and W. Florkowski,  
*Resonance Production in a Thermal Model*,  
Acta Physica Polonica **B35** (2004) 203.

33. W. Florkowski, P. Bozek, W. Broniowski,  
*Balance functions from a Thermal Model,*  
Acta Physica Hungarica, Heavy Ion Physics **A21/1** (2004) 49.
34. W. Florkowski, W. Broniowski, and P. Bozek,  
*Production of resonances in a Thermal Model: Invariant Mass Spectra and Balance Functions,*  
Journal of Physics **G30** (2004) S1321
35. W. Broniowski, W. Florkowski, L. Glozman,  
*Update of the Hagedorn Mass Spectrum,*  
Physical Review **D70** (2004) 117503.
36. W. Broniowski and W. Florkowski,  
*Hydro-Inspired Parametrizations of Freeze-out in Relativistic Heavy Ion Collisions*  
Acta Physica Polonica **B35** (2004) 2895.
37. M.M. Aggarwal et al. (G. Stefanek),  
*Interferometry of Direct Photons in Central  $^{208}\text{Pb}+^{208}\text{Pb}$  Collisions at 158A GeV,*  
Physical Review Letters **93** (2004) 022301.
38. M. Gaździcki,  
*Observation Of Deconfinement Phase Transition In Nucleus Nucleus Collisions,*  
Acta Physica Polonica **B35** (2004)187.
39. V.V. Begun, M. Gaździcki, M.I. Gorenstein, O.S. Zozulya,  
*Particle Number Fluctuations In Canonical Ensemble,*  
Physical Review **C70** (2004) 034901.
40. Y. Hama, F. Grassi, O. Socolowski, T. Kodama, M. Gaździcki and M. Gorenstein,  
*Energy Dependence Of The Inverse Slope Parameter In Heavy Ion Collisions,*  
Acta Physica Polonica **B35** (2004) 179.
41. F. Becattini, M. Gaździcki, A. Keranen, J. Manninen and R. Stock,  
*Chemical equilibrium in nucleus nucleus collisions at relativistic energies,*  
Physical Review **C69** (2004) 024905.
42. M. Gaździcki, M.I. Gorenstein, F. Grassi, Y. Hama and T. Kodama,  
*Incident energy dependence of the effective temperature in heavy ion collisions,*  
Brazilian Journal of Physics **34** (2004) 322.
43. M.I. Gorenstein, M. Gaździcki and O.S. Zozulya,  
*Fluctuations of strangeness and deconfinement phase transition in nucleus nucleus collisions,*  
Physics Letters **B585** (2004) 237.

44. M. Kliemant, B. Lungwitz and M. Gaździcki,  
*Energy dependence of transverse mass spectra of kaons produced in p+p and p+anti-p interactions: A compilation.*  
Physical Review **C69** (2004) 044903.
45. K.Dworecki, M.Drabik, T.Hasegawa, and S.Wąsik,  
*Modification transport properties of polymer membranes by ion implantation,*  
Nuclear Instruments and Methods **B185** (2004) 483
46. A.Ślęzak, K.Dworecki, J.Jasik-Ślęzak, and J.Wąsik,  
*Method to determination the critical concentration Rayleigh number in isothermal passive membrane transport processes,*  
Desalination **168** (2004) 397.
47. T. Kosztolowicz,  
*From the solutions of diffusion equation to the solutions of subdiffusive one,*  
Journal of Physics **A37** (2004) 10779.
48. A. Kubala-Kukuś and M. Pajek,  
*Simulation of Censoring Effect in XRF Analysis,*  
X-Ray Spectrometry **33** (2004) 301.
49. 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,*  
X-Ray Spectrometry **33** (2004) 306.
50. M. Pajek, A. Kubala-Kukuś and J. Braziewicz,  
*Censoring: a new approach for detection limits in total-reflection X-ray fluorescence,*  
Spectrochimica Acta **B59** (2004) 1091.
51. J. Braziewicz, A. Kubala-Kukuś and M. Pajek,  
*Total-reflection X-ray fluorescence studies of trace elements in biomedical samples*  
Spectrochimica Acta **B59** (2004) 1283.
52. M. Pajek and A. Kubala-Kukuś,  
*Censoring approach to the detection limits in x-ray fluorescence analysis,*  
Spectrochimica Acta **B59** (2004) 1739.
53. A. Kubala-Kukuś, E. Kuternoga, J. Braziewicz and M. Pajek,  
*Log-stable concentration distribution of trace elements in biomedical samples,*  
Spectrochimica Acta **B59** (2004) 1711.
54. J. Braziewicz, L. Kownacka, U. Majewska, and A. Korman,  
*Elemental concentrations in tropospheric and lower stratospheric air in a northeastern region of Poland,*  
Atmospheric Environment **38** (2004) 1989.

