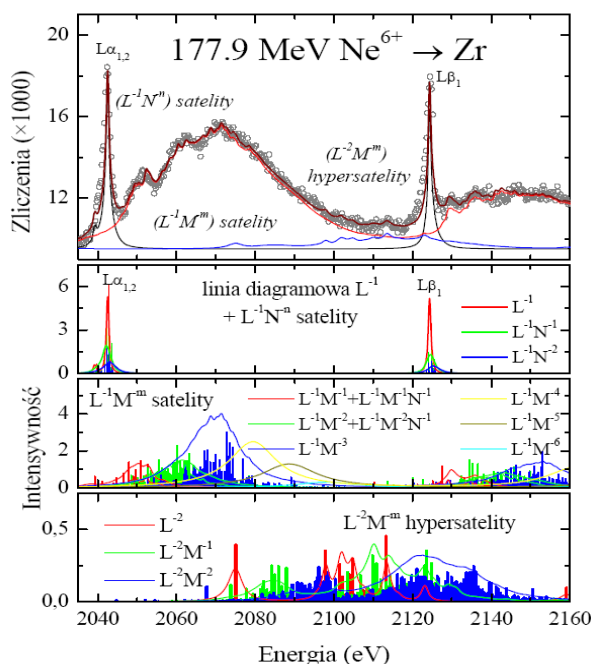


# Raport Roczny Instytutu Fizyki 2008



Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy  
Jana Kochanowskiego  
w Kielcach

<b>SPIS TREŚCI</b>	strona
<b>Rok 2008 w Instytucie Fizyki UJK</b>	<b>3</b>
<b>Struktura instytutu</b>	<b>4</b>
<b>Działalność naukowa</b>	<b>5</b>
Zakład Fizyki Atomowej	5
Zakład Fizyki Molekularnej	13
Zakład Fizyki Jądrowej	15
Zakład Astrofizyki	20
Zakład Fizyki Medycznej	25
Zakład Fizyki Teoretycznej	29
Zakład Fizyki Komputerowej	35
Zakład Informatyki	38
<b>Publikacje</b>	<b>42</b>
Artykuły w czasopismach z listy filadelfijskich	42
Artykuły w innych czasopismach	46
Monografie	47
Artykuły popularno-naukowe	47
<b>Udział w konferencjach</b>	<b>48</b>
Wykłady	48
Komunikaty	51
<b>Seminaria</b>	<b>56</b>
Seminaria w instytucie	56
Seminaria poza instytutem	57
<b>Granty realizowane w Instytucie</b>	<b>60</b>

**Instytut Fizyki**

**Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego**

**ul. Świętokrzyska 15**

**25-405 KIELCE**

**tel.: +48-41-349 64 40**

**fax: +48-41-349 64 43**

**e-mail: [ifiz@pu.kielce.pl](mailto:ifiz@pu.kielce.pl)**

**strona www: <http://www.ujk.edu.pl/ifiz>**

## Rok w Instytucie Fizyki UJK

- opublikowaliśmy 46 artykułów w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej;
- realizowaliśmy 8 grantów MNiSW;
- otrzymaliśmy znaczne wsparcie finansowe z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka na stworzenie laboratorium wykorzystujące źródło jonów EBIT (*Electron Beam Ion Trap*);
- został zatwierdzony do realizacji projekt FENIKS - trzyletni program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkołach finansowany w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki Europejskiego Funduszu Społecznego;
- 21 listopada odbyła się konferencja *Wybrane zagadnienia w popularyzacji astronomii*;
- 6-7-go grudnia miał miejsce *V Polish Workshop on Relativistic Heavy-Ion Physics - „SHIN(E)ing Physics”*;
- Wojciech Broniowski, Wojciech Florkowski, Tadeusz Kosztołowicz, Przemysław Kościk, Anna Okopińska, Maciej Rybczyński i Jacek Semaniak, otrzymali nagrody Rektora UJK;
- Aldonie Kubali-Kukuś i Dariuszowi Banasiowi przyznano Medale Komisji Edukacji Narodowej;
- oddany został do użytku budynek G Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego, gdzie wkrótce przeniesiony został Zakład Informatyki i prowadzone są zajęcia na kierunku Informatyka;
- dokonaliśmy zmian w strukturze zakładów instytutu, likwidując Zakład Biofizyki i Zakład Dydaktyki, a powołując Zakład Fizyki Komputerowej i Zakład Fizyki Molekularnej.

Na dalszych stronach tego raportu przedstawiamy organizację i strukturę instytutu (według stanu na 31 grudnia 2008 roku), tematykę prowadzonych badań z krótkim opisem osiągniętych rezultatów, spis publikacji, listę wystąpień na konferencjach i seminariach.

## STRUKTURA INSTYTUTU

### Dyrekcja

Prof. dr hab. Marek Pajek - dyrektor

Dr Artur Bojara - wicedyrektor ds. dydaktycznych

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

### Rada Instytutu

Dr D. Banaś

Dr A. Bojara

Prof. dr hab. J. Braziewicz

Prof. dr hab. W. Broniowski

Mgr M. Drabik

Prof. dr hab. inż. A. Dziech

Dr hab. P. Flin

Prof. dr hab. W. Florkowski

Dr hab. M. Gaździcki

Dr U. Majewska

Prof. dr hab. St. Mrówczyński

Dr hab. A. Okopińska

Prof. dr hab. M. Pajek

Dr inż. I. Paradyka

Dr hab. J. Semaniak

Dr hab. Z. Włodarczyk

Dr M. Wysocka-Kunisz

Prof. dr hab. M. Ziółko

### Zakłady Instytutu:

- 1) Zakład Fizyki Atomowej, kierownik – prof. dr hab. Marek Pajek
- 2) Zakład Fizyki Molekularnej, kierownik – dr hab. Jacek Semaniak
- 3) Zakład Fizyki Jądrowej, kierownik – dr hab. Zbigniew Włodarczyk
- 4) Zakład Astrofizyki, kierownik – dr hab. Piotr Flin
- 5) Zakład Fizyki Medycznej, kierownik – prof. dr hab. Janusz Braziewicz
- 6) Zakład Fizyki Teoretycznej, kierownik – prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński
- 7) Zakład Fizyki Komputerowej, kierownik – prof. dr hab. Wojciech Broniowski
- 8) Zakład Informatyki, kierownik – prof. dr hab. inż. Andrzej Dziech

**Sekretariat:** mgr Urszula Kryj-Skrzyńska i mgr Beata Ornal-Wąsik

## ZAKŁAD FIZYKI ATOMOWEJ

### Skład osobowy

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

### Tematyka badawcza

Działalność naukowa zakładu dotyczy fizyki zderzeń atomowych i zastosowań spektroskopii rentgenowskiej. Tematyka prowadzonych eksperymentów obejmuje badanie dynamiki procesu jonizacji, w tym wielokrotnej, wewnętrznych powłok atomowych, 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 akceleratorowych, głównie we współpracy z Uniwersytetem w Erlangen w Niemczech (tandem) oraz Instytutem Paula Scherrera (PSI) w Szwajcarii (cyklotron Philipsa). Drugą tematyką badawczą z zakresu zderzeń atomowych jest badanie procesów rekombinacji radiacyjnej najcięższych jonów w wysokich stanach ładunkowych, do  $U^{92+}$  włącznie. Eksperymenty rekombinacyjne są prowadzone w ramach międzynarodowej współpracy SPARC na chłodzonej elektronami wiązce jonów w pierścieniu akumulacyjnym ESR w GSI w Darmstadt. Badania dotyczące zastosowań spektroskopii rentgenowskiej w badaniach materiałów prowadzone są metodą niskokątowej fluorescencji rentgenowskiej (GEXRF) wysokiej zdolności rozdzielczej na wiązce promieniowania synchrotronowego ID21 w Europejskim Źródle Promieniowania Synchrotronowego (ESRF) w Grenoble. Badania te są prowadzone we współpracy z Departamentem Fizyki Uniwersytetu we Fribourgu w Szwajcarii.

### Zakład współpracuje z następującymi ośrodkami:

Instytut Problemów Jądrowych w Świerku  
Świętokrzyskie Centrum Onkologii w Kielcach  
Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie  
Uniwersytet w Erlangen, Niemcy  
Instytut Ciężkich Jonów (GSI), Darmstadt, Niemcy  
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

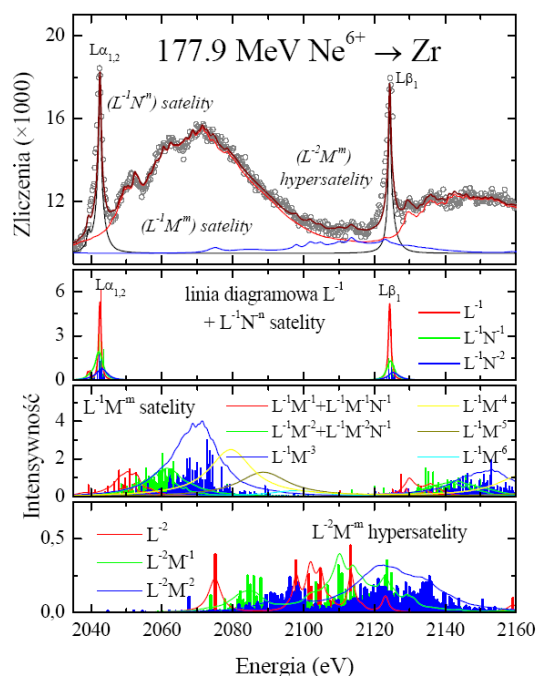
## Badanie struktury satelitarnej i hipersatelitarnej linii $L\alpha_{1,2}$ i $L\beta_1$ cyrkonu wzbudzonego jonami tlenu i neonu

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

Dzięki pomiarom widm rentgenowskich linii  $L\alpha_{1,2}$  i  $L\beta_1$  emitowanych z atomów cyrkonu wzbudzonych jonami tlenu i neonu prowadzonym z wysoką zdolnością rozdzielczą mamy możliwość szczegółowego badania konfiguracji wielodziurowych w powłokach elektronowych tych atomów. Pomiaru te są szczególnie istotne dla testowania atomowych obliczeń strukturalnych, w szczególności obliczeń wykonywanych w oparciu o wielokonfiguracyjną metodę Diraca-Focka (MCDF), która uwzględnia oddziaływanie Breita oraz poprawki wynikające z elektrodynamiki kwantowej (QED).

Omawiane pomiary zostały przeprowadzone w Instytucie Paula Scherrera w Villigen w Szwajcarii. Do wzbudzania tarcz cyrkonowych wykorzystano wiązki jonów tlenu o energii 278,6 MeV oraz neonu o energii 177,9 MeV, pochodzących ze źródła ECR i przyspieszanych do żądanych energii za pomocą cyklotronu Philipsa. Widma rentgenowskie zmierzono za pomocą spektrometru krystalicznego o wysokiej zdolności rozdzielczej, pracującego w układzie von Hamosa. Aparaturowa zdolność rozdzielcza wykorzystanego spektrometru w zakresie mierzonych energii promieniowania rentgenowskiego wynosiła około 0,3 eV, a dokładność kalibracji energetycznej mierzonych widm 0,3 eV.

Analizę otrzymanych widm oparto o strukturalne obliczenia MCDF. Obliczenia te, wykonane dla wielodziurowych konfiguracji  $L^{-1}M^{-m}N^{-n}$ , uwzględniały do czterech dodatkowych dziur w powłoce M dla struktur satelitarnych oraz dwóch dziur w powłoce M dla struktur hipersatelitarnych. Zostały one wykonane specjalnie na potrzeby omawianej analizy. W przypadku widma wzbudzonego jonami neonu rozszerzono je do sześciu dodatkowych dziur w powłoce M dla struktur satelitarnych za pomocą modelu MCDF. Wyniki tak przeprowadzonej analizy dla widma wzbudzonego jonami neonu przedstawia rysunek. W analizowanym widmie wyraźnie widoczne są struktury odpowiadające określonej liczbie dodatkowych dziur w powłokach L i M. Zmierzone intensywności tych struktur wykorzystano do wyznaczenia prawdopodobieństw wielokrotnej jonizacji powłok L i M. Wartości te dają informację o dynamice procesu wielokrotnej jonizacji badanych atomów i mogą być porównane z wartościami teoretycznymi określonymi za pomocą różnych modeli.



<sup>1</sup> Wydział Fizyki, Uniwersytet we Fribourgu, Fribourg, Szwajcaria

<sup>2</sup> Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

<sup>3</sup> Instytut Problemów Jądrowych im A. Sołtana Otwock-Świerk

# Analiza profili głębokościowych implantowanego aluminium w krzemie metodą GEXRF ze wzbudzeniem promieniowaniem synchrotronowym

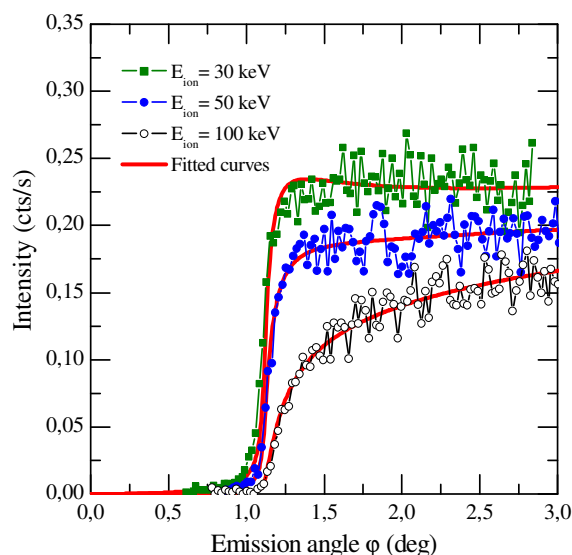
Y. Kayser<sup>1</sup>, J.-Cl. Dousse<sup>1</sup>, J. Hozowska<sup>1</sup>, W. Cao<sup>1</sup>, A. Kubala-Kukuś, D. Banaś, M. Pajek, J. Szlachetko, M. Salomé<sup>2</sup>, J. Susini<sup>2</sup>, P. Jagodzinski<sup>3</sup> i M. Kavcic<sup>4</sup>

Postęp w rozwoju mikroelektroniki wymaga stosowania czułych technik analizy śladowych domieszek materiałów półprzewodnikowych pierwiastkami lekkimi, a w szczególności analizy ich profili głębokościowych. Potencjalne możliwości zastosowania w powyższych zagadnieniach metody GEXRF (*grazing emission x-ray fluorescence*) ze wzbudzeniem promieniowaniem synchrotronowym testowano w badaniu profili głębokościowych krzemu implantowanego jonami aluminium. Profile głębokościowe otrzymuje się przez pomiar zależności intensywności emitowanej linii fluorescencyjnej Al-K $\alpha$  od kąta emisji w obszarze kąta krytycznego promieniowania Al-K $\alpha$ . Kształt profili głębokościowych jest zdeterminowany przez energię implantowanego jonu, a koncentracja jonów przez dawkę implantacji.

Badane próbki krzemu implantowane były jonami aluminium o energii odpowiednio 30, 50 oraz 100 keV oraz dawce  $10^{16}$  jonów/cm<sup>2</sup>. Pomiary przeprowadzono w ESRF w Grenoble, na wiązce ID21. Widma rejestrowano przy pomocy spektrometru krystalicznego von Hamosa o wysokiej zdolności rozdzielczej ( $\sim$ eV). Zmierzone zależności kątowe intensywności linii fluorescencyjnej Al-K $\alpha$  wzbudzonej promieniowaniem synchrotronowym o energii 1570 eV (rysunek) porównano z przewidywaniami teoretycznymi.

Teoretyczne zależności kątowe obliczono przy założeniu profili implantowanych jonów, obliczonych przy wykorzystaniu symulacji TRIM (TRansport of Ions in Matter). W przypadku badanych energii implantacji jonów aluminium, profile jonów modelowane są przez rozkład Gaussa. Symulując rozkład jonów aluminium możliwe jest obliczenie oczekiwanej w pomiarach metodą GEXRF zależności kątowej. Dopasowane zależności teoretyczne dobrze opisują otrzymane wyniki eksperymentalne. Pomiar zależności kątowych umożliwia zatem odtworzenie rozkładu jonów w implantowanym materiale.

Otrzymane rezultaty prezentują nowe możliwości zastosowania metody GEXRF do badania rozkładów domieszek w materiałach półprzewodnikowych.



Zmierzone zależności kątowe intensywności linii fluorescencyjnej Al-K $\alpha$  wzbudzonej promieniowaniem synchrotronowym o energii 1570 eV w krzemie implantowanym jonami aluminium dla różnych energii jonów.

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

<sup>2</sup> European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), Grenoble, France

<sup>3</sup> Politechnika Świętokrzyska, Kielce

<sup>4</sup> J. Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia

# Zastosowanie rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej dla małych kątów emisji (GEXRF) do określania śladowych zanieczyszczeń pierwiastkowych w materiałach półprzewodnikowych

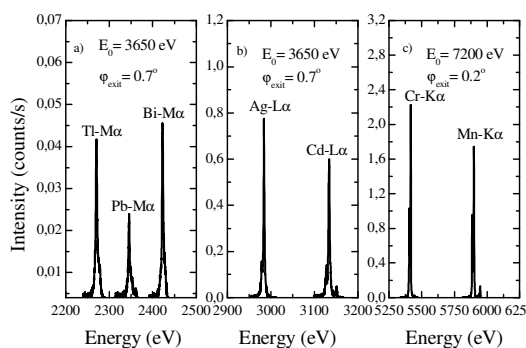
*J. Szlachetko, D. Banaś, A. Kubala-Kukuś, M. Pajek, W. Cao<sup>1</sup>, J.-Cl. Dousse<sup>1</sup>, J. Hozzowska<sup>1</sup>, Y. Kayser<sup>1</sup>, M. Szlachetko<sup>1</sup>, M. Salomé<sup>2</sup>, J. Susini<sup>2</sup> i M. Kavčič<sup>3</sup>*

Rozwój przemysłu półprzewodnikowego wymaga stosowania technik kontroli śladowych zanieczyszczeń materiałów półprzewodnikowych z granicą wykrywalności poniżej  $10^{10}$  atomów/cm<sup>2</sup>. W prowadzonych dotychczas badaniach wykorzystano rentgenowską analizę fluorescencyjną dla małych kątów emisji (GEXRF) na wiązce promieniowania synchrotronowego do pomiaru zanieczyszczeń Al w krzemie. W eksperymencie przeprowadzonym w European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) w Grenoble, dla optymalnej energii promieniowania synchrotronowego 1570 eV, uzyskano próg wykrywalności Al w krzemie na poziomie  $10^{12}$  atomów/cm<sup>2</sup>, co przy zastosowaniu dodatkowych metod chemicznych (VPD) odpowiada wykrywalności  $10^7$  atomów/cm<sup>2</sup>.