55. J. Braziewicz, U. Majewska, K. Słabkowska, M. Polasik, I. Fijał, M. Jaskóła, A. Korman, W. Czarnacki, S. Chojnacki, and W. Kretschmer  
*Dynamics of formation of K-hole fractions of sulphur projectiles inside a carbon foil*  
Physical Review **A69** (2004) 062705.
56. B. Gierat – Kucharzewska, J. Braziewicz, U. Majewska, St. Gózdź, A. Karasiński,  
*The concentration of selected elements in the roots and crowns of both primary and permanent teeth with caries disease,*  
Biological Trace Element Research **96** (2004) 159.
57. A. Okopińska ,  
*Gaussian approximation to the condensation of an interacting Bose gas,*  
Laser Physics **14** (2004) 591.
58. J. Öjekull, P.U. Andersson, M. B. Någård, J. B. C. Pettersson, A. M. Derkatch, A. Neau, S. Rosén, R. Thomas and M. Larsson, J. Semaniak, H. Danared, A. Källberg, F. Österdahl, M. af Ugglas, and N. Marković,  
*Dissociative recombination of  $NH_4^+$  and  $ND_4^+$  ions: storage ring experiments and ab initio molecular dynamics,*  
Journal of Chemical Physics **120** (2004) 7391.
59. W. D. Geppert, R. Thomas, A. Ehlerding, J. Semaniak, F. Österdahl, M. af Ugglas, N. Djurić, A. Paál and M. Larsson,  
*Extraordinary branching ratios in astrophysically important dissociative recombination reactions,*  
Faraday Discussions **127** (2004) 425.
60. S. Kalhori, R. Thomas, A. Al-Khalili, A. Ehlerding, F. Hellberg, A. Neau, M. Larsson, Å. Larsson, A. J. Huneycutt, B. J. McCall, J. Semaniak, O. Novotny, A. Paál, F. Österdahl, A. E. Orel,  
*Resonant ion-pair formation in electron collisions with rovibrationally cold  $H_3^+$ ,*  
Physical Review **A69** (2004) 022713.
61. W. D. Geppert, R. Thomas, J. Semaniak, A. Ehlerding, F. Österdahl, M. af Ugglas, N. Djurić, A. Paál and M. Larsson,  
*Dissociative recombination of  $N_2H^+$ : Evidence for fracture of the N-N bond,*  
The Astrophysical Journal **609** (2004) 459.
62. W. D. Geppert, F. Hellberg, A. Ehlerding, J. Semaniak, F. Oesterdahl, M. Kamińska, V. Zhaunerchyk, A. Al-Khalili, M. af Ugglas, R. Thomas, A. Kaellberg, and M. Larsson,  
*Dissociative Recombination of  $S^{18}O_2^+$  : Evidence for Three-Body Break-Up,*  
The Astrophysical Journal **610** (2004) 1228.

63. W. D. Geppert, A. Ehlerding, F. Hellberg, J. Semaniak, F. Oesterdahl, M. Kamińska, A. Al-Khalili, V. Zhaunerchyk, R. Thomas, M. af Ugglas, A. Kaellberg, A. Simonsson, and M. Larsson, *Dissociative Recombination of Nitrile Ions: DCCCN<sup>+</sup> and DCCCND<sup>+</sup>* The Astrophysical Journal **613** (2004) 1302.
64. A. Al-Khalili, R. Thomas, A. Ehlerding, F. Hellberg, W. D. Geppert, F. Österdahl, V. Zhaunerchyk, M. af Ugglas, M. Larsson, E. Uggerud, J. Vedde, C. Adlhart, J. Semaniak, M. Kaminska, R. Zubarev, F. Kjeldsen, P. Andersson, V. Bednarska, A. Paal, *Dissociative recombination cross-section and branching ratios of protonated dimethyl disulfide and N-methylacetamide*, Journal of Chemical Physics **121** (2004) 5700.
65. B. J. McCall, A. J. Huneycutt, R. J. Saykally, N. Djuric, G. H. Dunn, J. Semaniak, O. Novotny, A. Al-Khalili, A. Ehlerding, F. Hellberg, S. Kalhori, A. Neau, R. Thomas, A. Paal, F. Österdahl, and M. Larsson, *Dissociative recombination of rotationally cold H<sub>3</sub><sup>+</sup>*, Physical Review **A70** (2004) 052716.
66. Th. Stöhlker, D. Banaś, S. Fritsche, A. Gumberidze, C. Kozhuharov, X. Ma, A. Orsic-Muthig, U. Spillmann, D. Sierpowski, A. Surzhykov, S. Tachenov, A. Warczak, *Angular Correlation and Polarization Studies for radiative Electron Capture into High-Z Ions*, Physica Scripta **T110** (2004) 384.
67. H.F. Beyer, Th. Stöhlker, D. Banaś, D. Liesen, D. Protic, K. Beckert, P. Beller, J. Bojowald, F. Bosch et al., *FOCAL: X-Ray Optics For Accurate Spectroscopy*, Spectrochimica Acta **B59** (2004) 1535.
68. A. Gumberidze, Th. Stöhlker, D. Banaś, K. Beckert, P. Beller, H. F. Beyer, F. Bosch, X. Cai, S. Hagmann, C. Kozhuharov, D. Liesen, F. Nolden, X. Ma, P. H. Mokler, A. Orsic-Muthig, M. Steck, D. Sierpowski, S. Tashenov, A. Warczak, and Y. Zou, *Electron-Electron Interaction in Strong Electromagnetic Fields: The Two-Electron Contribution to the Ground-State Energy in He-like Uranium*, Physical Review Letters **92** (2004) 203004.
69. K. Bajan, P. Flin, W. Godlowski, V.N. Pervushin, *In Search of Quasar Redshift Periodicity*, Physics of Particles and Nuclei **35** (2004) 1.
70. P. Flin, M. Biernacka, and J. Krywult, *The Orientation of Galaxies in Nearby Galaxy Groups*, Recycling Intergalactic and Interstellar Matter, IAU Symposium vol. 217, (eds. P.-A. Duc, J. Braine & E. Brinks) p. 216 (2004).

71. P. Flin and J. Krywult,  
*Subclustering in cooling and non-cooling flow clusters,*  
Recycling Intergalactic and Interstellar Matter, IAU Symposium vol. 117,  
(eds P.-A. Duc, J. Braine & E. Brinks) p. 118 (2004).
72. P. Flin, K.Bajan, and V.N. Pervushin,  
*Directions of Cosmic Anisotropies,*  
Dark Matter in Galaxies, IAU Symposium vol. 220  
(eds. S.D.Ryder, D.J.Pisano, M.A.Walker & K.C.Freeman), p.185 (2004).
73. P. Flin, W. Godłowski, and Szydłowski,  
*Angular Momenta of Galaxy Large Scale Structures,*  
Dark Matter in Galaxies, IAU Symposium vol. 220  
(eds. S.D.Ryder, D.J.Pisano, M.A.Walker & K.C.Freeman), p.479 (2004).

### Inne publikacje

1. K. Bajan, M. Biernacka, P. Flin, W. Godłowski, V.N. Pervushin, and A. Zorin,  
*Large scale periodicity in redshift distribution,*  
Spacetime & Substance **4** (2003) 225.
2. M. Biernacka, P. Flin, V.N. Pervushin, and A. Zorin,  
*Newtonian Motion as the Origin of the Anisotropy of the Local Velocity Field of Galaxies,*  
Physics of Particles and Nuclei, Letters **1** (2004) 94.
3. A. Gusev, P. Flin, V.N. Pervushin, S. Vinitsky, and A. Zorin,  
*The Universe Evolution as a Possible mechanism of Formation of Galaxies and their Clusters,*  
Astrofisica **47** (2004) 242.
4. B.M.. Barbashov, A.G. Zorin, V.N. Pervushin i P. Flin,  
*Kosmicheskaja ewoljucija galaktyk w odnositelnyh jedinicach*  
w Problemy kalibrowocznych teorij, p. 31-61, Dubna (2004).
5. J. Braziewicz,  
*Statistical aspects of positron emission tomography,*  
Nuclear Physics Methods and Accelerators in Biology and Medicine:  
Proceedings of the Second Intern. Student School, Dubna, p. 11 (2004).
6. M. Kargol,  
*On the applicability of the Kedem-Katchalsky and mechanistic transport equations,*  
Current Topics in Biophysics **28** (suppl. A) (2004) A8.



7. G. Suchanek, M. Przystalski, M. Kargol, and A. Kargol,  
*Water transport route from the soil to the root xylem according to the mechanistic approach,*  
Current Topics in Biophysics **28** (suppl. A) (2004) A54.
8. G. Suchanek M. Przystalski, M. Kargo, and A. Kargol,  
*Mechanistic interpretation of transport parameters of root endodermis,*  
Current Topics in Biophysics **28** (suppl. A) (2004) A54.
9. G. Suchanek, M. Przystalski, M. Kargol, and A. Kargol,  
*Mechanistic equations of membrane transport of multicomponent solutions,*  
Current Topics in Biophysics **28** (suppl. A) (2004) A54.
10. M. Kargol, A. Kargol , G. Suchanek i M. Przystalski,  
*Odwrócona osmoza opisana mechanistycznymi równaniami transportowymi,*  
V Konferencja naukowa „Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska”,  
Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN Gliwice **22** (2004) 105.
11. M. Kargol, A. Kargol, G. Suchanek, M. Przystalski, M. Dobkowicz i J. Dobkowicz,  
*Wpływ niektórych parametrów środowiska wodnego na stacjonarną wymianę wody przez rośliny w nim żyjące,*  
V Konferencja „Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska”,  
Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN **22** (2004) 369.
12. K. Dworecki, M. Drabik, T. Hasegawa, A. Ślęzak i S. Wąsik,  
*Modyfikacja własności transportowych membran polimerowych metodą implantacji jonów,*  
V Konferencja „Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska”,  
Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN **22** (2004) 61.
13. M. Wysocka-Kunisz,  
*Procedura badawcza w nauczaniu przyrody, w: Uczyć inaczej?*  
Instytut Fizyki AŚ, Kielce 2004, s. 16-18
14. M. Wysocka-Kunisz,  
*Kształtowanie postaw proekologicznych w nauczaniu fizyki i przyrody,*  
Wyd. ITE i IBE, kwartalnik „Edukacja biologiczna i środowiskowa” Nr 2-3 (10-11)  
2004, s. 136-139

## Podręczniki i skrypty

1. J. Semaniak, J. Semaniak,  
*Drgania i fale. Podręcznik do fizyki i astronomii dla liceum ogólnokształcącego, profilowanego i technikum (zakres podstawowy), moduł 2.*  
MAC Edukacja, Kielce, 2004.
2. J. Semaniak, A. Kubala-Kukuś, J. Semaniak,  
*Ruch, siły i materia. Zbiór zadań do fizyki i astronomii dla liceum ogólnokształcącego, profilowanego i technikum, cz. 1.*  
MAC Edukacja, Kielce, 2004.
3. J. Semaniak, J. Semaniak, J. Krywult,  
*Fizyka i Astronomia - podręcznik do liceum,*  
MAC Edukacja, Kielce, 2004.

## Artykuły popularno-naukowe

1. J. Krywult i M. Wysocka-Kunisz  
*Obserwatorium astronomiczne Akademii Świętokrzyskiej,*  
*Postępy Fizyki* **55** (2004) 47.
2. P. Flin, H. Głąb, J. Poleski, Ł. Trzeciński i J. Weiner,  
*Początki Wszechświata,*  
*Wielka Historia Świata T. I,* Wyd. Pinnex, Kraków, 2004, wyd. II. str. 7-54
3. P. Flin,  
*Obserwatorium i Planetarium Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach,*  
*Urania - Postępy Astronomii* **3** (2004) 124
4. Marek Gaździcki, Reinhard Stock, and Peter Seyboth,  
*Has the deconfinement phase transition been seen?*  
*CERN Courier* **43** (2004)