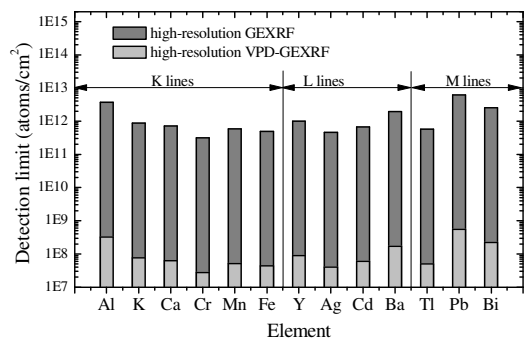
W celu wyznaczenia progu wykrywalności metody GEXRF dla innych pierwiastków analizowano serię K $\alpha$ , L $\alpha$  and M $\alpha$  promieniowania fluorescencyjnego różnych pierwiastków w zakresie energii od 2 keV do 7 keV. W eksperymencie przeprowadzonym w ESRF, zastosowano promieniowanie synchrotronowe o energii 3.65 keV do wzbudzenia linii Y, Tl, Pb, Bi, Ag, Cd, K oraz 7.2 keV dla Ca, Ba, Ti, Cr, Mn, Fe. Widma promieniowania (Rys. 1) rejestrowano dla kątów emisji  $0.7^\circ$  i  $0.2^\circ$ , przy pomocy spektrometru krystalicznego von Hamosa o wysokiej zdolności rozdzielczej ( $\sim$ eV).

W oparciu o zarejestrowane widma wyznaczono granicę wykrywalności analizowanych pierwiastków (Rys. 2), która dla bezpośrednich pomiarów metodą GEXRF jest rzędu  $10^{12}$  atomów/cm<sup>2</sup>. Otrzymana wartość jest porównywalna, a w przypadku niektórych pierwiastków nawet mniejsza, niż w metodzie TXRF, standardowo używanej w kontroli zanieczyszczeń materiałów półprzewodnikowych.

Łącząc technikę GEXRF z dodatkowymi metodami chemicznymi (VPD) możliwe jest uzyskanie wykrywalności pierwiastków na poziomie  $10^7$  atomów/cm<sup>2</sup>.



Rys. 1 Widma promieniowania fluorescencyjnego serii K $\alpha$ , L $\alpha$ , M $\alpha$  różnych pierwiastków wzbudzone metodzie GEXRF z wysoką zdolnością rozdzielczą.



Rys. 2 Granica wykrywalności różnych pierwiastków dla metody GEXRF i VPD-GEXRF.

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

<sup>2</sup> European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), Grenoble, France

<sup>3</sup> J. Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia



# Wykorzystanie metody GEXRF ze wzbudzeniem promieniowaniem synchrotronowym do badania nanostruktury cienkich warstw powierzchniowych

A. Kubala-Kukuś, D. Banaś, W. Cao<sup>1</sup>, J.-Cl. Dousse<sup>1</sup>, J. Hoszowska<sup>1</sup>, Y. Kayser<sup>1</sup>,  
M. Pajek, J. Szlachetko, M. Szlachetko<sup>1</sup>, M. Salomé<sup>2</sup> i J. Susin<sup>2</sup>

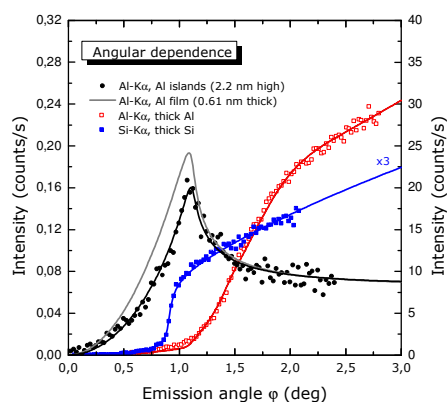
Metoda GEXRF jest techniką badawczą, w której emitowane z próbki promieniowanie fluorescencyjne rejestrowane jest pod małym kątem ( $\varphi < \varphi_c$ ) względem powierzchni, mniejszym od kąta krytycznego  $\varphi_c$ , będącego poniżej  $1^\circ$ . Szczególna geometria metody GEXRF skutkuje wzrostem intensywności promieniowania charakterystycznego emitowanego przez atomy cienkich (rzędu nm) warstw powierzchniowych, przy jednoczesnej redukcji tego promieniowania emitowanego przez atomy podłoża.

Przeprowadzone w European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) w Grenoble eksperymenty pokazały, że zastosowanie metody GEXRF w połączeniu ze wzbudzeniem promieniowaniem synchrotronowym i detekcją promieniowania fluorescencyjnego przy pomocy spektrometru krystalicznego von Hamosa o wysokiej zdolności rozdzielczej ( $\sim eV$ ), daje wiele możliwości badania struktur cienkich warstw powierzchniowych. Technika GEXRF może być stosowana przy określaniu śladowych koncentracji zanieczyszczeń powierzchniowych, ich rozkładów głębokościowych i powierzchniowych, w skali odpowiednio, nano- i mikrometrów.

Informację o warstwie powierzchniowej badanego materiału otrzymuje się z eksperymentalnie wyznaczonej zależności intensywności emitowanego promieniowania fluorescencyjnego od kąta emisji. Kształt tej zależności zmienia się wraz z grubością warstwy powierzchniowej (rysunek). W przeprowadzonych eksperymentach określano zależności kątowe dla różnych struktur powierzchniowych (np. gruba warstwa Al, gruba warstwa Si, cienka warstwa Al napyłona na Si). Krzywe eksperymentalne dopasowano następnie krzywymi teoretycznymi.

W przypadku cienkiej warstwy Al na Si zależność eksperymentalna jest dobrze opisywana przez obliczenia teoretyczne, zwłaszcza poniżej kąta krytycznego, przy założeniu, że napyłona warstwa Al nie jest warstwą jednorodną lecz ma strukturę wyspową o wysokości wysp w diskutowanym przypadku 2.2 nm. Formowanie się wysp podczas tworzenia się cienkich warstw, w szczególności Al na Si, jest znanym procesem Volmer-Webera.

Otrzymane rezultaty demonstrują czułość metody GEXRF na morfologię nanostruktur powierzchniowych, co stanowi o potencjalnych możliwościach wykorzystania promieniowania synchrotronowego w badaniu nanostruktury cienkich warstw powierzchniowych.



Zależności kątowe intensywności linii fluorescencyjnej: i) Al-K $\alpha$  wzbudzonej promieniowaniem synchrotronowym o energii 1570 eV dla cienkiej warstwy Al na krzemie i grubej warstwy Al, oraz ii) Si-K $\alpha$  wzbudzonej promieniowaniem o energii 2000 eV. Dla cienkiej warstwy Al na Si, krzywe ciągłe są obliczeniami teoretycznymi dla jednorodnej warstwy Al o grubości 0.61 nm oraz dla warstwy Al o strukturze wyspowej z wysokością wysp 2.2 nm.

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

<sup>2</sup> European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), Grenoble, France

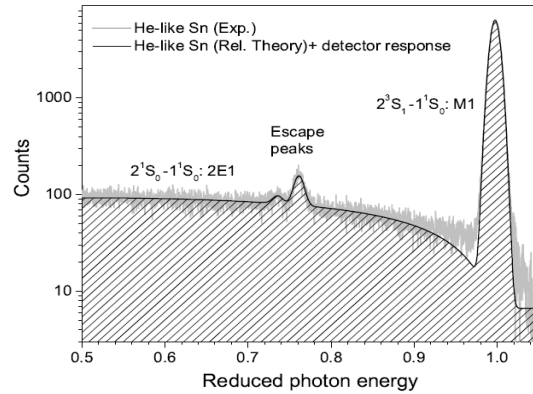
## Rozkład energii dwufotonowego przejścia $2^1S_0 \rightarrow 1^1S_0$ w helopodobnej cynie.

S. Trotsenko<sup>1</sup>, A. Kumar<sup>1</sup>, A. Gumberidze<sup>1</sup>, S. Hagmann<sup>1</sup>, S. Hess<sup>1</sup>, C. Kozhuharov<sup>1</sup>,  
R. Reuschl<sup>1</sup>, U. Spillmann<sup>1</sup>, M. Trassinelli<sup>1</sup>, G. Weber<sup>1</sup>, Th. Stöhlker<sup>1</sup>, D. Banaś,  
P. Jagodziński, A. Volotka<sup>2</sup> et al.

Dominującym mechanizmem rozpadu stanu  $2^1S_0$  w He-podobnych jonach jest emisja dwóch fotonów wskutek przejścia  $2E1$  ( $2^1S_0 \rightarrow 1^1S_0$ ). Suma energii tych fotonów jest zawsze równa różnicy energii pomiędzy stanem początkowym i końcowym elektronu biorącego udział w przejściu, przy czym każdy z fotonów jest emitowany z ciągłym rozkładem energii, którego maksimum znajduje się w połowie energii przejścia. Kształt tych rozkładów jest silnie modyfikowany przez oddziaływanie elektron-elektron dla niskich  $Z$  i efekty relatywistyczne dla wysokich  $Z$  [2]. Jak dotąd żaden z przeprowadzonych eksperymentów badających rozkłady dwufotonowe poprzez pomiar koincydencji między dwoma emitowanymi fotonami nie osiągnął poziomu dokładności wystarczającego do weryfikacji zaawansowanych, relatywistycznych obliczeń teoretycznych.

Niedawno zaproponowano nową technikę produkcji dużej liczby wzbudzonych do stanu  $2^1S_0$  He-podobnych jonów poprzez selektywną jonizację powłoki K jonów Li-podobnych w zderzeniach z lekką tarczą gazową (np.  $N_2$ ). W metodzie tej do rejestracji fotonów emitowanych w przejściu dwufotonowym wykorzystuje się jeden detektor promieniowania rentgenowskiego a pomiar odbywa się w koincydencji z jonami które straciły w oddziaływaniu z tarczą jeden elektron [3,4].

Pierwszy eksperyment w którym intensywność zmierzonego rozkładu energii fotonów okazała się być wystarczająca do testu przewidywań teoretycznych został przeprowadzony w GSI w Darmstadt dla He-podobnych jonów cyny. W eksperymencie zderzano 300 MeV/u Li-podobne jony cyny z gazową tarczą azotową. Przykładowe widmo pokazano na rysunku. Do analizy danych eksperymentalnych wybrano region między 0.8 i 0.9 zredukowanej energii fotonu ( $\hbar\omega_1/(\hbar\omega_1+\hbar\omega_2)$ ) w którym oddziaływanie elektron-elektron i efekty relatywistyczne mają największy wpływ na obserwowany rozkład. Zmierzone rozkłady energii dwufotonowego przejścia  $2^1S_0 \rightarrow 1^1S_0$  w He-podobnej cynie okazały się być zgodne z przewidywaniami teoretycznymi.



Porównanie zmierzonego rozkładu energii dwufotonowego przejścia  $2^1S_0 \rightarrow 1^1S_0$  w He-podobnej cynie z obliczeniami relatywistycznymi (razem z przejściem M1 i uwzględnieniem wyznaczonej z pomocą pakietu EGS4 odpowiedzi detektora)

- [1] S. Trotsenko, przesłane do Phys. Rev. Lett.
- [2] A. Deraviano and W. R. Johnson, Phys. Rev. A **56**, 1288 (1997)
- [3] D. Banaś et al. Nucl. Instrum. and Methods B **235**, 326 (2005)
- [4] J. Rzakiewicz et al. Phys. Rev. A **74**, 012511 (2006)

<sup>1</sup> Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany

<sup>2</sup> Physikalisches Institut der Universität Heidelberg, Germany

<sup>3</sup> Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Dresden, Germany

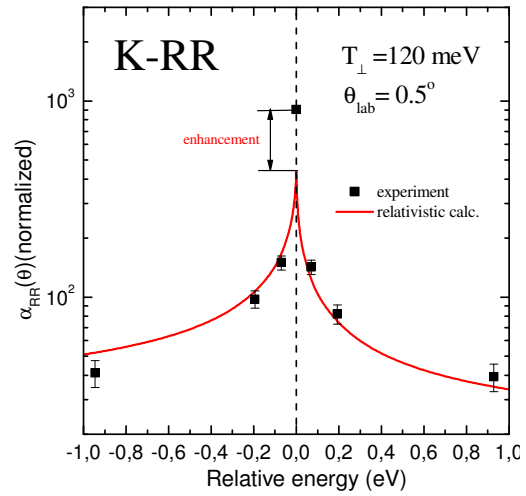
# Obserwacja efektu wzmocnienia w radiacyjnej rekombinacji elektronów swobodnych do powłoki K jonów uranu $U^{92+}$

*D. Banaś, M. Czarnota, M. Pajek, J. Szlachetko, C. Brandau<sup>1</sup>, A. Gumberidze<sup>1</sup>,  
C. Kozhuharov<sup>1</sup>, U. Spillmann<sup>1</sup>, A. Surzhykov<sup>1,2</sup>, R. Reusch<sup>1</sup>, S. Tachenow<sup>1</sup>, S. Trotsenko<sup>1</sup>,  
Th. Stöhlker<sup>1,2</sup>, D. Sierpowski<sup>3</sup>, A. Warczak<sup>3</sup> et al.*

W przeprowadzonym eksperymencie rekombinacyjnym w kompleksie akceleratorowym SIS-ESR w GSI w Darmstadt zmierzono współczynnik radiacyjnej rekombinacji jonów  $U^{92+}$  z elektronami swobodnymi poprzez obserwację emitowanego w tym procesie promieniowania rentgenowskiego. Uzyskane dane eksperymentalne [1,2] zostały porównane z przewidywaniami nierelatywistycznego przybliżenia dipolowego w granicy niskiej energii [3] oraz pełnymi obliczeniami relatywistycznymi [4]. W nierelatywistycznym przybliżeniu dipolowym różniczkowy przekrój czynny na rekombinację do powłoki K jest opisany przez dobrze znaną zależność  $d\sigma_{K-RR}/d\Omega = \sigma_{1s} \sin^2\vartheta$ , która jest symetryczna względem kąta  $\vartheta=90^\circ$  pomiędzy kierunkiem nadlatującego elektronu (w układzie pocisku) a emitowanym fotonem, powodując że różniczkowy współczynnik rekombinacji jest symetryczny w stosunku do energii względnej  $E_{rel} = 0$  eV.

W przeprowadzonym eksperymencie zaobserwowano jednak wyraźną asymetrię różniczkowego współczynnika rekombinacji względem  $E_{rel} = 0$  eV (patrz rys.). Istnienie tej asymetrii wyjaśniono w oparciu o pełne relatywistyczne obliczenia jako wynik niedipolowych elektrycznych i magnetycznych efektów w oddziaływaniu elektron-foton, które nie są uwzględnione w nierelatywistycznym przybliżeniu dipolowym. W konsekwencji zmierzony współczynnik rekombinacji nie jest symetryczny względem zerowej energii względnej.

Na rysunku widzimy, że uzyskane wyniki eksperymentalne są bardzo dobrze opisywane przez obliczenia relatywistyczne w zakresie energii względnych różnych od zera. Natomiast dla zerowej energii względnej pojawiają się istotne rozbieżności między przewidywaniami teoretycznymi a wynikami eksperymentu, które jednoznacznie potwierdzają istnienie efektu wzmocnienia w procesie radiacyjnej rekombinacji jonów  $U^{92+}$  z elektronami swobodnymi.



Współczynnik rekombinacji do powłoki K w funkcji energii względnej. Na wykresie porównano rezultaty eksperymentu z przewidywaniami modelu relatywistycznego dla temperatury poprzecznej wiązki elektronów równej  $kT_{\perp}=120\text{meV}$ .

- [1] M. Pajek et al., Proc. of ICPEAC (World Scientific Publishing, Singapore, 2006), p. 289  
 [2] D. Banaś et al., Eur. Phys. J. ST, przyjęte do druku  
 [3] M. Pajek and R. Schuch, Phys. Rev. **A 45**, 7894 (1992)  
 [4] A. Surzhykov et al., Comput. Phys. Com. **165**, 139 (2005)

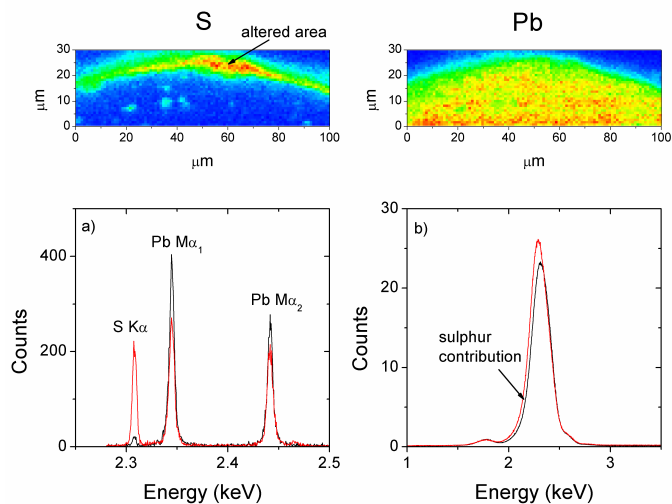
<sup>1</sup> Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany  
<sup>2</sup> Physikalisches Institut der Universität Heidelberg, Germany  
<sup>3</sup> Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński

# Budowa spektrometru krystalicznego przeznaczonego do rentgenowskiej mikroanalizy fluorescencyjnej na linii ID21 promieniowania synchrotronowego w ESRF

*J. Szlachetko<sup>1,2</sup>, M. Cotte<sup>2,3</sup>, J. Morse<sup>2</sup>, M. Salomé<sup>2</sup>, P. Jagodziński<sup>4</sup>, J.-Cl. Dousse<sup>5</sup>, J. Hoszowska<sup>5</sup>, Y. Kayser<sup>5</sup> i J. Susini<sup>2</sup>*

Linia eksperymentalna ID21 w Europejskim Centrum Promieniowania Synchrotronowego (ESRF) w Grenoble, Francja, przeznaczona jest do mikroskopii i mikroanalizy w zakresie energii promieniowania rentgenowskiego od 1 keV do 7 keV. Stosowane techniki eksperymentalne, takie jak analiza mikro-fluorescencyjna ( $\mu$ -XRF) oraz absorpcyjna (XANES), znajdują zastosowanie w zastosowaniach geologicznych, archeologicznych oraz biologicznych. Obecnie, głównym kierunkiem rozwoju techniki mikro-fluorescencyjnej jest obniżenie poziomu wykrywalności metody, które pozwoli na pomiary śladowych ilości pierwiastków. W tym celu, skonstruowany i wybudowany został dyfrakcyjny spektrometr krystaliczny przeznaczony do rejestracji z wysoką zdolnością rozdzielczą charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego.