## UDZIAŁ W KONFERENCJACH\*

### Wykłady

1. D. Banaś, T. Stoeckler, H.F. Beyer, F. Bosch, A. Brauning-Demian, S. Fritzsche, A. Gumberidze, S. Hagmann, C. Kozhuharov, X. Ma, P.H. Mokler, R. Mann, A. Orsic Muthig, D. Sierpowski, U. Spillmann, S. Tachenov, Z. Stachura, A. Surzhykov and A. Warczak,  
*Projectile K-shell vacancy production in  $U^{89+} + N_2$  collisions: selective population of the  $n=2$  S-states in He-like uranium*,  
**8<sup>th</sup> Workshop on Fast Ion-Atom Collisions FIAC 2004**,  
Debrecen, Hungary, September 1-3, 2004,
2. P. Flin,  
*Ludwik Silberstein, life and work*,  
**XIX School of Cosmology and Gravitation "Historical Review of Gravitational Theories and Experiments"**,  
Ettore Majorana Centre for Scientific Culture, Erice, May 2-11, 2004
3. M. Gaździcki,  
*Report from NA49*,  
**16th International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions, Quark Matter 2004**,  
Oakland, California, USA, January, 2004
4. M. Gaździcki,  
*Strangeness and Deconfinement in Nucleus-Nucleus Collisions*,  
**2004 RHIC and AGS Annual Users' Meeting**,  
BNL, USA, May 10, 2004
5. M. Gaździcki,  
*Deconfinement phase transition in Nucleus-Nucleus collisions*,  
**International Symposium "The QCD phase diagramme: From theory to experiment"**,  
Skopelos, Greece, 29 May - 2 June, 2004
6. M. Gaździcki,  
*Ion Program at the CERN SPS*,  
**Special SPSC meeting**,  
Villars, Switzerland, September, 2004
7. M. Gaździcki,  
*Light Ion Program at the CERN SPS*,  
**International Workshop on Future of Nuclear Collisions at High Energies**,  
Kielce, Poland, October 15-17, 2004

8. M. Gaździcki,  
*Critical Point and Onset of Deconfinement,*  
**Workshop “Exploring Phase Diagram of Strongly Interacting Matter”,**  
Stony Brook, USA, November 17, 2004
  
9. St. Mrówczyński,  
*Whitening of the Quark-Gluon Plasma,*  
**20-th Winter Workshop on Nuclear Dynamics,**  
Trelawny Beach, Jamaica, March 15-20, 2004
  
10. St. Mrówczyński,  
*Whitening of the Quark-Gluon Plasma,*  
**Strong and Electroweak Matter 2004,**  
Helsinki, Finland, June 16-19, 2004
  
11. A. Okopińska,  
*Approximations to density functional of interacting bosons,*  
**Laser Physics 04,**  
Triest, Italy, July 12-16, 2004
  
12. M. Pajek,  
*Statistical Aspects of Trace Element Analysis in Medical Samples,*  
**10<sup>th</sup> National Conference on Application of Mathematics in Biology and Medicine,**  
Święty Krzyż, Poland, 22-25 September, 2004
  
13. M. Rybczyński,  
*Multiplicity Fluctuations in Relativistic Heavy Ion Collisions,*  
**Focus on Multiplicity – International Workshop on Particle Multiplicity in Relativistic Heavy Ion Collisions,**  
Bari, Italy, June 15 – 20, 2004
  
14. M. Rybczyński,  
*Multiplicity Fluctuations in High-Energy Nuclear Collisions,*  
**International Workshop on Future of Nuclear Collisions at High Energies,**  
Kielce, Poland, October 15-17, 2004
  
15. M. Rybczyński, G. Wilk and Z. Włodarczyk,  
*Strangelets in cosmic rays,*  
**XIII International Symposium on Very High Energy Cosmic Ray Interactions,**  
Pylos, Greece, August 6-12, 2004
  
16. G. Wilk and Z. Włodarczyk,  
*Multiplicity fluctuations in high energy hadronic and nuclear collisions,*  
**XIII International Symposium on Very High Energy Cosmic Ray Interactions,**  
Pylos, Greece, August 6-12, 2004

17. M. Rybczyński, G. Wilk and Z. Włodarczyk,  
*Are there strangelets in cosmic rays?*  
**19<sup>th</sup> European Cosmic Ray Symposium**,  
Florence, Italy, August 30 – September 3, 2004
  
18. M. Rybczyński and Z. Włodarczyk,  
*Nonmonotonic behaviour of multiplicity fluctuations*,  
**International workshop on Particle Multiplicity in Relativistic Heavy Ion Collisions „Focus on Multiplicity”**,  
Bari, Italy, June 17-19, 2004
  
19. W. Florkowski,  
*Production of resonances in a Thermal Model: Invariant Mass Spectra and Balance Functions*,  
**Quark Matter 2004**,  
Oakland, USA, January 11-17, 2004
  
20. W. Florkowski,  
*Strange Particle Production in a Single-Freeze-Out Model*,  
**8th International Conference on Strangeness in Quark Matter**,  
Cape Town, South Africa, September 15-20, 2004
  
21. W. Florkowski,  
*Hydro-Inspired Parameterizations of Freeze-Out in Relativistic Heavy-Ion Collisions*,  
**44<sup>th</sup> Cracow School of Theoretical Physics**,  
Zakopane, May 26 – June 6, 2004
  
22. W. Florkowski,  
*Hydro-Inspired Parameterizations of Freeze-Out in Relativistic Heavy-Ion Collisions*,  
**4<sup>th</sup> Budapest Winter School on Heavy-Ion Physics**,  
Budapest, Hungary, December 1-3, 2004
  
23. M. Kargol,  
*Odwrócona osmoza opisana mechanistycznymi równaniami transportowymi*,  
**V Konferencja naukowa „Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska”**,  
Ustronie, 16-19 czerwiec 2004
  
24. M. Kargol,  
*O stosowalności równań Kedem-Katchalsky’ego i mechanistycznych równań transportowych*,  
**Konferencja naukowa XII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Biofizycznego**,  
Wrocław, 15-17 wrzesień 2004.