Spektrometr krystaliczny, który został zintegrowany z Mikroskopem Rentgenowskim ID21, składa się z dwóch głównych elementów: stołu z uchwytem polikapilary oraz goniometru. Promieniowanie fluorescencyjne emitowane z analizowanej próbki, ogniskowane jest przy wykorzystaniu polikapilary i kierowane na płaski kryształ. Fotony odbite dyfrakcyjnie na kryształach rejestrowane są przez detektor gazowy. Spektrometr wyposażony jest w cztery kryształy (TIAP(001), ADP(101), Si(111), Ge(220)) umożliwiające pomiar promieniowania fluorescencyjnego w zakresie od 0.5 keV do 7.5 keV. Energetyczna zdolność rozdzielcza spektrometru jest w zakresie od 10 eV do 30 eV, natomiast wyznaczony poziom wykrywalności jest rzędu 10-20 ppm. Spektrometr będzie wykorzystywany w badaniach próbek medycznych, biologicznych, archeologicznych oraz dzieł sztuki (Rys.)



Górny panel: Obraz 2D sygnału fluorescencyjnego dla S i Pb w przekroju poprzecznym obrazu (*Bateaux de Pêche*, J. A. Noel (1867), Musée de Picardie, Amiens, France) zawierającym zdegradowany obszar. Dolny panel: a) widmo fluorescencyjne uzyskane z wykorzystaniem spektrometru krystalicznego, b) widmo fluorescencyjne uzyskane z wykorzystaniem detektora półprzewodnikowego.

<sup>1</sup> Instytut Fizyki UJK

<sup>2</sup> European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), Grenoble, France

<sup>3</sup> Centre of Research and Restoration of French Museums, Paris, France

<sup>4</sup> Politechnika Świętokrzyska, Kielce

<sup>5</sup> Department of Physics, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland

## **ZAKŁAD FIZYKI MOLEKULARNEJ**

### **Skład osobowy**

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

### **Tematyka badawcza**

Zakład zajmuje się problematyką dotyczącą 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.

W zakładzie prowadzone są także prace dotyczące 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.

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

Zestawy do demonstracji podstawowych zjawisk fizycznych.

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

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

# Rekombinacja dysocjatywna jonów molekularnych o znaczeniu astrofizycznym

Jacek Semaniak i Magdalena Kamińska

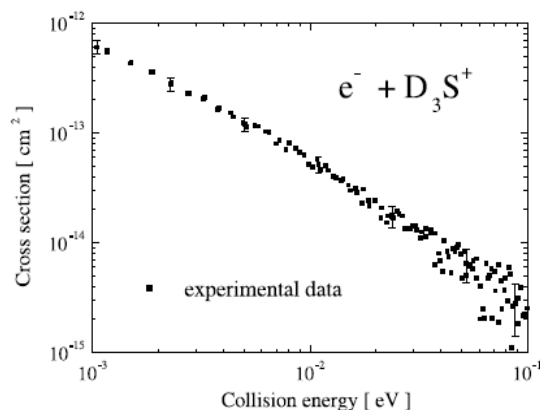
Przekroje czynne oraz prawdopodobieństwa rozgałęzień w rekombinacji dysocjatywnej jonów  $D_3S^+$ [1],  $C_4D_2^+$ [2] oraz  $CD_3CND^+$ [3] zostały zmierzone przy użyciu pierścienia akumulacyjnego CRYRING w Sztokholmie.

Rekombinacja dysocjatywna jonu  $H_3S^+$  prowadzi do powstania międzygwiazdowego siarkowodoru  $H_2S$ , który jest obserwowany w wielu ciemnych (np. TMC-1) i dyfuzyjnych obłokach międzygwiazdowych, warkoczach komet i atmosferze Jowisza [1]. Eksperymentalnie zmierzony przekrój czynny na rekombinację dysocjatywną jonu  $D_3S^+$  dla energii zderzenia 1-100 meV jest przedstawiony na rysunku. Zależność energetyczna przekroju czynnego w tym zakresie wyniosła  $\sigma(E)=1,3\times 10^{-16}E^{-1,36}cm^2$ . Wartość współczynnika rekombinacji w temperaturze 300K została ustalona na  $2,8\times 10^{-7}cm^3s^{-1}$ . Dominującym kanałem rozpadu jest  $DS+2D$  (58%), prawdopodobieństwa rozgałęzień dla pozostałych kanałów  $D_2S+D$ ,  $DS+D_2$  i  $S+D_2+D$  wyniosły odpowiednio: 17%, 15% i 10%.

Otrzymane wyniki zostały zastosowane w modelowaniu ciemnych obłoków międzygwiazdowych do obliczenia koncentracji molekuł  $H_2S$  w obłoku molekularnym TMC-1. W ośrodkach międzygwiazdowych diacetylen  $HC_4H$  bierze udział w syntezie wieloatomowych węglowodorów. Został zaobserwowany w mgławicach CRL 618 i CRL 2688, w atmosferach Jowisza, Urana, Saturna oraz Tytana [2]. Jonizacja diacetyleny promieniowaniem kosmicznym lub Słonecznym prowadzi do powstania jonu  $C_4H_2^+$ , który prawdopodobnie bierze udział w syntezie benzenu w ciemnych obłokach międzygwiazdowych.

W eksperymencie zmierzono przekrój czynny na rekombinację dysocjatywną dla jonów  $C_4D_2^+$   $\sigma(E)=7,5\times 10^{-16}E^{-1,29}cm^2$  dla energii zderzenia 1-100 meV. Współczynnik rekombinacji wyniósł  $\alpha(T)=1,1\times 10^{-6}cm^3s^{-1}$  dla temperatury 300K. Wykazano, że w przypadku jonów  $C_4D_2^+$  rekombinacja dysocjatywna prowadzi do powstania tylko dwóch kanałów rozpadu:  $C_4D+D$  (75%) oraz  $C_2D+C_2D$  (25%). Acetonitril  $CH_3CN$  został zaobserwowany w wielu pozaziemskich ośrodkach [3]. Nityle są ważnymi związkami, ponieważ pośredniczą w syntezie aminokwasów w cyklu Streckera. Uważa się także, że nityle mogą być źródłem aminokwasów w meteorytach.

Zmierzono przekrój czynny dla jonów  $CD_3CND^+$ , znajdując zależność energetyczną przekroju czynnego  $\sigma(E)=7.37\times 10^{-16}E^{-1,23}cm^2$  zakresie 1-100meV oraz  $\sigma(E)=4.12\times 10^{-16}E^{-1,46}cm^2$  w zakresie 0,1-1 eV. Współczynnik rekombinacji wyniósł  $\alpha(T)=8.13\times 10^{-7}cm^3s^{-1}$  dla temperatury 300K. W 65% przypadków nie zaobserwowano zrywania wiązań pomiędzy ciężkimi atomami. W pozostałych 35% przypadków jedno z powyższych wiązań zostało zerwane.



- [1] M. Kamińska et al., *Astrophys. J.* **681**, 1717 (2008)
- [2] M. Danielsson et al., *Int. J. Mass Spectr.* **273**, 111 (2008)
- [3] E. Vigren et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.* **10**, 4014 (2008)

## **ZAKŁAD FIZYKI JĄDROWEJ**

### **Skład osobowy**

Dr hab. Zbigniew Włodarczyk – kierownik zakładu,  
dr hab. Marek Gaździcki, dr Maciej Rybczyński, dr Peter Seyboth,  
dr Grzegorz Stefanek, dr Agnieszka Wojtaszek

### **Tematyka badawcza**

Działalność naukowa zakładu dotyczy (1) zderzeń jąder atomowych przy wysokich energiach oraz (2) fenomenologicznego opisu fluktuacji i korelacji w procesach produkcji wielorodnej.

- 1) Badania wiążą się z udziałem w eksperymentach NA49 i NA61 wykonywanych przy akceleratorze SPS w Europejskim Centrum Badań Jądrowych (CERN) w Genewie. Celem badań jest poznanie własności ekstremalnie gęstej i gorącej materii powstającej w wyniku zderzeń jąder atomowych. Chodzi tu w szczególności o tzw. plazmę kwarkowo-gluonową. Wiele uwagi poświęca się nierównowagowym aspektom zderzenia, opisowi zjawisk kolektywnych, fluktuacji i korelacji.
- 2) Celem prowadzonych badań jest znalezienie modeli opisujących fluktuacje i korelacje w procesach produkcji wielorodnej. Badania koncentrują się na próbach znalezienia opisu danych eksperymentalnych. Ważnym kierunkiem badań są zastosowania nieekstensywnej statystyki (statystyki z fluktuującym parametrem skalowania) do opisu procesów stochastycznych.

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

Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, Warszawa  
Instytut Fizyki Jądrowej PAN im. H. Niewodniczańskiego, Kraków  
Europejskie Centrum Badań Jądrowych (CERN), Genewa, Szwajcaria  
Instytut Fizyki Jądrowej Uniwersytetu im J. Goethego, Frankfurt nad Menem, Niemcy

# Produkcja hadronów w zderzeniach jądrowych przy CERN SPS - eksperyment NA61

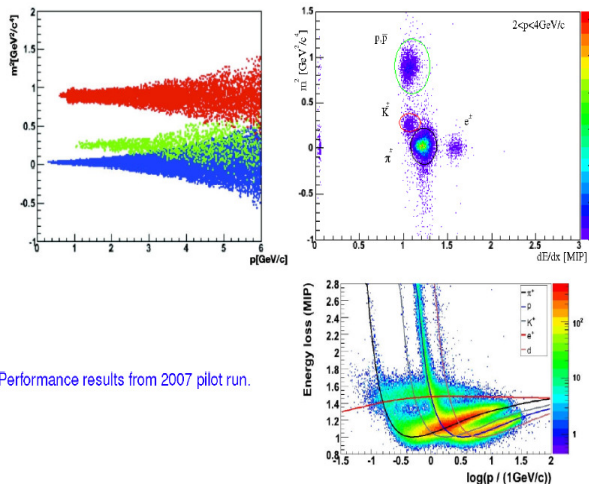
*M. Gaździcki, St. Mrówczyński, M. Rybczyński, P. Seyboth, G. Stefanek,  
Z. Włodarczyk, A. Wojtaszek i kolaboracja NA61*

Eksperyment NA61 jest sukcesorem prowadzonego w CERN od lat 90-tych eksperymentu NA49. Układ eksperymentalny jest oparty na detektorze NA49 ze znacznymi jednak modyfikacjami. Do najważniejszych należą wprowadzenie dodatkowego detektora TOF, pokrywającego obszar wokół kierunku wiązki akceleratora SPS, oraz użycie detektora PSD (*Projectile Spectator Detektor*), który zastąpi dotychczasowy kalorymetr mierzący fragmenty pocisku i cząstki lecące pod małymi kątami. Zmianie uległa również elektronika detektora, dzięki czemu uzyskano kilkakrotnie większą wydajność rejestracji przypadków. Nowy detektor TOF został zbudowany i wykorzystany podczas zbierania danych w roku 2007. Elektronikę odczytu i system akwizycji danych zmieniono i przetestowano podczas *run-u* w roku 2008. W latach 2007 i 2008 przetestowano także na wiązce moduły kalorymetru PSD.

Badania, które będą prowadzone w ramach NA61, mają trzy naukowe cele:

- I. poszukiwanie punktu krytycznego materii podlegającej oddziaływaniom silnym oraz badanie własności produkcji hadronów przy progu na powstawanie plazmy kwarkowo-gluonowej w oddziaływaniach relatywistycznych jonów;
- II. uzyskanie precyzyjnych danych dotyczących zderzeń protonów z protonami i protonów z jądrami atomowymi, które stanowią będą punkt odniesienia dla mierzonych zderzeń jądro-jądro;
- III. uzyskanie precyzyjnych danych dotyczących zderzeń hadronów z jądrami atomowymi niezbędnych do modelowania procesów, w których produkowane są neutrino, oraz opisu oddziaływań promieni kosmicznych w atmosferze ziemskiej.

W roku 2007 zebrano około 1 mln przypadków zderzeń p-C przy energii 30 GeV z tarczą cienką  $L = 2\text{cm}$  i grubą  $L = 90\text{cm}$ . Jednocześnie prowadzono prace związane z przygotowaniem struktur nowej kolaboracji.



Performance results from 2007 pilot run.

Zdolność detektora NA61 do identyfikacji cząstek

odpowiedzialnego za zjawisko mieszania się neutrino różnych typów. We wszystkich pracach prowadzonych w roku 2007 bardzo intensywnie uczestniczyła grupa z UJK.



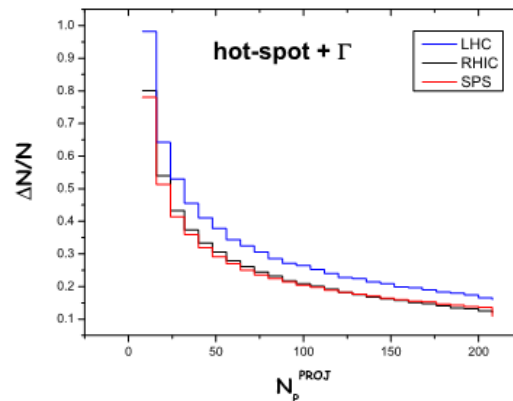
# Przewidywania modeli typu glauberowskiego dla energii LHC

M. Rybczyński, W. Broniowski<sup>1</sup> i P. Bożek<sup>2</sup>

W ujęciu glauberowskim opisano początkową fazę ultra-relatywistycznych zderzeń ciężkich jonów [1]. Przetestowano wiele modeli typu glauberowskiego, w tym: standardowy model zranionych nukleonów, model zawierający domieszkę zderzeń binarnych do zranionych nukleonów, model z hot-spotami i wersje modelu z hot-spotami, w którym deponowanie energii między wyprodukowane cząstki zachodzi z pewnymi rozkładami prawdopodobieństwa (np. rozkładem Gamma).

W ramach wymienionych modeli wyznaczono kilka miar korelacji w zderzeniach jąder atomowych przy energiach SPS, RHIC oraz LHC [2]. Przeanalizowano fluktuacje ekscentryczności fire-balla wytworzonego w zderzeniu, w szczególności momenty harmoniczne  $\varepsilon^*$ , jak również fluktuacje krotności cząstek naładowanych.

Na rysunku porównano zależność od centralności modelowych fluktuacji krotności dla energii SPS, RHIC i LHC. Jako miary fluktuacji krotności użyto skalowanego standardowego odchylenia  $\Delta N/N$  rozkładu krotności. Fluktuacje krotności przy energiach SPS i RHIC są zbliżone do siebie, jednakże zaobserwowano około 20% wzrost fluktuacji krotności dla energii LHC. Efekt ten można wytłumaczyć wzrostem wartości nieelastycznego przekroju czynnego przy energii LHC. To wytłumaczenie może być traktowane jedynie jako jakościowe, gdyż wiadomo [1], że modele glauberowskie nie opisują dokładnie fluktuacji krotności zmierzonych przy SPS, pozostawiając miejsce dla czysto dynamicznych efektów [3]. Takie efekty powinny być wprowadzone w celu zrozumienia niemonotonicznej zależności skalowanej wariancji rozkładu liczby wyprodukowanych cząstek od centralności zderzenia.



Skalowane standardowe odchylenie rozkładu krotności ujemnie naładowanych hadronów narysowane jako funkcja liczby nukleonów-uczestników z pocisku dla energii SPS, RHIC i LHC. Wszystkie rezultaty dotyczą glauberowskiego modelu hot-spot (z rozkładem gamma) [2].

- [1] W. Broniowski, P. Bożek and M. Rybczyński, Phys. Rev. C **76**, 054905 (2007)
- [2] M. Rybczyński, W. Broniowski, P. Bożek, Acta Phys. Polon. B **39**, 1725 (2008)
- [3] M. Rybczyński, Z. Włodarczyk, J. Phys. Conf. Ser. **5**, 238 (2005)

<sup>1</sup> również Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków

<sup>2</sup> Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków

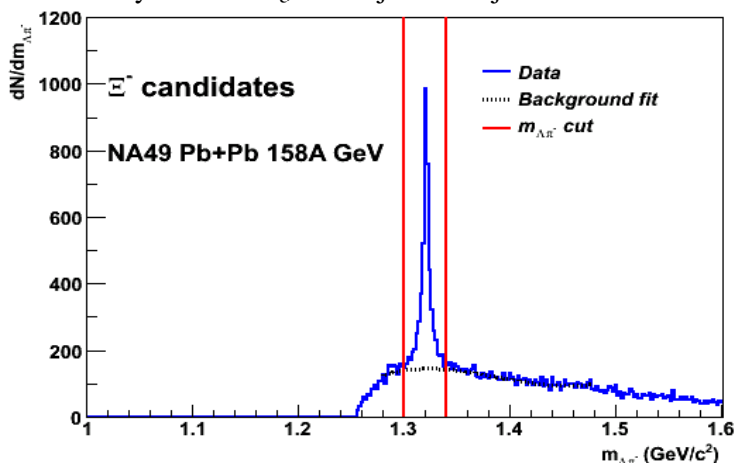
## Przepływy kolektywne w zderzeniach jądrowych mierzone w eksperymencie NA49

Grzegorz Stefanek 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 energii akceleratorów AGS (11GeV/n) i SPS(158GeV/n) sytuują przejście fazowe do nowego stanu materii zwanego plazmą kwarkowo-gluonową (QGP). Materia w tym stanie składa się ze swobodnych kwarków i gluonów, które poruszają się w całym obszarze zajmowanym przez układ. Ostatnio 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 w rozkładzie 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 osiąganą podczas zderzenia.

Model koalescencji kwarków zakłada tworzenie hadronów z 2 lub 3 swobodnych kwarków we wczesnej fazie zderzenia. Zgodnie z przewidywaniami tego modelu wszystkie wartości  $v_2$  mierzonych hadronów powinny leżeć na uniwersalnej krzywej reprezentującej przestrzenno-pędową asymetrię w rozkładach kwarków przed utworzeniem przez nie hadronów. Zbadano zgodność przewidywań tego modelu z danymi uzyskanymi w zderzeniach Pb+Pb przy energii 158A GeV (przepływ pionów, protonów, mezonów  $K_s^0$ , hyperonów  $\Lambda$ ). Analizowano zależność  $v_2/n$  w funkcji pędu poprzecznego  $p_T/n$ , jak też energii poprzecznej  $E_T/n$ , gdzie wszystkie wielkości były skalowane z liczbą  $n$  kwarków tworzących hadrony. Dla protonów, hyperonów  $\Lambda$  i mezonów  $K_s^0$  obserwuje się dobre skalowanie  $v_2/n$  w funkcji  $p_T/n$  i bardzo dobre skalowanie dla  $v_2/n(E_T/n)$ . Odstępstwo pionów od uniwersalnej krzywej można tłumaczyć ich masą, która jest mniejsza niż suma mas kwarków składowych oraz efektem



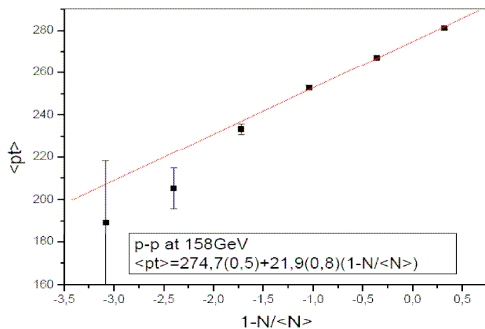
Rozkład masy niezmienniczej dla rozpadów  $\Xi \rightarrow \Lambda\pi$  w centralnych zderzeniach Pb+Pb z eksperymentu NA49.

wynikającym z rozpadów rezonansów. Dodatkowym testem modelu koalescencji będzie znalezienie przepływu kolektywnego cząstek zbudowanych z dwóch kwarków dziwnych  $s$  (hiperon  $\Xi$ ) oraz pary  $s$ , anty- $s$  (mezon  $\phi$ ). Szczególnym testem będzie analiza mezonów  $\phi$ , których masa jest zbliżona do masy protonu (barionu).

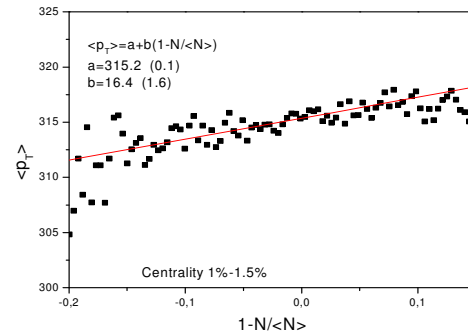
## Korelacje średniego pędu poprzecznego i krotności produkowanych cząstek w relatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów - eksperyment NA49

*Agnieszka Wojtaszek-Szwarc i kolaboracja NA49*

W eksperymencie NA49 w zderzeniach proton-proton przy wysokich energiach stwierdzono występowanie korelacji pomiędzy pędem poprzecznym ( $p_T$ ) wyprodukowanych cząstek i ich krotnością ( $N$ ). W obszarze energii działania akceleratora SPS w CERN korelację tę można sparametryzować formułą  $\langle p_T \rangle_{(N)} = \langle p_T \rangle + b(1 - N/\langle N \rangle)$ , gdzie  $\langle p_T \rangle_{(N)}$  oznacza średni pęd poprzeczny w zderzeniach o krotności  $N$ ; parametr  $b$  mierzy siłę korelacji. Zgodnie ze wzorem, im więcej jest wyprodukowanych cząstek, tym mniejszy jest ich średni pęd poprzeczny.

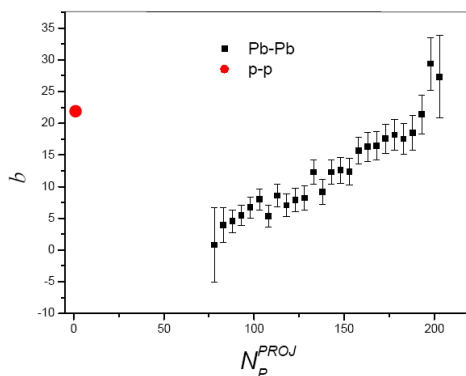


Rys. 1 Zależność średniego pędu poprzecznego od krotności w zderzeniach proton-proton.



Rys.2 Zależność średniego pędu poprzecznego od krotności w centralnym zderzeniu ołów-ołów.

Jak widać na Rys. 1 korelacja obserwowana w zderzeniach proton-proton przy energii 158 GeV jest wyraźna, a parametr  $b$  wynosi 21,9 (0,8). Zachodzi pytanie, czy podobna korelacja występuje również w zderzeniach relatywistycznych ciężkich jonów?



Rys. 3 Zależność parametru  $b$  od liczby uczestników zderzenia z tarczy.

Analiza została przeprowadzona w wąskich przedziałach centralności określanej przy użyciu Kalorymetru Veto. Kalorymetr ten mierzy energię niesioną przez nukleony z pocisku, które nie brały udziału w zderzeniu, a tym samym pozwala na określenie liczby uczestników zderzenia. Należy przy tym pamiętać, że liczba uczestników z tarczy fluktuuje nawet i wtedy, gdy liczba uczestników z pocisku jest ściśle określona. Na Rys. 2 pokazana jest zależność średniego pędu poprzecznego od krotności w zderzeniach ołów-ołów, przy energii 158 GeV na nukleon. Podobnie jak w zderzeniach proton-proton, widać wyraźnie iż korelacja istnieje.

Pozostaje pytanie, jak korelacji zależy od centralności zderzenia? Analiza wykazała, że korelacja jest silniejsza w zderzeniach centralnych niż peryferycznych. Co więcej, okazało się, że wartość parametru  $b$  w zderzeniach proton-proton i najbardziej centralnych zderzeniach ołów-ołów, przy tej samej energii jest podobna (Rys. 3).

## ZAKŁAD ASTROFIZYKI

### Skład osobowy

Dr hab. Piotr Flin - kierownik zakładu,  
dr Janusz Krywult, dr Paweł Kankiewicz, dr 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:

Kalinenkow Astronomical Observatory, Nikolaev State University, Nikolaev, Ukraine  
Instytut Fizyki, Uniwersytet Opolski, Opole

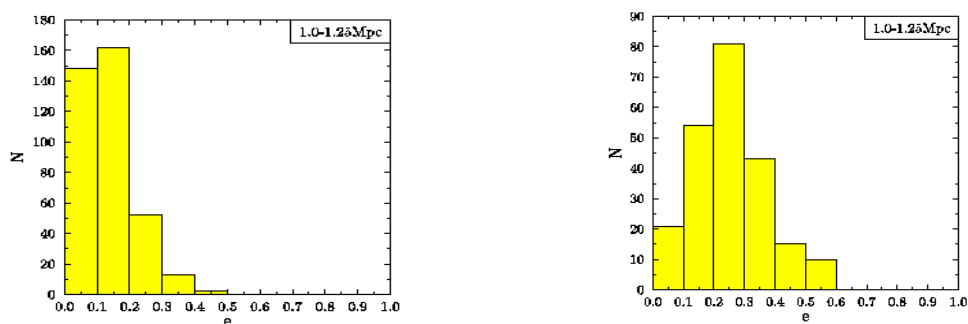
# Testowanie ambartsumianowskiej idei powstawania galaktyk

Monika Biernacka, Piotr Flin i Hayk Harutyunyan<sup>1</sup>

W przestrzennym rozkładzie galaktyk we Wszechświecie wyróżnić można cztery składowe: obszary puste, długie włókniste struktury, płaskie ściany i znajdujące się na przecięciu włókien i/lub ścian obszary gęste, gromady galaktyk. Powstanie tej kosmicznej pajęczyny jest jednym z podstawowych problemów astrofizyki. Jest ogólnie przyjęte, że podstawową przyczyną powstawania struktur we Wszechświecie jest mechanizm niestabilności grawitacyjnej. Rozpatruje się fluktuacje gęstości we wczesnym rozszerzającym się wszechświecie. Są one rozważane w model ciemnej materii (CDM) ze stałą kosmologiczną  $\Lambda$ . Uzyskiwane wyniki są interesujące, ale ten standardowy model nie opisuje wszystkich obserwowanych własności.

Zupełnie inne podejście przedstawił Wiktor Ambartsumian (1908-1996), który zwrócił uwagę na rolę aktywnych jąder galaktyk i obserwowane korelacje między morfologią galaktyk i gromad galaktyk. Materia o nieznanych obecnie własnościach zostaje wyrzucona z jąder pierwotnych protogalaktyk. Ta skondensowana materia stanowi bazę dla nowo powstałych galaktyk. Zachodzące w nich następne eksplozje dają początek kolejnym galaktykom. Idea ta nie doczekała się żadnego opracowania teoretycznego, a jej sprawdzenie miało nastąpić na podstawie obserwacji własności struktur. Testowanie tej idei polegało więc na przyjęciu jakiegoś najprostszego schematu i sprawdzenie, czy nie jest on sprzeczny z obserwacjami.

W pracy [1] przyjęto, że jeżeli mamy galaktyki powstałe w wyniku kolejnych generacji eksplozji, to kształt struktur utworzonych przez wcześniej i później powstałe obiekty winien być różny. Aby to zbadać, przeanalizowano statystycznie jednorodną próbkę 377 bogatych gromad galaktyk Abella. Dla każdej z tych gromad (próbka A) metodą elipsy kowariancji wyznaczono eliptyczność struktury w rzucie na sferę niebieską. Skonstruowano rozkłady kształtu gromad w różnych odległościach od centrum gromady. Dla każdej z 377 gromad wybrano 20 najjaśniejszych galaktyk i dla tak otrzymanych struktur (próbka B) również wyznaczono eliptyczności i ich zależność od odległości od centrum gromady. Stwierdzono, że rozkład galaktyk w próbce B jest różny od tegoż w próbce A. Gromady w próbce B są bardziej eliptyczne zgodnie z przewidywaniami wynikającymi z idei Ambartsumiana.



Rozkład eliptyczności 377 gromad ACO liczonych dla odległości 1.0 – 1.25 Mpc od centrum gromady dla próbek A i B.

[1] M. Biernacka, P. Flin & H.A. Harutyunyan, *Astrophysics* **52**, 313 (2008)

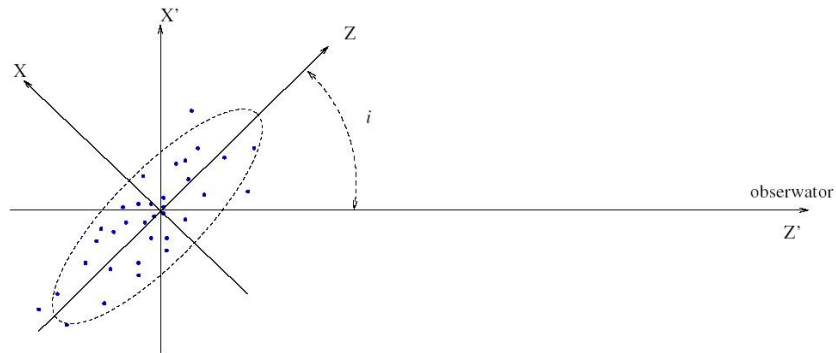
<sup>1</sup> V. Ambartsumian Byurakan Astrophysical Observatory, Armenia

# Trójwymiarowy kształt gromad galaktyk

*Janusz Krywult*

Gromady galaktyk należą do największych ewoluujących struktur we Wszechświecie. Obserwowane położenia w przestrzeni, kształty i struktury tych obiektów odzwierciedlają proces ich powstawania oraz ewolucji. Gromady stanowią też istotny czynnik w poznaniu budowy i ewolucji Wszechświata.

Celem projektu była analiza trójwymiarowego kształtu gromad galaktyk. Materiał badawczy obejmuje galaktyki należące do bliskich gromad, o przesunięciu ku czerwieni  $z < 0.2$ . Główną jego część stanowią położenia galaktyk pochodzące z przeglądu nieba SDSS, które zostały uzupełnione o dane z bazy Simbad. W badaniach przyjęto, że przestrzenny rozkład galaktyk w gromadzie można opisać elipsoidą obrotową. Dla każdej gromady poszukiwanymi parametrami był stosunek półosi elipsoidy  $e$  oraz kąt  $i$  nachylenia jej osi głównej do kierunku patrzenia.



Schemat orientacji dopasowanego kształtu gromady galaktyk.

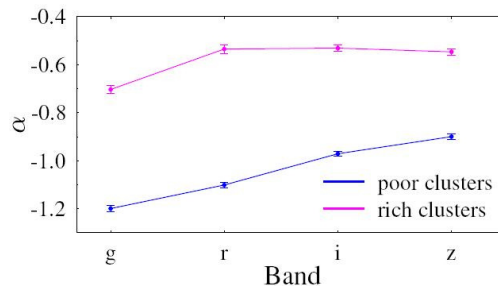
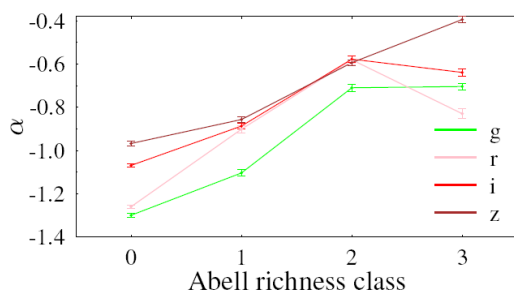
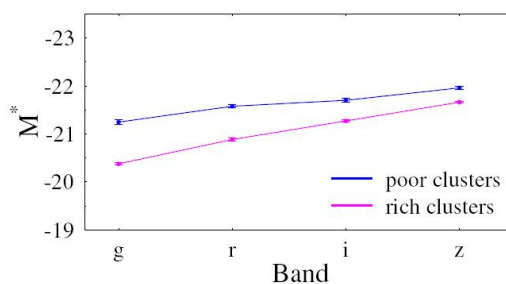
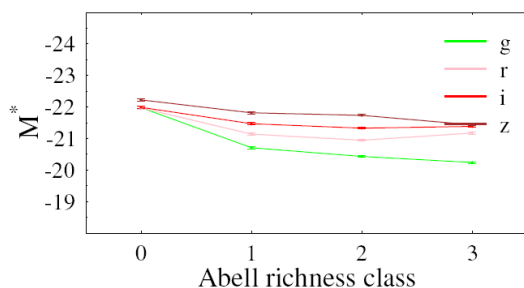
Poprawność działania opracowanego oprogramowania była testowana metodą Monte Carlo na sztucznych, wygenerowanych numerycznie katalogach galaktyk. Przeprowadzona analiza danych obserwacyjnych pokazała, że średnia wartość kąta  $i \approx 38^\circ$  odbiega od wartości średniej dla losowych orientacji osi. Analiza spłaszczenia elipsoid, opisujących kształt gromad, pokazała, że jego średnia wartość wynosi  $e \approx 0.55$ . W badaniach ponadto stwierdzono, że w większości obiektów wydłużony kształt mają gromady o mniejszej wartości kąta głównej osi.

## Funkcja jasności galaktyk

Janusz Krywult

Większość galaktyk występujących we Wszechświecie znajduje się w gromadach i grupach. Wzajemne oddziaływanie galaktyk w tych obiektach daje możliwość badania ich budowy i ewolucji.

Celem badań było określenie wpływu środowiska na postać funkcji jasności galaktyk w gromadach. Za materiał badawczy posłużyła wielobarwna fotometria  $u, g, r, i, z$  pochodząca z przeglądu nieba Sloan Digital Sky Survey. W badanej grupie bliskich gromad, o przesunięciu ku czerwieni  $z < 0,2$ , stwierdzono, że pojedyncza funkcja Schechtera dobrze opisuje obserwowaną funkcję jasności, wykazując tylko niewielkie niedoszacowanie obiektów jaśniejszych niż  $-22$  mag. We wszystkich barwach charakterystyczna jasność  $M^*$ , która odpowiada za populację jasnych galaktyk w gromadzie była większa w ubogich gromadach Abella, liczących mniej składników niż w bogatych. Różnica ta powiększa się wraz z przejściem do krótkofalowej części widma. Analiza parametru nachylenia funkcji jasności pokazała, że dla bogatych gromad jego wartość jest prawie stała ( $a = -0.6$ ) i nie zależy od barwy fotometrii. Natomiast w gromadach ubogich funkcja jasności ma większe nachylenie ( $a = -1,3$ ), które systematycznie maleje wraz z przechodzeniem do długofalowej części widma. Otrzymane zależności wskazują na zróżnicowanie w budowie i populacji galaktyk tworzących bogate i ubogie gromady galaktyk.



Zależności jasności charakterystycznej  $M^*$  i parametru  $\alpha$  funkcji Schechtera od typu morfologicznego gromady.

Parametry funkcji jasności  $M^*$  i  $\alpha$  otrzymane w różnych zakresach widma optycznego.