25. T. Kosztoowicz i A. Podhorska,  
*Transport w układzie dyfuzyjno-subdyfuzyjnym,*  
**X Krajowa Konferencja Zastosowań Matematyki w Biologii i Medycynie,**  
 Św. Krzyż, 22-25 wrzesień 2004
26. G. Suchanek,  
*Odwrócona osmoza opisana mechanistycznymi równaniami transportowymi,*  
**V Konferencja naukowa „Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska”,**  
 Ustronie, 16-19 czerwiec 2004
27. G. Suchanek,  
*O stosowalności równań Kedem-Katchalsky’ego i mechanistycznych równań transportowych,*  
**Konferencja naukowa XII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Biofizycznego,**  
 Wrocław, 15-17 września 2004
28. G. Wilk and Z. Włodarczyk,  
*Information theory point of view on stochastic networks,*  
**I Polskie Symposjum z Ekono- i Socjofizyki,**  
 Warszawa, 19-20 listopad 2004
29. M. Wysocka-Kunisz,  
*Stan wiedzy pojęciowej uczniów rozpoczynających naukę fizyki w szkole ponadgimnazjalnej, czyli sprawdź zanim zaczniesz uczyć,*  
**Ogólnopolska konferencja metodyczna Centrum Doskonalenia Nauczycieli „Edukator”,**  
 Chańcza, 1-2 kwiecień 2004
30. M. Wysocka-Kunisz,  
*Realizacja treści edukacji ekologicznej w nauczaniu fizyki wymogiem zrównoważonego rozwoju,*  
**Ogólnopolska konferencja naukowa „Edukacja środowiskowa wzmocnieniem zrównoważonego rozwoju”**  
 Warszawa ,16 czerwiec 2004.
31. M. Wysocka-Kunisz,  
*Wiedza pojęciowa uczniów rozpoczynających naukę fizyki w szkole ponadgimnazjalnej,*  
**XVI Jesienna Szkoła Problemy dydaktyki fizyki,**  
 Borowice, 8-12 listopad 2004,

## Komunikaty

1. H.F. Beyer, K. Beckert, P. Beller, D. Banaś, J. Bojowald, F. Bosch, S. Chatterjee, E. Förster, B. Franzke, A. Gumberidze, S. Hagmann, J. Hozzowska, P. Indelicato, H.-J. Kluge, Chr. Kozhuharov, D. Liesen, X. Ma, B. Manil, I. Mohos, A. Oršic-Muthigl, F. Nolden, U. Popp, D. Protic, A. Simionovici, D. Sierpowski, U. Spielmann, Z. Stachura, M. Steck, Th. Stöhlker, S. Tashenov, M. Trassinelli, A. Warczak and O. Wehrhan,  
*X-ray spectrometry on highly charged ions in a storage ring.*  
**European Conference on X-Ray Spectrometry,**  
Alghero, Italy, June 6-11, 2004
2. U Majewska, A. Kubala-Kukus, D. Banaś, J. Braziewicz and M. Pajek,  
*The TXRF experimental set-up with low ppb detection limit,*  
**European Conference on X-Ray Spectrometry,**  
Alghero, Italy, June 6-11, 2004
3. I. Fijal, M. Jaskola, A. Korman, D. Banaś, J. Braziewicz, S. Chojnacki, U. Majewska, M. Pajek, J. Semaniak, W. Kretschmer, G. Lapicki, T. Mukoyama and D. Trautmann,  
*L-Subshell Ionization of Gold and Bismuth by 8.5 - 36 MeV Si Ions,*  
**10th International Conference on Particle Induced X-Ray Emission and its Analytical Applications, PIXE 2004,**  
Ljubljana-Portorož, Slovenia, June 4-8, 2004
4. P. Verma, P.H. Mokler, A. Bräuning-Demian, H. Bräuning, M. Schöffler, F. Bosch, T. Stöhlker, S. Hagmann, D. Liesen, C. Kozhuharov, S. Toleikis, D. Banaś, S. Tachenov, A. Orsic-Muthig, U. Spillman, D. Sierpowski, Z. Stachura and M.A. Wahab  
*Vacancy transfer in inner shells of superheavy quasimolecules,*  
**8<sup>th</sup> European Conference on Atomic and Molecular Physics, ECAMP VIII,**  
Rennes, France, July 6-10, 2004
5. J. Szlachetko, R. Barrett, M. Berset, J.-Cl. Dousse, K. Fennane, J. Hozzowska, A. Kubala-Kukus, M. Pajek and M. Szlachetko,  
*Resonant x-ray Raman scattering for Al, Si and their oxides,*  
**4<sup>th</sup> Conference on Synchrotron Radiation in Materials Science,**  
Grenoble, France, August 22-25, 2004
6. M. Czarnota, D. Banaś, M. Pajek, M. Berset, J. -Cl. Dousse, Y. -P. Maillard, O. Mauron, P. A. Raboud, D. Chmielewska, Z. Sujkowski, J. Rzadkiewicz, J. Hozzowska, M. Polasik and K. Słabkowska,  
*L- and M - shell ionization probabilities for mid - Z atoms from X - ray satellites and hypersatellites excited by oxygen ions,*  
**12th International Conference on the Physics of Highly Charged Ions, HCI 2004,**  
Vilnius, Lithuania, September 6-11, 2004

7. M. Pajek, D. Banaś, J. Braziewicz, M. Czarnota, U. Majewska, J. Semaniak, I. Fijał, M. Jaskóła, A. Korman, W. Kretschmer, D. Trautmann and T. Mukoyama,  
*Coupling and binding effects in L-shell ionization of heavy atoms by oxygen, silicon and sulphur ions*,  
**12th International Conference on the Physics of Highly Charged Ions, HCI 2004**, Vilnius, Lithuania, September 6-11, 2004
  
8. 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. Oršić Muthig, D. Sierpowski, U. Spillmann, S. Tachenov, Z. Stachura and A. Warczak  
*X-ray emission studies in relativistic collisions of Li-like uranium ions with gaseous target*,  
**12th International Conference on the Physics of Highly Charged Ions, HCI 2004**, Vilnius, Lithuania, September 6-11, 2004
  