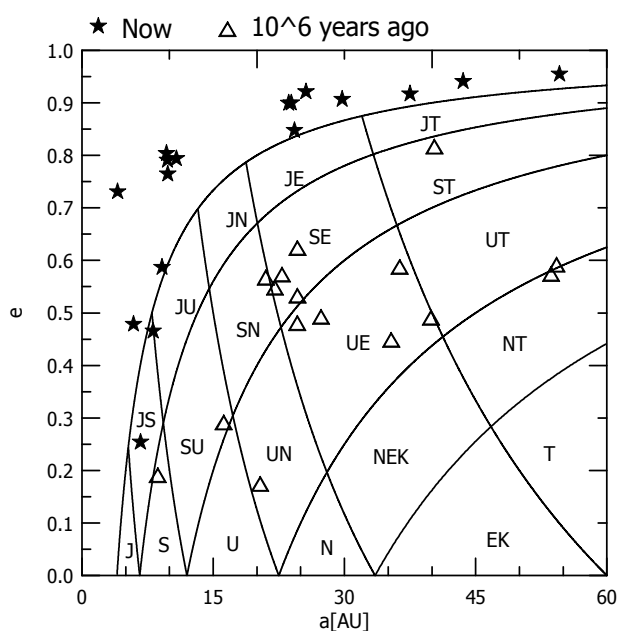
## Dynamika planetoid bliskich Ziemi

Paweł Kankiewicz

Otrzymano nowe rezultaty symulacji numerycznych dynamiki planetoid zbliżających się do Marsa (MC), planetoid na orbitach wstecznych oraz obiektów współorbitalnych z grupy MC i NEA. W ramach badań dynamiki Mars Crosserów uzupełniono poprzednie wyniki o ciekawe obiekty zagrażające Marsowi min. obiekt 2007 WD5 o bardzo dużym prawdopodobieństwie kolizji z Marsem w styczniu 2008 roku.

Wykonano także analizę ewolucji planetoid na orbitach wstecznych. Jest to nowa klasa orbit małych ciał w Układzie Słonecznym, której niektórzy przedstawiciele mogą mieć wspólną przeszłość dynamiczną. Kompleksową symulację dla wszystkich takich znanych obiektów przeprowadzono na klastrze obliczeniowym IF UJK, stosując nową metodę dowiązywania danych testowych do rzeczywistych błędów obserwacyjnych. Wyniki zostały zreferowane na konferencji (Seminarium Mechaniki Nieba 2008). Rysunek przedstawia zakres migracji tych ciał w okresie miliona lat na diagramie Hornera-Evansa. W przeszłości większość tych planetoid znajdowała się w obszarach oddziaływania planet grupy Jowiszowej (oznaczenia klasyfikacji zawierające litery J, S, U, N na diagramie). We

względnie małej skali czasu niektóre z orbit zmieniły ruch z prostego na wsteczny.



Szczególnym obiektem, którego ewolucja została przeanalizowana w podobny sposób jest planetoida o orbicie wstecznej zbliżająca się do Ziemi 2007 VA85. Powyższe obliczenia wykonywane są we współpracy i dr I. Włodarczykiem z Obserwatorium w Chorzowie.

Oprócz zagadnień z zakresu dynamiki Mars Crosserów i planetoid zbliżających się do Ziemi, w roku 2008 kontynuowano program obserwacyjny. Obejmował on astrometrię małych ciał, której wyniki opublikowano pod auspicjami Międzynarodowej Unii Astronomicznej w formie cyrkularzy MPC oraz MPEC. Ponadto we współpracy z zespołem z Obserwatorium Astronomicznego UAM w Poznaniu opracowano i opublikowano obserwacje astrometryczne z Southern African Large Telescope (RPA), w szczególności dotyczące planetoidy współorbitalnej z Ziemią 2006 RH120. W ramach tej współpracy opracowuje się wyniki fotometrii kilku planetoid obserwowanych w latach 2007-2008. Wyniki tych obserwacji służą do modelowania własności fizycznych planetoid.

Program obserwacyjny w 2008 roku objął dodatkowo fotometrię gwiazdy zmiennej zaćmieniowej. Rezultaty w zestawieniu ze spektroskopią oraz obserwacjami z innych ośrodków pozwalają na wyznaczenie parametrów orbitalnych i fizycznych tego typu układów.



## ZAKŁAD FIZYKI MEDYCZNEJ

### **Skład osobowy**

Prof. dr hab. Janusz Braziewicz – kierownik zakładu,  
dr Urszula Majewska, dr Grażyna Suchanek, dr Kazimierz Dworecki, dr Sławomir Wąsik,  
mgr Joanna Czub, mgr Józef Antosik, inż. Adam Markowski.

### **Tematyka badawcza**

Badania prowadzone w zakładzie dotyczą: (1) zastosowania spektroskopii rentgenowskiej w badaniu koncentracji pierwiastków śladowych, (2) technik obrazowania stosowanych w diagnostyce medycznej i terapii, (3) badania oddziaływania promieniowania o wysokim liniowym transferze energii na jądro komórkowe oraz (4) procesów transportu w układach membranowych.

Ad 1) Badania bazują na posiadanej lampie rentgenowskiej wraz z aparaturą umożliwiającą stosowanie rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej (XRF) oraz analizy z całkowitym odbiciem wiązki padającej (TXRF). Metody te pozwalają określać koncentrację pierwiastków śladowych na poziomie ppm-ppb. We współpracy ze Świętokrzyskim Centrum Onkologii poszukuje się korelacji między stanami chorobowymi a koncentracją pierwiastków w tkankach. Metody spektroskopii rentgenowskiej wykorzystuje się też w archeologii, przy konserwacji zabytków, do monitorowania procesu wytwarzania kryształów dla mikroelektroniki i optoelektroniki.

Ad 2) Opracowuje się procedury diagnostyczne stosowane w planowaniu leczenia i procedury dozymetryczne dla terapii nowotworów fotonami i elektronami. Wyniki tych badań są wykorzystywane są 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.

Ad 3) Badane są fizyczne mechanizmy zmian genetycznych indukowane w jądrze komórkowym w wyniku przejścia ciężkiego jonu o liniowym transferze energii  $\sim 1\text{MeV}/\mu\text{m}$ .

Ad 4) Przy zastosowaniu metod interferometrycznych badane są procesy transportu takie jak dyfuzja, dyfuzja anomalna, grawidyfuzja, osmoza, grawiosmoza, odwrócona osmoza, konwekcja, unoszenie. Analizowana jest rola tych procesów w transporcie wody i substancji w organizmach żywych.

### **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, 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:**

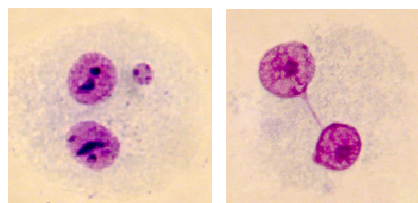
Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie  
Świętokrzyskie Centrum Onkologii w Kielcach  
Instytut Problemów Jądrowych w Warszawie  
Uniwersytet w Erlangen, Niemcy

## Poznanie fizycznych mechanizmów zmian genetycznych w jądrze komórkowym indukowanych ciężkimi jonami

J. Czub, D. Banaś<sup>1</sup>, J. Braziewicz<sup>1</sup>, I. Buraczewska<sup>2</sup>, J. Choiński<sup>3</sup>, U. Górak<sup>4</sup>, M. Jaskóła<sup>5</sup>, A. Korman<sup>5</sup>, A. Lankoff<sup>2</sup>, H. Lisowska, Z. Szefliński<sup>4</sup> i A. Wójcik<sup>2,6</sup>

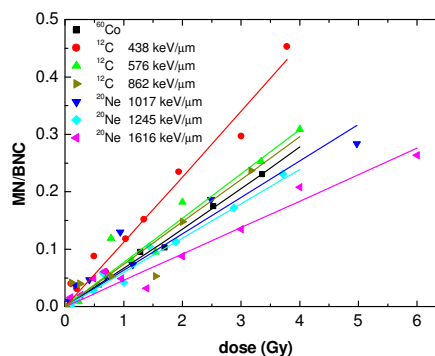
Test mikrojądrowy jest jedną ze standardowych metod wykrywania uszkodzeń popromiennych w komórkach. Uszkodzenia te są widoczne jako mikrojądra (MN) w komórkach dwujądrowych (BNC). Mikrojądra powstają na skutek zaburzeń działania wrzeciona podziałowego jak również z odłamanymi fragmentami chromosomów. Dodatkowo test ten daje możliwość wyznaczenia w komórkach BNC ilości tzw. mostków nukleoplazmatycznych, które są rezultatem powstania dicentryków (rodzaj aberracji chromosomowych). Przykładowy obraz mikrojądra oraz mostka nukleoplazmatycznego w komórce dwujądrowej przedstawia Rys. 1.

Do badań zostały wykorzystane CHO-K1, które zostały napromienione jonami węgla (<sup>12</sup>C) o liniowym transferze energii (LET) 438 keV/μm, 576 keV/μm, 861 keV/μm oraz jonami neonu (<sup>20</sup>Ne) o LET 1017 keV/μm, 1245 keV/μm, 1616 keV/μm. Jony pochodziły z cyklotronu Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego. Określono liczbę mikrojąder w komórkach dwujądrowych (MN/BNC) dla różnych dawek jonów <sup>12</sup>C i <sup>20</sup>Ne (Rys. 2).

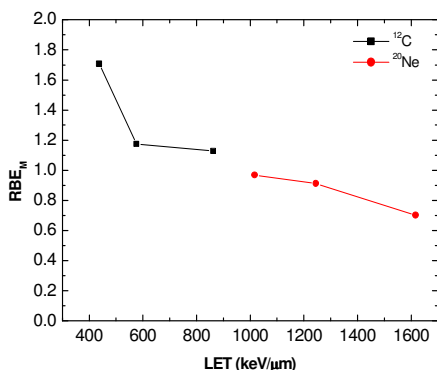


Rys.1 Przykład MN w BNC (a) oraz mostka nukleoplazmatycznego (b).

Zależność MN/BNC w funkcji dawki została opisana równaniem  $MN/BNC = \alpha D + \beta D^2$  gdzie  $\alpha$ ,  $\beta$  to parametry dopasowania, D-dawka. Dodatkowo w celu wyznaczenia względnej skuteczności biologicznej (RBE) zbadano liczbę mikrojąder w BNC dla komórek CHO-K1 napromienianych fotonami  $\gamma$  z terapeutycznego źródła kobaltowego w Świętokrzyskim Centrum Onkologii. Zależność  $RBE_M$  w funkcji wartości LET jest przedstawiona na Rys. 3. ( $RBE_M$  odpowiada maksymalnej wartości RBE). Nasze rezultaty pokazują że  $RBE_M$  nie zależy od rodzaju jonów, co jest istotną i nową informacją dla tej korelacji.



Rys. 2 MN/BNC w funkcji dawki dla <sup>12</sup>C i <sup>20</sup>Ne. Linie reprezentują dopasowaną funkcję.



Rys. 3  $RBE_M$  w funkcji LET dla <sup>12</sup>C i <sup>20</sup>Ne.

- <sup>1</sup> Świętokrzyskie Centrum Onkologii, Kielce
- <sup>2</sup> Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa
- <sup>3</sup> Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów, Warszawa
- <sup>4</sup> Uniwersytet Warszawski, Warszawa
- <sup>5</sup> Instytut Problemów Jądrowych, Otwock-Świerk
- <sup>6</sup> GMT Department, Stockholm University, Stockholm, Sweden

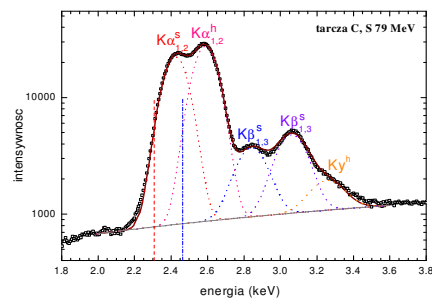
## Równowagowe stany ładunkowe jonów S wewnątrz ciała stałego

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

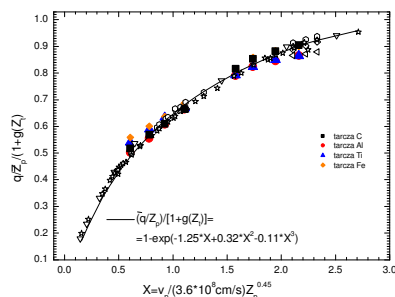
W zderzeniach ciężkich jonów z atomami tarczy dochodzi do silnego zaburzenia stanów elektronowych obu jonów. Jonizacji wewnętrznych powłok atomowych towarzyszy zazwyczaj jednoczesne wybite kilku elektronów z powłok zewnętrznych. Zjawisko wielokrotnej jonizacji, powoduje istotne zmiany w obserwowanych widmach charakterystycznego promieniowania X, a w szczególności jest przyczyną powstania tzw. struktury satelitarnej przejść rentgenowskich odpowiadającej różnym konfiguracjom dziur w zewnętrznych powłokach (rys. 1). Pojawienie się struktury satelitarnej jest wynikiem zmiany energii wiązania elektronów wskutek zmniejszenia ekranowania ładunku jądra. Do powstawania i deekscytacji stanów dziurowych, oprócz wspomnianej jedno- i wielokrotnej jonizacji powłok atomowych, prowadzą: wzbudzenie elektronów do wyższych stanów, wychwytywanie elektronów do stanów dziurowych i wewnątrzatomowe przejścia elektronowe. Konkurencyjność procesów zachodzących w pocisku prowadzi do powstania w nim równowagowego stanu ładunkowego.

Badano strukturę elektronową jonów siarki o energii 9.6 – 122 MeV w czasie ich przejścia przez tarczę z ciała stałego (C, Al, Ti, Fe) oraz badano dynamikę procesów oddziaływania jonów S z atomami tarcz węglowych. Pomiar przeprowadzono na wiązkach S z akceleratorów Van de Graaffa w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Erlangen-Nürnberg i cyklotronu U-200P w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie.

Do analizy zmierzonych widm rentgenowskich wykorzystano metodę opartą na fakcie, że przesunięcie energetyczne (aż do ~800 eV) i poszerzenie linii rentgenowskich serii K jonów S jest związane z prawdopodobieństwem wielokrotnej jonizacji powłok K, L i M jonu oraz wzbudzeniem elektronu do nieobsadzonych w stanie podstawowym stanów 4p lub nawet 5p. Otrzymane przybliżone wartości prawdopodobieństw jonizacji tych powłok porównano z wartościami otrzymanymi w oparciu o wyniki obliczeń przeprowadzonych metodą *MCDF* (MultiConfiguration Dirac-Fock). Te ostatnie stały się podstawą wyznaczenia stanów ładunkowych (rys. 2), populacji elektronowych powłok jonów S i ich najbardziej prawdopodobnych konfiguracji elektronowych w funkcji głębokości penetracji jonu w tarczy, energii pocisków i liczby atomowej pierwiastka tarczy.



Rys.1. Widmo promieniowania rentgenowskiego jonów S o energii 79 MeV przechodzących przez tarczę C zarejestrowane detektorem Si(Li). Przerywana (czerwona) i kropkowana (niebieska) określają odpowiednie położenia linii diagramowych  $K_{\alpha}$  i  $K_{\beta}$ .



Rys.2. Znormalizowany ładunek jonów S wewnątrz tarcz C, Al, Ti i Fe w zestawieniu z wynikami innych prac.

<sup>1</sup> Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

<sup>2</sup> Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, Warszawa

<sup>3</sup> Physikalisches Institut, Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany

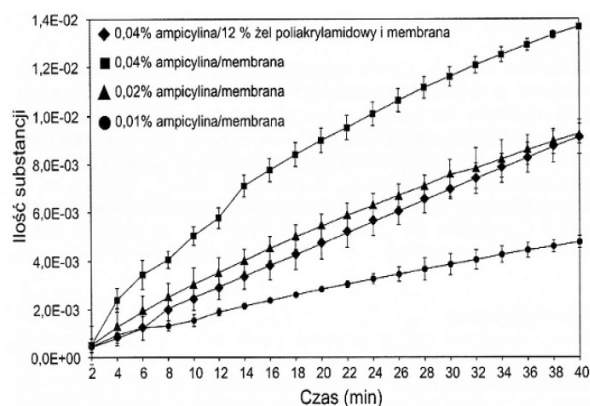
# Analiza interferometryczna dyfuzji ampicyliny przez żel poliakrylamidowy

M. Arabski<sup>1</sup>, S. Wąsik, K. Dworecki i W. Kaca<sup>1</sup>

Polimery tworzące struktury hydrożelowe mają obecnie szerokie zastosowanie w technikach analitycznych wykorzystywanych w naukach doświadczalnych. Ponadto stosuje się je m. in. jako komponenty środków higieny osobistej, podłoży mikrobiologicznych i nowych postaci leków. Właściwości fizyko-chemiczne żeli umożliwiły ich zastosowanie w produkcji rolnej, ogrodniczej i leśnej.

W pracy [1] przedstawiono nowe zastosowanie struktur hydrożelowych (poliakrylamid) w badaniu dyfuzji powszechnie stosowanego w różnych terapiach antybiotyku  $\beta$  laktamowego, tj. ampicyliny, z wykorzystaniem metody interferometrycznej. Zaobserwowano efekt zależny od dawki użytego antybiotyku oraz silny wpływ żelu na strumień substancji przenikającej przez membranę.

Rysunek pokazuje dla 0,01%, 0,02% i 0,04% roztworów ampicyliny ilości substancji przechodzące w czasie 40 min przez membranę natywną oraz horyzontalnie usytuowaną membranę dializacyjną BioRad o molekularnej granicy rozdzielania 6-8 kDa zatopioną w żelu poliakrylamidowym o stężeniu 12% i grubości 2 mm.



Uzyskane wyniki wskazują, że po czasie 40 min przez membranę zatopioną w żelu poli-akrylamidowym z roztworu o stężeniu początkowym 0,04%, przeszła taka ilość ampicyliny, która odpowiada ilości tego antybiotyku przetransportowanej po tym samym czasie przez membranę natywną przy początkowym stężeniu roztworu 0,02%. Oznacza to, że stężenie 0,04% jest optymalne w zaproponowanej analizie interferometrycznej dyfuzji ampicyliny przez 12% żel poliakrylamidowy w związku z czułością zastosowanego układu pomiarowego. Wyznaczone w pracy stężenie optymalne ampicyliny 0,04%, które można zastosować w modelu eksperymentalnym przedstawionym w pracy odpowiada ilości antybiotyku stosowanego w wybranych metodach mikrobiologicznych np. ocena antybiotykooporności szczepów bakteryjnych metodami seryjnych rozcieńczeń i dyfuzyjno-krażkowej. Pozwoli to zastosować metodę interferometryczną w badaniach mechanizmów dyfuzji antybiotyków z zastosowaniem membrany zatopionej w żelach. Metoda ta jest wysoce powtarzalna, a błąd eksperymentu nie przekraczał 10% (obliczony na podstawie trzech niezależnych eksperymentów).

Wykonane badania mają charakter pilotażowy i pozwolą na potencjalne zastosowanie i optymalizację metody analizy interferometrycznej w badaniu oddziaływań pomiędzy substancjami chemicznymi, z których jedna jest stabilizowana w nośniku żelowym.

[1] M. Arabski, S. Wąsik, K. Dworecki, W. Kaca, Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN **49**, 63 (2008)

<sup>1</sup> Zakład Mikrobiologii, Instytut Biologii UJK

## ZAKŁAD FIZYKI TEORETYCZNEJ

### Skład osobowy

Prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński - kierownik zakładu,  
prof. dr hab. Wojciech Florkowski, dr Tadeusz Kosztołowicz, mgr Radosław Maj

### 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.

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 PAN im. H. Niewodniczańskiego, Kraków  
Instytut Fizyki Jądrowej Uniwersytetu im J. Goethego, Frankfurt nad Menem, Niemcy  
Departament Fizyki, Uniwersytet Duke, Durham, Płn. Karolina, USA

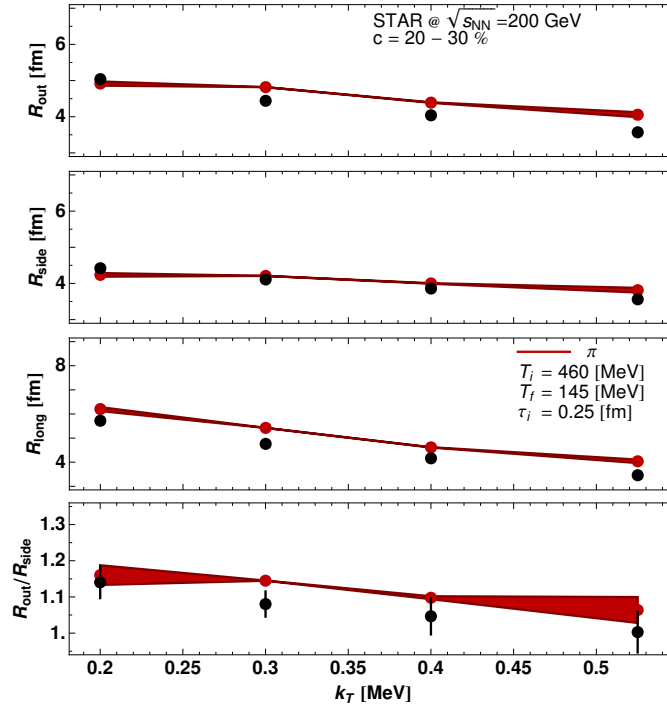
# Rozwiązanie zagadki HBT poprzez zastosowanie Gaussowskich warunków początkowych dla ewolucji hydrodynamicznej opisującej relatywistyczne zderzenia ciężkich jonów

Wojciech Broniowski, Mikołaj Chojnacki<sup>1</sup>, Wojciech Florkowski i Adam Kisiel<sup>2</sup>

Opis hydrodynamiczny relatywistycznych zderzeń ciężkich jonów przy obecnie najwyższych dostępnych energiach dostępnych na zderzaczu RHIC stanowi podstawę naszego ogólnego zrozumienia przebiegu tych procesów. W szczególności hydrodynamika opisuje bardzo dobrze widma wyprodukowanych cząstek w pędzie poprzecznym oraz tzw. współczynnik przepływu eliptycznego  $v_2$ .

Mimo tych sukcesów od dłuższego czasu nie udawało się uzyskać w ramach hydrodynamiki satysfakcjonującego opisu wielkości dwu-cząstkowych, w szczególności korelacji pomiędzy wyprodukowanymi pędami w przestrzeni pędów. Te korelacje są istotne, gdyż niosą informację o rozmiarach czasowo-przestrzennych wyprodukowanych układów.

Opisany wyżej impas udało nam się przełamać przez zastosowanie zmodyfikowanych warunków początkowych dla równań hydrodynamiki [1]. Zamiast rozkładów początkowych wynikających bezpośrednio z modelu Glaubera zastosowaliśmy rozkłady Gaussowskie. Powodują one szybszą początkową ekspansję materii, co pozwala na konsystentny opis jedno- i dwucząstkowych obserwacji. W szczególności odtworzone zostały eksperymentalne wyniki opisujące tzw. promienie HBT.



Promienie korelacyjne  $R_{side}$ ,  $R_{out}$ ,  $R_{long}$ , oraz stosunek  $R_{out}/R_{side}$  jako funkcje pędu poprzecznego pary pionów  $k_T$ . Punkty – dane eksperymentu STAR, linie – nasze wyniki (rozmycie wskazuje błąd metody Monte Carlo)

[1] W. Broniowski, M. Chojnacki, W. Florkowski, A. Kisiel, Phys. Rev. Lett. **101**, 022301 (2008)

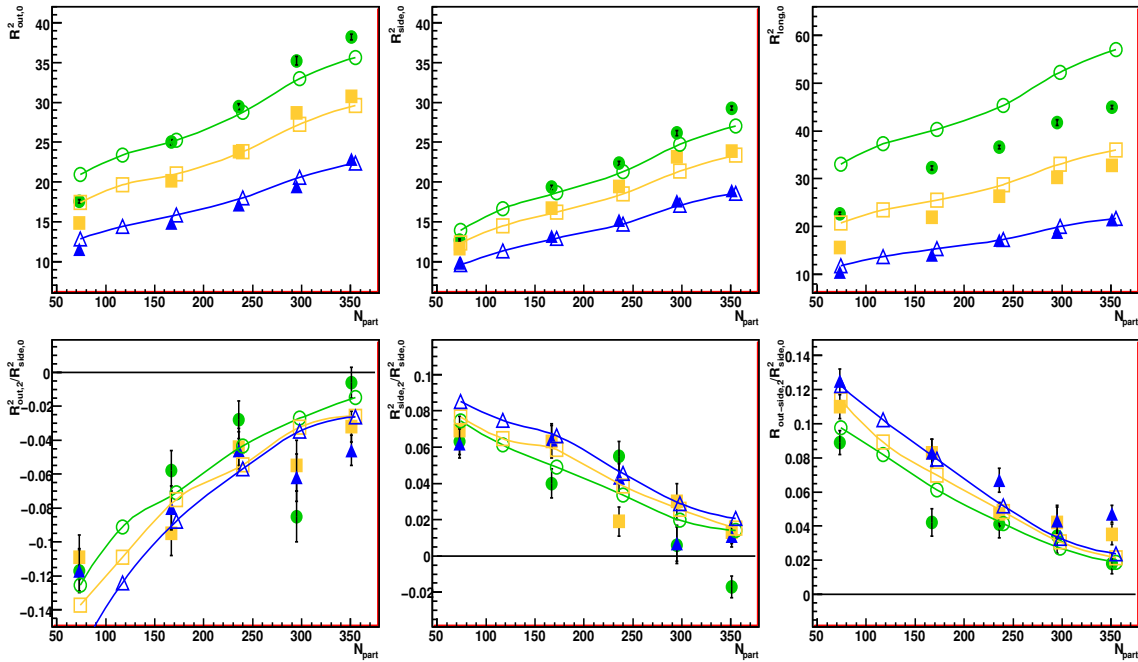
<sup>1</sup> Instytut Fizyki Jądrowej PAN

<sup>2</sup> Politechnika Warszawska & CERN

# Opis teoretyczny femtoskopii zależnej od kąta azymutalnego w zderzeniach ciężkich jąder na zderzaczach RHIC i LHC

Adam Kisiel<sup>1</sup>, Wojciech Broniowski, Mikołaj Chojnacki<sup>2</sup> i Wojciech Florkowski

W ramach naszego podstawowego formalizmu opisującego zderzenia relatywistycznych ciężkich jonów, zawierającego hydrodynamikę płynu doskonałego oraz statystyczną termalizację realizowaną przez program THERMINATOR, dokonaliśmy opisu femtoskopii zależnej od kąta azymutalnego dla pionów [1]. Analiza została przeprowadzona dla energii zderzacza RHIC, gdzie wcześniej [2] osiągnięto jednorodny opis szeregu wyników doświadczalnych, z uwzględnieniem przepływu eliptycznego oraz promieni korelacji HBT dla pionów, oraz dla energii LHC. Model bardzo dobrze odtwarza dane doświadczalne kolaboracji STAR, co świadczy o słuszności przyjętych założeń dot. asymetrii azymutalnej warunku początkowego, wynikających z rachunków opartych o program GLISSANDO [3], który uwzględnia fluktuacje ekscentryczności.



Wielkości femtoskopowe dla pionu uzyskane z modelu (puste punkty połączone liniami), porównane do danych doświadczalnych kolaboracji STAR (pełne punkty).

[1] A. Kisiel, W. Broniowski, M. Chojnacki, W. Florkowski, Phys. Rev. **C79**, 014902 (2009)

[2] M. Chojnacki, W. Florkowski, A. Kisiel, Phys. Rev. Lett. **101**, 022301 (2008)

[3] W. Broniowski, M. Rybczyński, P. Bożek, Comput. Phys. Commun. **180**, 69 (2009)

<sup>1</sup> Politechnika Warszawska i Ohio State University

<sup>2</sup> Instytut Fizyki Jądrowej PAN im. H. Niewodniczańskiego

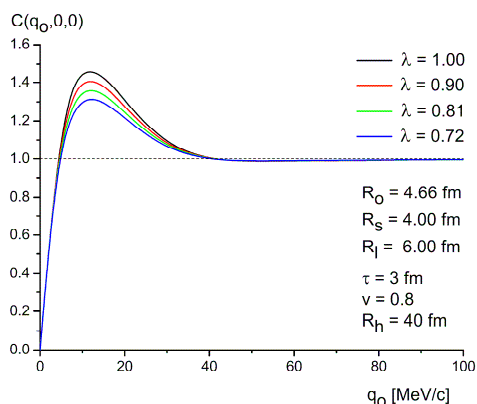
# Opis dwucząstkowych funkcji korelacji

*Radostaw Maj*

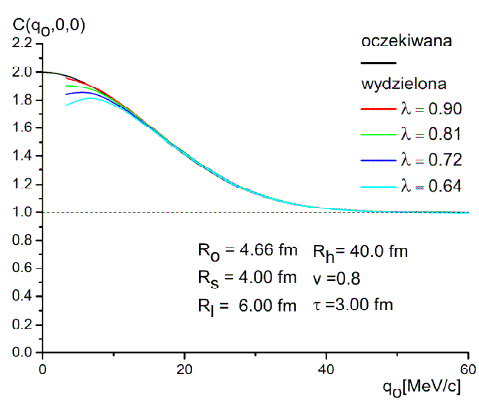
Eksperymentalnie mierzone dwucząstkowe funkcje korelacji pary cząstek z małym pędem względnym dostarczają informacji o przestrzenno-czasowych charakterystykach emitującego źródła. Zachodzi to w przypadku cząstek identycznych jak i różnych. Jeżeli mamy do czynienia z cząstkami identycznymi i naładowanymi, wówczas musimy uwzględnić efekt wynikający z oddziaływania coulombowskiego. Wykonuje się to za pomocą procedury Bowlera–Sinyukova, a efektem jej stosowania jest tzw. swobodna funkcja korelacji, z której łatwo otrzymuje się parametry źródła cząstek. Zachodzi oczywiście pytanie, szczegółowo przedyskutowane w [1], na ile stosowana procedura jest poprawna i jaki ma ona wpływ na uzyskiwane parametry.

By odpowiedzieć na te pytania, wyznaczono numerycznie pełne coulombowskie dwucząstkowe funkcje korelacji identycznych pionów i kaonów. Przykładową funkcję pokazuje Rys. 1. W obliczeniach tych wzięto pod uwagę efekty relatywistyczne, a w przypadku identycznych pionów rozważono także tzw. „efekt halo”, który uwzględnia pochodzenie cząstek z rozpadów długożyjących rezonansów. Funkcje te wyznaczono biorąc pod uwagę gaussowską postać, w ogólności anizotropową, źródła cząstek. Następnie zastosowano procedurę Bowlera–Sinyukova otrzymując swobodą funkcję korelacji, której przykład przedstawia Rys. 2. Stwierdzono, że procedura Bowlera – Sinyukova działa poprawnie zarówno dla kaonów jak i dla pionów nie tylko w przypadku gdy brano pod uwagę rozmiary źródeł bliskie wartościom eksperymentalnym, ale także dla źródeł silnie wydłużonych w jednym kierunku. Uwzględnienie „efektu halo” dla identycznych pionów nie spowodowało znacznych odchyłeń pomiędzy parametrami włożonymi do obliczeń a otrzymanymi. Jednak jego obecność spowodowała zaburzenie kształtu otrzymanej swobodnej funkcji korelacji. To, czy przyjęte źródło cząstek posiada symetrię osiową czy też nie, także nie ma zasadniczego wpływu na działanie poprawki Bowlera–Sinyukova.

Na gruncie poczynionych obliczeń numerycznych i analitycznych pokazano, że używana eksperymentalnie do eliminacji efektów coulombowskich procedura Bowlera–Sinyukova pracuje dobrze. Otrzymywane swobodne funkcje korelacji są bliskie oczekiwanym, a co za tym idzie, występuje nieznaczne zaburzenie w wartości parametrów źródła cząstek.



Rys. 1 Pełne coulombowskie funkcje korelacji naładowanych identycznych pionów.



Rys. 2 Wydzielone funkcje korelacji za pomocą procedury Bowlera-Sinyukova.

[1] R. Maj and St. Mrówczyński, Phys. Rev. **C80**, 034907 (2009)



# Fluktuacje pól chromodynamicznych w plazmie kwarkowo-gluonowej

*Stanisław Mrówczyński*

Jeśli plazma kwarkowo-gluonową, która jako całość jest układem kolorowo neutralnym, jest w stanie równowagi termodynamicznej, ładunki kolorowe są kompensowane na odległościach rzędu odległości między cząstkami w plazmie czyli  $1/T$ , gdzie  $T$  jest temperaturą plazmy. Mówimy, że plazma równowagowa jest kolorowo-neutralna nie tylko globalnie, ale i lokalnie. Dokładniej, plazma jest kolorowo-neutralna w sensie wartości średnich, bowiem prądy, ładunki i pola wykazują losowe fluktuacje. Charakterystyczne widmo takich stacjonarnych fluktuacji można wyznaczyć korzystając z twierdzenia fluktuacyjno-dysypacyjnego. Sprawy mocno się komplikują, gdy plazma jest w stanie nierównowagowym, szczególnie gdy ów stan jest niestabilny. Z jednej strony bowiem układ ma skłonność do neutralizowania ładunków i prądów, jednak spontanicznie generowane pola chromodynamiczne towarzyszące niestabilnym modom plazmowym, mogą indukować prądy i ładunki kolorowe w układzie. Widmo fluktuacji nie jest więc stacjonarne i istotnie zależy od stanu początkowego układu.

W pracy [1] przedstawiono opis fluktuacji chromodynamicznych w plazmie kwarkowo-gluonowej tak równowagowej jak i nierównowagowej, a nawet niestabilnej. Opis taki skonstruowano poprzez rozwiązanie problemu wartości początkowej. Obliczono funkcje korelacji pól chromodynamicznych, rozwiązując mianowicie układ zlinearyzowanych równań transportu plazmy. Przyjęto, że w stanie początkowym fluktuacje są takie jak w klasycznym gazie nieoddziaływujących partonów. Do rozwiązania równań zastosowano tzw. jednostronną transformację Fouriera. W przypadku plazmy równowagowej znaleziono stacjonarne widmo fluktuacji pól chromoelektrycznych w postaci

$$\langle E_a^i E_b^j \rangle_{\omega, \mathbf{k}} = 2\delta^{ab} T \omega^3 \left[ \frac{k^i k^j}{\mathbf{k}^2} \frac{\text{Im} \varepsilon_L(\omega, \mathbf{k})}{|\omega^2 \varepsilon_L(\omega, \mathbf{k})|^2} + \left( \delta^{ij} - \frac{k^i k^j}{\mathbf{k}^2} \right) \frac{\text{Im} \varepsilon_T(\omega, \mathbf{k})}{|\omega^2 \varepsilon_T(\omega, \mathbf{k}) - \mathbf{k}^2|^2} \right]$$

gdzie  $\omega$  i  $\mathbf{k}$  to, odpowiednio, częstość i wektor falowy fluktuacji,  $\varepsilon_{L,T}$  to podłużna lub poprzeczna składowa przenikalności chromoelektrycznej plazmy,  $a$  i  $b$  to indeksy kolorowe, a  $i$  i  $j$  oznaczają składowe wektorów. Widzimy, że maksima widma fluktuacji odpowiadają kolektywnym modom plazmy równowagowej określanym przez równania dyspersyjne  $\varepsilon_L(\omega, \mathbf{k}) = 0$  oraz  $\omega^2 \varepsilon_T(\omega, \mathbf{k}) = \mathbf{k}^2$ .

Jako przykład niestabilnego stanu plazmy przebadano szczegółowo układ dwóch przeciwbieżnych strumieni partonów. Pokazano, że funkcje korelacji pól chromoelektrycznych zależą wtedy eksponencjalnie od czasu, co wiąże się z występowaniem niestabilnych modów plazmowych. Obraz fluktuacji jest więc zupełnie inny niż w plazmie równowagowej - fluktuacje są niestacjonarne, osiągają duże amplitudy i silnie zależą od stanu początkowego. Przedyskutowano wpływ fluktuacji na dynamikę niestabilnej plazmy kwarkowo-gluonowej.