9. A. Gumberidze, Th. Stöhlker, D. Banaś, G. Bednarz, H. F. Beyer, F. Bosch, X. Cai, S. Hagmann, C. Kozhuharov, D. Liesen, X. Ma, P. H. Mokler, A. Oršić Muthig, D. Sierpowski, Z. Stachura, M. Steck, S. Tashenov, S. Toleikis, A. Warczak and Y. Zou,  
*The ground state Lamb shift in H-like uranium*,  
**12th International Conference on the Physics of Highly Charged Ions, HCI 2004**, Vilnius, Lithuania, September 6-11, 2004
  
10. I. Fijał, M. Jaskóła, A. Korman, D. Banaś, J. Braziewicz, M. Czarnota, U. Majewska, M. Pajek, J. Semaniak, W. Kretschmer, D. Trautmann and T. Mukoyama,  
*Coupling and binding effects in L-shell ionization of heavy atoms by oxygen, silicon and sulphur ions*,  
**12th International Conference on the Physics of Highly Charged Ions, HCI 2004**, Vilnius, Lithuania, September 6-11, 2004
  
11. J. Braziewicz, U. Majewska, M. Polasik, K. Słabkowska, I. Fijał, M. Jaskóła, A. Korman, S. Chojnacki and W. Kretschmer,  
*Sulphur ion charge states inside solids from low-resolution K x-ray spectra*,  
**12th International Conference on the Physics of Highly Charged Ions, HCI 2004**, Vilnius, Lithuania, September 6-11, 2004
  
12. U. Majewska, J. Braziewicz, A. Kubala-Kukuś, D. Banaś and M. Pajek,  
*From TXRF experimental set-up with low ppb detection limit to micro-XRF in medical practice*,  
**2nd International Conference on X-Ray and Neutron Capillary Optics**, Zvenigorod, Russia, September 22-26, 2004
  
13. M. Kucharzewski, J. Braziewicz and U. Majewska,  
*Iodine and selenium concentrations in thyroid cancer*,  
**2<sup>nd</sup> International FESTEM Symposium on Trace Elements and Minerals in Medicine and Biology**, Munich, Germany, May 13-15, 2004



14. M. Kucharzewski, J. Braziewicz and U. Majewska,  
*Zinc and the apoptosis in the thyroid cancer*,  
**2<sup>nd</sup> International FESTEM Symposium on Trace Elements and Minerals  
in Medicine and Biology**,  
Munich, Germany, May13-15, 2004
  
15. A. Gierat-Kucharzewska, J. Braziewicz, U. Majewska, S. Gózdź and A. Karasiński,  
*The influence of selected elements on generation of caries in permanent teeth*,  
**2<sup>nd</sup> International FESTEM Symposium on Trace Elements and Minerals  
in Medicine and Biology**,  
Munich, Germany, May 13-15, 2004
  
16. J. Bąbel, J. Braziewicz, M. Jaskóła, W. Kretschmer, M. Pajek, J. Semaniak,  
A. Scharf and T. Uhl,  
*The Radiocarbon Dating of the Neolithic Flint Mines at Krzemionki  
in Central Poland*,  
**8<sup>th</sup> European Conference on Accelerators in Applied Research and Technology**,  
Paris, France, September 20-24, 2004
  
17. J. Braziewicz, R. Dudzik, M. Jaskóła, A. Kubala-Kukuś, W. Kretschmer,  
J. Rutkowski, J. Semaniak, A. Scharf, M. Stankiewicz and T. Uhl,  
*Examinations of Wooden Sculptures from the Altar of Veit Stoss in Cracow*,  
**8<sup>th</sup> European Conference on Accelerators in Applied Research and Technology**,  
Paris, France, September 20-24, 2004
  
18. P. Kankiewicz,  
*The motion and stability of some large eccentricity Near-Earth Asteroids*,  
**IAU Colloquium 197 “Dynamics of Populations of Planetary Systems”**,  
Belgrad, Serbia, August 31 – September 4, 2004
  
19. T. Kosztołowicz,  
*From the solutions of diffusion equation to the solutions of subdiffusive one*,  
**XVII M. Smoluchowski Symposium on Statistical Physics**,  
Zakopane, September 4-9 2004
  
20. A. Okopińska,  
*Density functional as a Legendre transform*,  
**Pomeranian Quantum Chemistry and Physics Workshop**,  
Pobierów, May 20-23, 2004
  
21. A. Okopińska,  
*Density functional of interacting bosons*,  
**Time Dependent Density Functional Theory**,  
Benasque, Spain, September 6-11, 2004

22. A. Al-Khalili, E. Uggerud, R. Thomas, J. Semaniak, R. Zubarev, P.U. Andersson, A. Ehlerding, F. Hellberg, J. Vedde, W. D. Geppert, V. Zhaunerchyk, C. Adlhart, M. Kaminska, F. Oesterdahl, V. Bednarska, A. Paal, F. Kjeldsen, M. af. Ugglas and M. Larsson,  
*Dissociative Recombination Cross-Section and Branching Ratios of Protonated Dimethyl Disulfide and N-Methylacetamide,*  
**Sixth Interantional Conference on Dissociative Recombination: Theory, Experimnts and Applications,**  
Mosbach, Germany, July 12-16, 2004
23. A. Ehlerding, W. Geppert, F. Hellberg, R. Thomas, V. Zhaunerchyk, S. T. Arnold, A. Viggiano, F. Österdahl, J. Semaniak, M. Larsson,  
*Dissociative Recombination in Hydrocarbon Plasmas,*  
**Sixth Interantional Conference on Dissociative Recombination: Theory, Experimnts and Applications,**  
Mosbach, Germany, July 12-16, 2004
24. K. Dworecki, S. Wasik and M. Kudzia,  
*Experimental investigation of the subdiffusion in a membrane transport,*  
**20<sup>th</sup> General Conference Condensed Matter Division EPS,**  
Prague, Czech Republik, July 19-23, 2004
25. P. Flin, J. Krywult and M. Biernacka,  
*On the ellipticity of galaxy clusters,*  
**IAU Colloquium 195 “The outskirts of galaxy clusters”**  
Turyn, March 11-16, 2004
26. E. Panko and P. Flin,  
*Application of the Voronoi Tessellation Technique for Galaxy Cluster Search in the Muenster Red Sky Survey,*  
**IAU Colloquium 195 “The outskirts of galaxy clusters”**  
Turyn, March 11-16, 2004
27. P. Flin, W. Godłowski, M. Szydłowski,  
*Is the Universe rotating?*  
**Astrophysics and Cosmology after Gamow – Theory and Observations,**  
Odessa, Ukraine, August 8-14, 2004
28. E. Panko and P. Flin,  
*The distribution of galaxies in clusters A2333 and A3846,*  
**Astrophysics and Cosmology after Gamow – Theory and Observations,**  
Odessa, Ukraine, August 8-14, 2004
29. J. Braziewicz,  
*Analiza kosztów w diagnostyce PET*  
**PET w Polsce,**  
Warszawa, 4 grudzień 2004