[1] St. Mrówczyński, Phys. Rev. **C77**, 105022 (2008)

## Subdyfuzja w układzie z grubą membraną

Tadeusz Kosztołowicz

Badano transport subdyfuzyjny zachodzący w jednowymiarowym nieograniczonym układzie zawierającym grubą membranę. Układ taki można potraktować jako złożony z trzech części odseparowanych od siebie częściowo przepuszczalnymi ścianami. W każdej części tego układu zadane są inne parametry:  $D_i$  – współczynnik subdyfuzji,  $i$  – parametr subdyfuzji, gdzie  $i = \alpha, \beta, \gamma$ , indeks  $\alpha$  odpowiada lewej części układu,  $\beta$  – jego prawej części,  $\gamma$  – membranie.

Proces transportu opisany jest równaniami subdyfuzji z pochodnymi Riemanna-Liouville'a ułamkowego rzędu (indeks  $i$  odnosi się do poszczególnych części układu):

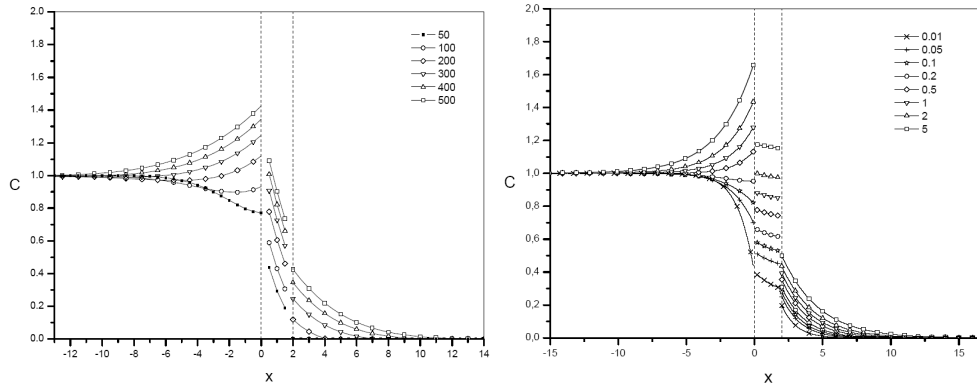
$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = D_i \frac{\partial^{1-i}}{\partial t^{1-i}} \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2},$$

$C$  oznacza stężenie transportowanej substancji. Niech membrana zajmuje przedział  $(x_1, x_2)$ . Warunki brzegowe przyjmują postać

$$C(x_1^-, t) = \lambda_1 C(x_1^+, t), \quad \lambda_2 C(x_2^-, t) = C(x_2^+, t), \quad J(x_1^-, t) = J(x_1^+, t), \quad J(x_2^-, t) = J(x_2^+, t),$$

gdzie  $J$  jest strumieniem subdyfuzyjnym,  $J = -D_i \frac{\partial^{1-i}}{\partial t^{1-i}} \frac{\partial C}{\partial x}$ ,  $\lambda_1, \lambda_2$  określają

przepuszczalność powierzchni membrany. Przykładowe wykresy rozwiązań dla warunku początkowego  $C(x,0) = 1, x < x_1, C(x,0) = 0, x > x_1$ , dla czasów wymienionych w legendzie przedstawione są na rysunkach, dla parametrów  $\alpha=0.9, \beta=0.8, \gamma=0.7, D_\alpha = D_\beta = D_\gamma = 0.1$  (lewy wykres) oraz  $\alpha=0.3, \beta=0.3, \gamma=0.4, D_\alpha = D_\beta = 1, D_\gamma = 10$  (wykres prawy) (wszystkie wartości parametrów są dane w jednostkach umownych). Dodajmy, że same rozwiązania mają zbyt złożoną postać, aby je tu przytaczać.



Rozwiązania mogą posłużyć do wyznaczania parametru subdyfuzji wewnątrz membrany. Załóżmy, iż rozkład stężeń wewnątrz membrany nie jest znany (np. membrana jest nieprzepuszczalna dla promienia laserowego), ale możemy rejestrować stężenia w obszarze

$x > x_2$ . Gdy  $\alpha, \beta \geq \gamma$ ,  $C_2(x_2, t) \approx C_0 \frac{D_\gamma}{\lambda_1 \sqrt{D_\beta} \Gamma(1 - \gamma - \beta/2) d} t^{\gamma - \beta/2}$ . Zależność ta pozwala na

oszacowanie parametru subdyfuzji  $\gamma$  w membranie z doświadczalnie wyznaczonej czasowej ewolucji funkcji stężenia na powierzchni membrany.

## **ZAKŁAD FIZYKI KOMPUTEROWEJ**

### **Skład osobowy**

Prof. dr hab. Wojciech Broniowski - kierownik zakładu,  
dr hab. Anna Okopińska, dr Artur Bojara, mgr Przemysław Kościk,  
mgr inż. Wiesław Sornat

### **Tematyka badawcza**

Zakład prowadzi działalność naukową w zakresie teorii kilkuciałowych i mezoskopowych układów kwantowych, efektywnych modeli oddziaływań silnych oraz komputerowego opisu zderzeń relatywistycznych ciężkich jonów. Jak w wielu dziedzinach fizyki, badania te prowadzone są z intensywnym wykorzystaniem technik i symulacji numerycznych. Obecnie realizowane są następujące tematy:

- badanie korelacji i splątania w układach kilku bozonów lub fermionów w pułapkach kwantowych;
- opis kondensatu Bosego-Einsteina oddziałujących cząstek przy użyciu teoriopolowej metody działania efektywnego dla operatorów złożonych;
- badanie własności klasycznych układów chaotycznych i ich kwantowych odpowiedników;
- badanie struktury pionu w efektywnych chiralnych modelach kwarkowych;
- symulacje zderzeń relatywistycznych ciężkich jonów.

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

Instytut Fizyki Jądrowej PAN im. H. Niewodniczańskiego  
Uniwersytet w Granadzie, Granada, Hiszpania  
Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów

## Korelacji cząstek w anizotropowych pułapkach kwantowych

Anna Okopińska i Przemysław Kościk

W ostatnich latach uzyskano eksperymentalne realizacje mezoskopowych układów o niewielkiej liczbie cząstek, zarówno dla atomów bądź jonów w pułapkach elektromagnetycznych i optycznych, jak również dla elektronów w półprzewodnikowych kropkach kwantowych. Możliwość zastosowania w informatyce kwantowej wskazała na konieczność przeprowadzenia szczegółowych badań teoretycznych korelacji kwantowych w takich układach. Badania nasze dotyczyły zależności korelacji w układach dwucząstkowych od potencjału pułapkującego i oddziaływań międzycząstkowych.

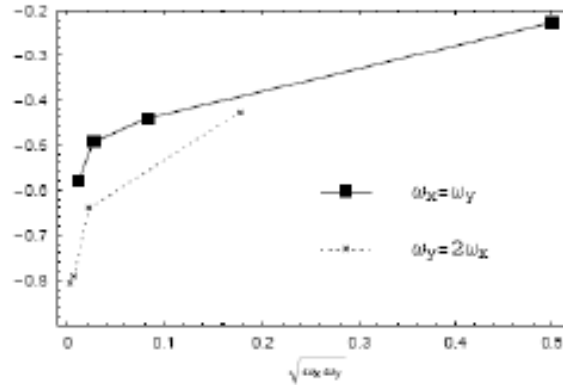
Rozważaliśmy układ elektronów oddziałujących coulombowsko w dwuwymiarowej harmonicznej pułapce anizotropowej  $V(x, y) = \omega_x^2 x^2 + \omega_y^2 y^2$ ,

stanowiący realistyczny model kropki kwantowej. Korzystając z rozwiązań dla pułapki izotropowej i otrzymanych uprzednio przez nas dokładnych rozwiązań w przypadku anizotropii 2:1 [1], porównaliśmy zależność różnych miar korelacji od parametru  $\sqrt{\omega_x \omega_y}$  przedstawiającego

stosunek siły pułapkowania do siły oddziaływań [2]. Na rysunku przedstawiona jest taka zależność dla współczynnika

Kutzelnigga. Do badania korelacji przy innych wartościach anizotropii zastosowano oryginalnie opracowaną optymalizowaną metodę mieszania konfiguracji, uzyskując znaczące przyspieszenie zbieżności obliczeń. Badano rozkłady prawdopodobieństwa i różne entropowe miary korelacji w anizotropowej pułapce.

Zastosowaliśmy także optymalizowaną metodę mieszania konfiguracji do badania korelacji w układach dwu-bozonowych w pułapkach jednowymiarowych. Takie układy są obecnie realizowane w atomowych kondensatach Bosego-Einsteina w sieciach optycznych.



Współczynnik Kutzelnigga dla izotropowej i anizotropowej dwu-elektronowej kropki

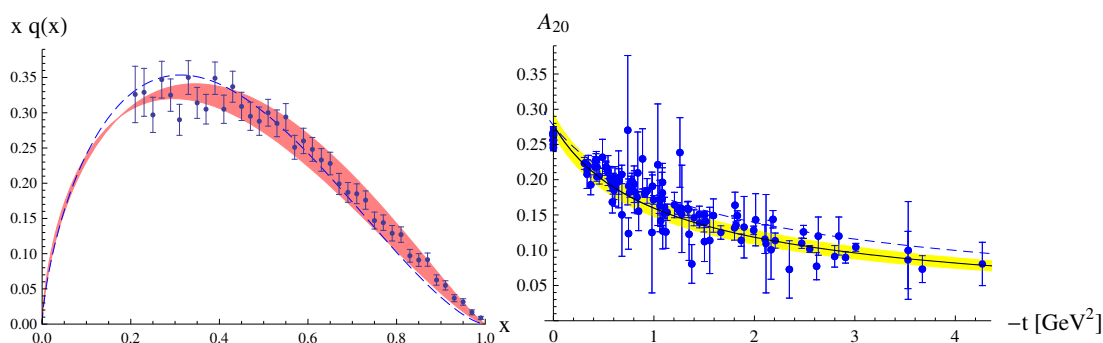
[1] P.Kościk, A. Okopińska, J. Phys. A **40**, 1045 (2007)

[2] P.Kościk, A.Okopińska, J.Opt. Adv. Mat. **10**, 1732 (2008)

## Uogólnione funkcje struktury i czynniki kształtu pionu

Wojciech Broniowski, Enrique Ruiz Arriola<sup>1</sup> i Krzysztof Golec-Biernat<sup>2</sup>

Uogólnione funkcje struktury (GPD - *Generalized Parton Distributions*) zawierają podstawowe informacje dotyczące nieperturbacyjnej dynamiki hadronów, jak rozkłady partonów oraz czynniki kształtu. W pracach [1,2] pokazano, w jaki sposób można w sposób dynamiczny obliczyć te wielkości w różnych wariantach modelu Nambu-Jona-Lasinio (NJL). Wyniki dla kwarkowej (walencyjnej) funkcji struktury oraz dla ładunkowych i grawitacyjnych czynników kształtu porównano z danymi doświadczalnymi oraz z rachunkami chromodynamiki na siatkach. Kluczowym elementem naszej analizy jest ewolucja chromodynamiczna LO DGLAP od skali modelu kwarkowego, która jest bardzo niska i wynosi ok. 320 MeV, do skal danych doświadczalnych, typowo 2-10 GeV. Uzyskana zgodność dla rozlicznych wielkości dla których istnieją dane, zważywszy na prostotę modelu, jest bardzo dobra. Odzwierciedla to fakt, że dla pionów w obszarze miękkiej fizyki podstawowym czynnikiem dynamicznym jest spontaniczne łamanie symetrii chiralnej.



Lewy panel: walencyjna funkcja struktury pionu w funkcji zmiennej Bjorkena  $x$ . Pasma – model NJL, punkty doświadczalne – dane z kolaboracji e615 w Fermilab. Prawy panel: grawitacyjny czynnik kształtu pionu w funkcji kwadratu przekazu pędu  $-t$ . Pasma – model NJL, punkty – dane z rachunków QCD na siatkach.

W pracach [1,2] poczyniono też szereg przewidywań dla GPD w dowolnym obszarze kinematycznym oraz dla czynników kształtu wyższego rzędu, które mogą być zweryfikowane w przyszłych pomiarach chromodynamiki na siatkach.

[1] W. Broniowski, E. Ruiz Arriola, K. Golec-Biernat, Phys. Rev. **D77**, 034023 (2008)

[2] W. Broniowski, E. Ruiz Arriola, Phys. Rev. **D78**, 094011 (2008)

<sup>1</sup> University of Granada, Granada, Hiszpania

<sup>2</sup> Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków i Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów

## **ZAKŁAD INFORMATYKI**

### **Skład osobowy**

Prof. dr hab. inż. Andrzej Dziech – kierownik zakładu,  
prof. dr hab. inż. M. Ziółko, dr hab. inż. M. Głowacki, dr hab. inż. M. Szpyrka,  
dr inż. W. Byrski, dr inż. G. Nalepa, dr inż. I. Pardyka, dr inż. T. Ruś, dr inż. P. Ślusarczyk,  
mgr inż. M. Lutwin, mgr R. Suchanek

### **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

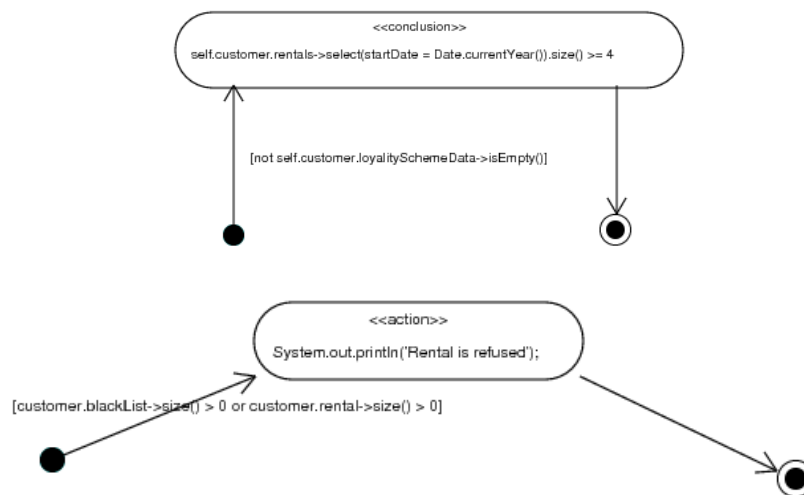
## Analiza możliwości wizualnego modelowania logiki regułowej w UML

Grzegorz J. Nalepa

Regułowe systemy ekspertowe stanowią istotną grupę systemów inteligentnych w Sztucznej Inteligencji. Jest tak ponieważ reguły są intuicyjną metodą reprezentacji wiedzy, a eksperci z łatwością potrafią sformułować swoją wiedzę w ten sposób. Ponadto, w dłuższym czasie, systemy ekspertowe są tańszym rozwiązaniem, ze względu na cenę wiedzy ekspertów.

W ostatnich latach można zaobserwować renesans technologii regułowych głównie za sprawą użycia reguł do modelowania logiki biznesowej w inżynierii oprogramowania. Istotne podejścia to między innymi *Business Rules* i *Business Process Modeling*. Podejścia te starają się zaadaptować istniejące metody reprezentacji, np. standaryzowany przez OMG (*Object Management Group*) język UML (*Unified Modeling Language*), lub też opracować własne. Wśród nowo opracowanych rozwiązań, na uwagę zasługuje notacja do modelowania procesów biznesowych OMG BPMN (*Business Process Modeling Notation*).

Projektowanie baz wiedzy o dużej liczbie reguł jest procesem złożonym. Wizualna reprezentacja takich systemów pozwala poradzić sobie z tą złożonością. Rozpatrywanym w artykule [1] problemem ogólnym jest optymalna (ze względu na proces projektowania) reprezentacja reguł w takich systemach. Rozważana jest możliwość modelowania logiki regułowej dla diagramów UML poprzez dostarczenie odpowiednich ograniczeń w języku OCL (*Object Constraint Language*). Przykłady takich reprezentacji są pokazane poniżej:



[1] K. Kułakowski, G. J. Nalepa, *Using UML state diagrams for visual modeling of business rules*, in International Multiconference on Computer Science and Information Technology, Wisła, Poland, October 20–22, 2008, Proceedings, Vol. 3, Polish Information Processing Society, p. 189.

## Metody przetwarzania kopiowanego tekstu i jego archiwizacja pod kątem wykorzystania w wyszukiwarkach internetowych

*Tomasz Ruś*

Prowadzone badania mają na celu stworzenie systemu wyszukiującego, który umożliwi inteligentne przeszukiwanie zawartości tekstowych, a docelowo ma być rozszerzony o możliwość znajdowania zeskanowanych dokumentów na podstawie ich opisu w postaci niewidzialnego znaku wodnego umieszczonego w danym obiekcie graficznym. Oprócz mechanizmu wyszukiującego, system ma zapewnić bezpieczne zarządzanie przechowywanymi zasobami wraz z mechanizmem uprawnień do poszczególnych tomów akt.

W pierwszym roku powstała aplikacja rozruchowa, która składa się z trzech modułów:

- modułu indeksującego, który występuje w postaci klasycznej, konsolowej aplikacji w Javie;
- modułu wyszukiującego działającego jako servlet;
- modułu przechowującego dane tekstowe i graficzne wykorzystującego server MySQL.

Na obecnym etapie badań została przeprowadzona analiza współcześnie wykorzystywanych metod klasyfikacji i wyszukiwania obiektów tekstowych w języku angielskim, pod względem możliwości ich zastosowania w polskojęzycznym systemie.

Analizą objęto następujące metody:

- „fuzzy search” - zastosowana w międzynarodowym projekcie Knixmas;
- metoda zbiorów odwróconych (ang. *inverted files*) połączona z systemem rekomendacyjnym (ang. *collaborative filtering*) wykorzystana w międzynarodowym projekcie Calibrate.