30. K. Dworecki, M. Drabik, T. Hasegawa, A. Ślęzak i S. Wąsik,  
*Modyfikacja własności transportowych membran polimerowych  
metoda implantacji jonów,*  
**V Konferencja Naukowa Inżynierii Środowiska ,**  
Ustroń, 16-19 czerwca 2004
31. M.Kudzia i K.Dworecki,  
*Badania anomalnej dyfuzji w układach membranowych,*  
**XII Zjazd PTBF ,**  
Wrocław, 15-17 września 2004
32. P. Kankiewicz,  
*Stabilność orbit planetoid NEA o dużych mimośrodkach,*  
**Seminarium Mechaniki Nieba,**  
Chorzów, 23-25 czerwiec 2004

## SEMINARIA

### Seminaria w Instytucie\*

1. Mgr Maciej Rybczyński  
*Fluktuacje liczby produkowanych cząstek w zderzeniach relatywistycznych jonów*  
21 styczeń 2004
2. Prof. dr hab. Andrzej Okniński  
Politechnika Świętokrzyska  
*Fraktale i algorytmy ich generowania*  
25 luty 2004
3. Dr hab. Maciej Geller  
Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa  
*DNA wczoraj, dziś i jutro*  
5 marzec 2004
4. Mgr Andrzej Dąbrowski  
Świętokrzyskie Centrum Onkologii, Kielce  
*Kontrola geometrii napromieniania wiązkami zewnętrznymi*  
24 marzec 2004
5. Prof. dr hab. Magdalena Fikus  
Instytut Biochemii i Biofizyki PAN, Warszawa  
*Genetyczna przeszłość i przyszłość człowieka*  
31 marzec 2004
6. Prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński  
*Wybielanie plazmy kwarkowo-gluonowej*  
7 kwiecień 2004
7. Dr inż. Wiesław Byrski  
*Teoria zarządzania strategicznego a informatyka*  
14 kwiecień 2004
8. Dr hab. Andrzej Majhofer  
Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa  
*Dynamika molekularna*  
21 kwiecień 2004
9. Prof. dr hab. Adam Sobiczewski  
Instytut problemów Jądrowych, Warszawa  
*Najcięższe pierwiastki*  
5 maj 2004
10. Mgr Radosław Maj  
*Asymptotyczne formuły w mechanice kwantowej czyli o błędzie w podręcznikach*  
19 maj 2004

---

\* Afiliacja wykładowcy podana jest tylko w przypadku gości Instytutu Fizyki AŚ.

11. Prof. dr hab. Jan Holnicki-Szulc  
Instytut Podstawowych Problemów Techniki, Warszawa  
*Technologie inteligentne i ich zastosowania*  
26 maj 2004
12. Prof. dr hab. Bogdan Lesyng  
Interdyscyplinarne Centrum Modelowania  
Matematycznego i Komputerowego, Warszawa  
*Badania struktury i funkcji złożonych układów biomolekularnych  
z wykorzystaniem analizy sekwencji oraz wieloskalowych modeli fizycznych*  
2 czerwiec 2004
13. Dr Kazimierz Dworecki  
*Badanie transportu substancji w układach membranowych interferometrii laserowej* 9  
czerwiec 2004
14. Prof. dr hab. Włodzimierz Zawadzki  
Instytut Fizyki PAN, Warszawa  
*Półwzględność w półprzewodnikach*  
20 październik 2004
15. Dr Wolf Dietrich Geppert  
Department of Molecular Physics, University of Stocholm, Sztokholm  
*Dissociate Recombination of astrophysically important ions*  
27 październik 2004
16. Dr Sławomir Stachniewicz  
Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków  
*Niebarionowa ciemna materia czy modyfikacja grawitacji?*  
3 listopad 2004
17. Dr hab. Wojciech Broniowski  
Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków  
*MATHEMATICA dla każdego – od liczb pierwszych  
poprzez fizykę do nowego rodzaju nauki*  
17 listopad 2004
18. Magdalena Wałek  
*Badanie radiacyjnej rekombinacji całkowicie obdartych  
jonów uranu  $U^{92+}$  w procesie chłodzenia jonów elektronami*  
24 listopad 2004
19. Dr Tamas Csorgo  
KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics  
of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest  
*Correlations for Levy-stable sources in high-energy physics*  
8 grudzień 2004

## Seminaria poza Instytutem

1. Dr hab. Marek Gaździcki  
*Uncovering Deconfinement*  
Colloquium at Physics Department of University of Arizona Tucson, USA  
November 19, 2004
2. Dr hab. Marek Gaździcki  
*Tracing deconfinement in nucleus-nucleus collisions*  
Colloquium at University of Mainz Mainz, Germany  
May 19, 2004
3. Dr hab. Marek Gaździcki  
*Ten years in Frankfurt: Tracing deconfinement in nucleus-nucleus collisions*  
Colloquium at Physics Department of Frankfurt University, Frankfurt, Germany  
May 26, 2004
4. Dr Tadeusz Kosztołowicz  
*Zastosowania pochodnej ułamkowej do opisu dyfuzji anomalnej*  
Instytut Matematyki Akademii Świętokrzyskiej
5. Dr hab. Anna Okopińska  
*O ulepszaniu rachunku zaburzeń*  
Instytut Fizyki, Uniwersytet im. Mikołaja Kopernika, Toruń  
30 listopad 2004
6. Mgr Maciej Rybczyński  
*Multiplicity Fluctuations in Relativistic Heavy Ion Collisions*  
Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków  
27 maj 2004
7. Mgr Maciej Rybczyński  
*Multiplicity Fluctuations in High-Energy Nuclear Collisions*  
Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński  
14 grudzień 2004

## **WYJAZDY ZAGRANICZNE (niekonferencyjne)**

1. D. Banaś, GSI Darmstadt, Niemcy, 24-28 styczeń
2. D. Banaś, GSI Darmstadt, Niemcy, 24-28 maj
3. D. Banaś, GSI Darmstadt, Niemcy, 9-19 wrzesień
4. D. Banaś, GSI Darmstadt, Niemcy, 26-31 październik
5. P. Flin, Obserwatorium Astronomiczne im. Kalinenkowa Państwowego Uniwersytetu Nikołajew, Ukraina, 2-8 luty
6. P. Flin, Obserwatorium Astronomiczne im. Kalinenkowa Państwowego Uniwersytetu Nikołajew, Ukraina, 14 sierpień – 4 wrzesień
7. R. Korus, Zjazd kolaboracji NA49, Trento, Włochy, 19-25 kwiecień
8. A. Kubala-Kukuś, Institute of Physics, University Fribourg, Fribourg, Switzerland, 2-8 luty
9. A. Kubala-Kukuś, European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, France, 13-20 kwiecień
10. M. Pajek, GSI Darmstadt, Niemcy, 24-28 styczeń
11. M. Pajek, European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, France, 13-20 kwiecień
12. M. Pajek, GSI, Niemcy, 9-19 wrzesień
13. M. Pajek, GSI, Niemcy, 26-31 październik
14. M. Rybczyński, Zjazd kolaboracji NA49, Trento, Włochy, 19-25 kwiecień
15. M. Rybczyński, Zjazd kolaboracji NA49, CERN, Geneva, Switzerland, 28 listopad – 5 grudzień
16. J. Semaniak, Wydział Fizyki, Uniwersytet Sztokholmski, 18 sierpień – 5 wrzesień
17. G. Stefanek, Zjazd kolaboracji NA49, Trento, Włochy, 19-25 kwiecień
18. G. Stefanek, CERN, Geneva, Switzerland, 10-30 sierpień
19. G. Stefanek, Zjazd kolaboracji NA49, CERN, Geneva, Switzerland, 28. listopad – 5 grudzień

## **Granty realizowane w Instytucie**

### **Granty KBN**

Prof dr hab. Marek Pajek - kierownik, 1P03B 013 26

*Badanie struktury satelitarnej promieniowania rentgenowskiego serii L i M w zderzeniach jonów O i Ne z atomami*

33600 zł na lata 2004 - 2005

Dr hab. Janusz Braziewicz – kierownik, 1P03B 105 27

*Rentgenowska mikroanaliza fluorescencyjna: zastosowanie w badaniach biomedycznych*

98 250 zł na lata 2004 - 2006

Prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński - kierownik, 2P03B04123

*Fluktuacje w wysoko-energetycznych zderzeniach jądrowych*

150 000 zł na lata 2002 - 2004

Dr Ignacy Pardyka - kierownik, T11D00525

*Kompresja obrazów panoramicznych*

160 000 zł na lata 2003 – 2005

Dr Jacek Semaniak, SPUB 146/E-346/SPUB-M/5 PR UE/DZ 61/2001-2003

*Badanie reakcji z tranferem elektronu,*

87 400 zł na lata 2001-2004

### **Granty europejskie**

Dr Jacek Semaniak, HPRN-CT-2000-00142

*Electron Transfer Reactions* – EC Research Training Networks, 5 Program Ramowy UE

109 000 Euro na lata 2000 - 2004



## 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>
Biernacka Monika	<b>bmonika</b>
Bojara Artur	<b>bojara</b>
Braziewicz Ewa	<b>ebr</b>
Braziewicz Janusz	<b>braziew</b>
Czub Joanna	<b>czub</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>
Kankiewicz Paweł	<b>pawelk</b>
Kargol Marian	<b>kargol</b>
Korus Robert	<b>korus</b>
Kosztolowicz Tadeusz	<b>tkoszt</b>
Kościk Przemysław	<b>koscik</b>
Krywult Janusz	<b>krywult</b>
Kubala-Kukuś Aldona	<b>akuku</b>
Kwaśniewicz Edward	<b>edkwa</b>
Lutwin Michał	<b>lutwin</b>
Maj Radosław	<b>radmaj</b>
Majewska Urszula	<b>majewska</b>
Markowski Adam	<b>amar</b>
Pajek Marek	<b>pajek</b>
Maciej Rybczyński	<b>mryb</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:

Drabik Maciej	<b>drabik@interia.pl</b>
Florkowski Wojciech	<b>florkows@amun.ifj.edu.pl</b>
Gaździcki Marek	<b>marek@mail.cern.ch</b>
Mrówczyński Stanisław	<b>mrow@fuw.edu.pl</b>
Okopińska Anna	<b>okopin@fuw.edu.pl</b>
Pardyka Ignacy	<b>ipardyka@tlen.pl</b>
Ślusarczyk Przemysław	<b>pslusarczyk@interbit.com.pl</b>