## Algebry procesów XCCS

*Marcin Szpyrka*

Algebry XCCS stanowią graficzne rozszerzenie standardowego rachunku CCS, opracowane w celu ułatwienia projektowania systemów wbudowanych z użyciem algebr procesów. Podstawową zaletą języka modelowania XCCS jest możliwość określania powiązań między agentami w złożonych systemach współbieżnych w warstwie graficznej, co eliminuje możliwość wystąpienia nieprawidłowych połączeń często spotykanych w rachunku CCS. Prace prowadzone w 2008 dotyczyły opracowania teoretycznego opisu dla XCCS oraz rozwoju narzędzi komputerowych wspierających projektowanie systemów wbudowanych z użyciem XCCS oraz automatyczna ich translację do formatów akceptowanych przez narzędzia weryfikujące (CWB).

[1] K. Balicki, M. Szpyrka, *Formal definition of XCCS modelling language*, Proc of the 17th international conference on Concurrency, Specification and Programming CSP2008, Gross Vaeter (near Berlin), Germany 2008, Vol. 1. pp. 1–12

[2] M. Szpyrka, P. Matyasik, *Formal modelling and verification of concurrent systems with XCCS*, Proceedings of the 7th International Symposium on Parallel and Distributed Computing, Krakow, Poland, 2008, pp. 454–458

# PUBLIKACJE

## Artykuły naukowe

### Publikacje w czasopismach z listy filadelfijskiej

- 1) J. Czub, D. Banaś, A. Błaszczyk, J. Braziewicz, I. Buraczewska, J. Choiński, U. Górak, M. Jaskóła, A. Korman, A. Lankoff, H. Lisowska, A. Łukaszek, Z. Szefliński and A. Wójcik,  
*Biological effectiveness of  $^{12}\text{C}$  and  $^{20}\text{Ne}$  ions with very high LET*  
International Journal of Radiation Biology **84**, 821 (2008)
- 2) I. Fijał-Kirejczyk, M. Jaskóła, W. Czarnacki, A. Korman, D. Banaś, J. Braziewicz, U. Majewska, J. Semaniak, M. Pajek, W. Kretschmer, T. Mukoyama, D. Trautmann, and G. Lapicki,  
*Coupling and binding-saturation effects in L-subshell ionization of heavy atoms by 0.3–1.3-MeV/amu Si ions*  
Physical Review A **77**, 032706 (2008)
- 3) I. Fijał-Kirejczyk, M. Jaskóła, A. Korman, D. Banaś, J. Braziewicz, J. Choiński, U. Majewska, M. Pajek, W. Kretschmer, G. Lapicki, T. Mukoyama and D. Trautmann,  
*L-subshell ionization of heavy elements by S ions with energy of 0.4–3.8 MeV/amu*  
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research **B266**, 2255 (2008)
- 4) V. Zhaunerchyk, E. Vigren, W. D. Geppert, M. Hamberg, M. Danielsson, M. Kamińska, M. Larsson and R. D. Thomas,  
*Dissociative recombination of  $\text{BH}_2^+$ : The dominance of two-body breakup and an understanding of the fragmentation*,  
Physical Review A **78**, 024701 (2008)
- 5) E. Vigren, M. Kamińska, M. Hamberg, V. Zhaunerchyk, R. D. Thomas, M. Danielsson, J. Semaniak, P. U. Andersson, M. Larsson and W. D. Geppert,  
*Dissociative recombination of fully deuterated protonated acetonitrile,  $\text{CD}_3\text{CND}^+$ : product branching fractions, absolute cross section and thermal rate coefficient*  
Physical Chemistry Chemical Physics **10**, 4014 (2008)
- 6) M. Kamińska, E. Vigren, V. Zhaunerchyk, W. D. Geppert, H. Roberts, C. Walsh, T. J. Millar, M. Danielsson, M. Hamberg, R. D. Thomas, M. Larsson, M. af Ugglas, and J. Semaniak,  
*Dissociative Recombination of  $\text{D}_3\text{S}^+$ : Product Branching Fractions and Absolute Cross Sections*,  
The Astrophysical Journal **681**, 1717 (2008)
- 7) M. Danielsson, M. Hamberg, V. Zhaunerchyk, A. Ehlerding, M. Kaminska, F. Hellberg, R.D. Thomas, F. Österdahl, A. Källberg, A. Simonsson, A. Paál, M. Larsson and W. D. Geppert,  
*The cross-section and branching fractions for dissociative recombination of the diacetylene cation  $\text{C}_4\text{D}_2^+$* ,  
International Journal of Mass Spectr. **273**, 111 (2008)
- 8) E. Ruiz Arriola and W. Broniowski,  
*Pion electromagnetic form factor, perturbative QCD, and large- $N_c$  Regge models*,  
Physical Review **D78**, 034031 (2008)

- 9) W. Broniowski and E. Ruiz Arriola,  
*Gravitational and higher-order form factors of the pion in chiral quark models*,  
Physical Review **D78**, 094011 (2008)
- 10) W. Broniowski, E. Ruiz Arriola and K. Golec-Biernat,  
*Generalized parton distributions of the pion*,  
AIP Conference Proceedings **1030**, 288 (2008)
- 11) W. Broniowski, E. Ruiz Arriola, K. Golec-Biernat,  
*Generalized parton distributions of the pion in chiral quark models  
and their QCD evolution*,  
Physical Review **D77** 034023 (2008)
- 12) W. Broniowski and B. Biedroń,  
*Rapidity-dependent chemical potentials in a statistical approach*,  
Journal of Physics **G35**, 044018 (2008)
- 13) W. Broniowski, M. Chojnacki, W. Florkowski and A. Kisiel,  
*Uniform description of soft observables in heavy-ion collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV*,  
Physical Review Letters **101**, 022301 (2008)
- 14) M. Chojnacki, W. Florkowski, W. Broniowski and A. Kisiel,  
*Soft heavy-ion physics from hydrodynamics with statistical hadronization:  
Predictions for collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.5$  TeV*,  
Physical Review **C78** 014905 (2008)
- 15) A.E. Dorokhov and W. Broniowski,  
*Pion pole light-by-light contribution to  $g-2$  of the muon in a nonlocal  
chiral quark model*,  
Physical Review **D78**, 073011 (2008)
- 16) W. Florkowski, M. Chojnacki, W. Broniowski and A. Kisiel,  
*Soft-hadronic observables for relativistic heavy-ion collisions at RHIC and LHC*,  
Acta Physica Polonica **B39**, 1555 (2008)
- 17) M. Rybczyński, W. Broniowski and P. Bożek,  
*Glauber Monte-Carlo predictions for LHC*,  
Acta Physica Polonica **B39**, 1725 (2008)
- 18) W. Florkowski,  
*Anisotropic fluid dynamics in the early stage of relativistic heavy-ion collisions*,  
Physics Letters **B668**, 32 (2008)
- 19) A. Białas, M. Chojnacki and W. Florkowski,  
*Early dynamics of transversally thermalized matter*,  
Journal of Physics **G35** 104073 (2008)
- 20) R. Ryblewski and W. Florkowski,  
*General formulation of transverse hydrodynamics*,  
Physical Review **C77**, 064906 (2008)
- 21) W. Florkowski, M. Chojnacki, W. Broniowski and A. Kisiel,  
*Soft-hadronic observables for relativistic heavy-ion collisions at RHIC and LHC*,  
Acta Physica Polonica **B39**, 1555 (2008)

- 22) M. Chojnacki and W. Florkowski,  
*Hydrodynamics of transversally thermalized partons in ultra-relativistic heavy-ion collisions*,  
Acta Physica Polonica **B39**, 721 (2008)
- 23) A. Białaś, M. Chojnacki and W. Florkowski,  
*Early evolution of transversally thermalized partons*,  
Physics Letters **B661**, 325 (2008)
- 24) St. Mrówczyński,  
*Chromodynamic Fluctuations in Quark-Gluon Plasma*,  
Physical Review **D77**, 105022 (2008)
- 25) St. Mrówczyński,  
*Plasma Electromagnetic Fluctuations as an Initial Value Problem*,  
Acta Physica Polonica **B39**, 941 (2008)
- 26) St. Mrówczyński,  
*Unstable Quark-Gluon Plasma at LHC*,  
Acta Physica Polonica **B39**, 1665 (2008)
- 27) C. Alt and NA49 Collaboration,  
*Energy dependence of multiplicity fluctuations in heavy ion collisions at A20 to A158 GeV*,  
Physical Review **C78**, 034914 (2008)
- 28) C. Alt and NA49 Collaboration,  
*Energy dependence of  $\Phi$  meson production in central Pb+Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 6$  to 17 GeV*,  
Physical Review **C78**, 044907 (2008)
- 29) C. Alt and NA49 Collaboration,  
*Energy dependence of  $\Lambda$  and  $\Xi$  production in central Pb+Pb collisions at A20, A30, A40, A80, and A158 GeV measured at the CERN Super Proton Synchrotron*,  
Physical Review **C78**, 034918 (2008)
- 30) C. Alt and NA49 Collaboration,  
*High transverse momentum hadron spectra at  $\sqrt{s_{NN}} = 17.3$  GeV in Pb+Pb and p+p collisions measured by CERN NA49*,  
Physical Review **C77**, 034906 (2008)
- 31) C. Alt and NA49 Collaboration,  
*Pion and kaon production in central Pb+Pb collisions at 20 A and 30 A GeV: Evidence for the onset of deconfinement*,  
Physical Review **C77**, 024903 (2008)
- 32) C. Alt and NA49 Collaboration,  
*Bose-Einstein correlations of  $\pi\pi$ -pairs in central Pb+Pb collisions at A20, A30, A40, A80, and A158 GeV*,  
Physical Review **C77**, 064908 (2008)
- 33) R. Adolphi (M. Rybczyński) et al. (CMS Collaboration)  
*The CMS experiment at the CERN LHC*,  
Journal of Instrumentation **3**, S08004 (2008)

- 34) M.M.Aggarwal (G.Stefanek) et al. [WA98 Collaboration],  
*Suppression of High-pT Neutral Pion Production in Central Pb+Pb Collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 17.3$  GeV Relative to p+C and p+Pb Collisions*,  
Physical Review Letters **100**, 242301 (2008).
- 35) K.Aamodt (G.Stefanek) et al. [ALICE Collaboration],  
*The ALICE experiment at the CERN LHC*,  
Journal of Instrumentation **3**, S08002 (2008)
- 36) G.Wilk and Z.Włodarczyk,  
*Example of the possible interpretation of Tsallis entropy*,  
Physica **A387**, 4809 (2008)
- 37) G.A.Kozlov, O.V.Utyuzh, G.Wilk and Z.Włodarczyk,  
*Some Forgotten Features of the Bose-Einstein Correlations*,  
Physics of Atomic Nuclei **71**, 1502 (2008)
- 38) P.Kościk and A. Okopińska,  
*Particle correlations in anisotropic traps*,  
Journal of Optoelectronics and Advanced Materials **10**, 1732 (2008)
- 39) T. Kosztołowicz and K.D. Lewandowska,  
*Time evolution of the reaction front in a subdiffusive system*,  
Physical Review **E78**, 066103 (2008).
- 40) T. Kosztołowicz,  
*Subdiffusion in a system with a thick membrane*,  
Journal of Membrane Science **320**, 492 (2008).
- 41) K.D. Lewandowska and T. Kosztołowicz,  
*Application of generalized Cattaneo equation to model subdiffusion impedance*,  
Acta Physica Polonica **B39**, 1211 (2008).
- 42) K. Dworecki, K.D. Lewandowska and T. Kosztołowicz,  
*Application of two-membrane system to measure subdiffusion coefficients*,  
Acta Physica Polonica **B39**, 1221 (2008).
- 43) V.V. Begun, M. Gaździcki and M.I. Gorenstein,  
*Power Law in Micro-Canonical Ensemble with Scaling Volume Fluctuations*,  
Physical Review **C78**, 024904 (2008)
- 44) M. Gaździcki,  
*Onset of Deconfinement and Critical Point: NA49 and NA61/SHINE at the CERN SPS*,  
European Physical Journal Special Topics **155**, 37 (2008)
- 45) M. Hauer, V.V. Begun, M. Gaździcki, M.I. Gorenstein, V.P. Konchakovski and B. Lungwitz,  
*Multiplicity fluctuations in relativistic nuclear collisions*,  
Journal of Physics **G 35**, 044064 (2008)
- 46) M. Biernacka, P. Flin and H.A. Harutyunyan,  
*An attempt to test Ambartsumian's idea of galaxy origin. I Galaxy cluster shape*,  
Astrophysics (Astrofizika) **51**, 313 (2008)

### Inne publikacje naukowe

- 1) M. Biernacka, P. Flin, T. Juszczak and E. Panko,  
*On the determination of galaxy structure ellipticity*,  
Odessa Astronomical Publications, **20**, 26 (2008)
- 2) P. Kankiewicz et al.,  
*Comet C/2008 C1 Chen-Gao*,  
Minor Planet Electronic Circulars, 2008-G32 (2008)
- 3) P. Kankiewicz,  
*Comet Observations [B02 Kielce]*,  
Minor Planet Circular 62521, 1 (2008).
- 4) D. Buckley et al. (P. Kankiewicz),  
*Minor Planet Observations [B31 Southern African Large Telescope, Sutherland]*,  
Minor Planet Circular 61989, 7 (2008)
- 5) T.H. Bressi et al. (P. Kankiewicz),  
*2006 RH120*,  
Minor Planet Electronic Circulars, 2008-D12 (2008)
- 6) P. Kankiewicz et al.,  
*Observations of Comets*,  
Minor Planets Electronic Circulars 2008-X62 (2008)
- 7) M. Arabski, S. Wąsik, K. Dworecki i W. Kaca,  
*Analiza interferometryczna dyfuzji ampicyliny przez żel poliakrylowy*,  
Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska,  
Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN **49**,63 (2008)
- 8) K. Kułakowski and Grzegorz J. Nalepa,  
*Using UML state diagrams for visual modeling of business rules*,  
in International Multiconference on Computer Science and Information Technology,  
Wisła, Poland, October 20–22, 2008, Proceedings, Vol. 3, Polish Information  
Processing Society, p. 189
- 9) M. Szpyrka,  
*Exclusion rule-based systems - case study*,  
in International Multiconference on Computer Science and Information  
Technology, Wisła, Poland October 20–22, 2008, Vol. 3, p. 237
- 10) K. Balicki and M. Szpyrka,  
*Formal Definition of XCCS Modelling Language*,  
in Concurrency, Specification and Programming CS&P'2008, Vol. 1, p. 1,  
September 29 - October 1, 2008, Gross Vaeter, Germany
- 11) M. Szpyrka and P. Matyasik,  
*Graphical modelling tool for CCS process algebra*,  
in Software engineering techniques in progress. Proc. of the 3rd IFIP TC2  
Central and East European Conference of Software Engineering Techniques,  
p. 81, October 13-15, 2008, Brno, Czech Republic

- 12) M. Wysocka–Kunisz i L. Nowak, *Współpraca szkoły ze społecznością lokalną w zakresie edukacji środowiskowej*, w Problemy ekologii nr 6/66, Górnośląska Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Mysłowice 2007, s. 322
- 13) M. Wysocka–Kunisz i L. Nowak, *Edukacja dorosłych na rzecz realizacji gminnego programu ochrony środowiska*, Wyd. WSP ZNP i IBE, Warszawa 2007
- 14) M. Wysocka–Kunisz (współautor i red. naukowa), Płyta DVD, *Fizyka w doświadczeniach. Gimnazjum*. MAC Edukacja, Kielce 2008
- 15) M. Wysocka–Kunisz (współautor i red. naukowa), Płyta DVD, *Fizyka w doświadczeniach. Liceum*. MAC Edukacja, Kielce 2008
- 16) M. Wysocka–Kunisz, *Przyroda*, w: C. Jastrzębski (red.), *Na szlaku świętokrzyskiej przygody. Wycieczki szkolne po Kielcach i okolicy w klasach IV-VI*, Wydawnictwo Jedność, Kielce 2008, s.147

### **Monografie**

- 1) P. Flin, J. Krempeć-Krygier, B. Krygier i K. Bajan, *Własności struktur wielkoskalowych we Wszechświecie*, Wydawnictwo UJK, Kielce, 2008
- 2) T. Kosztołowicz, *Zastosowanie równań różniczkowych z pochodnymi ułamkowymi do opisu subdyfuzji*, Wydawnictwo UJK, Kielce, 2008
- 3) M. Szpyrka, *Sieci Petriego w modelowaniu i analizie systemów współbieżnych*, WNT, Warszawa, 2008.

### **Artykuły popularno-naukowe**

- 1) St. Mrówczyński,  
*Kosmiczna pochodnia*,  
POLITYKA **49**, 6 XII 2008

## UDZIAŁ W KONFERENCJACH

### Wykłady na konferencjach międzynarodowych

- 1) W. Broniowski,  
*Solving the RHIC puzzles with hydro+statistical hadronization, workshop,*  
Workshop on the Statistical model of hadron formation and the nature  
of the QCD hadronization process,  
ECT\*, Trento, Italy 4 September 2008
- 2) W. Broniowski,  
*Initial conditions for hydro: implications for phenomenology,*  
IV Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy (WPCF2008),  
Kraków, Poland, 11-14 September 2008
- 3) A. Okopińska\* and P.Kościk,  
*Two-boson correlations in various one-dimensional traps,*  
Fifth International Workshop on Critical Stability of Few-Body Systems,  
Erice, Sicilly, 12-18 October 2008
- 4) M. Rybczyński,  
*Glauber Monte-Carlo predictions for LHC,*  
Cracow Epiphany Conference on LHC Physics,  
Cracow, Poland, 4 - 6 January 2008
- 5) M. Rybczyński,  
*Energy dependence of fluctuations in central Pb+Pb collisions  
from NA49 at the CERN SPS,*  
Quark Matter 2008, Jaipur, India, 4 - 10 February 2008
- 6) T. Kosztołowicz and K.D. Lewandowska,  
*Appliactions of differential equations with fractional derivatives  
to describe subdiffusion,*  
3<sup>rd</sup> IFAC Workshop on Fractional Differentiation and its Applications,  
Ankara, Turkey, 5-7 November 2008
- 7) T. Kosztołowicz and K.D. Lewandowska,  
*Subdiffusion in a carious lesion process,*  
International Workshop on New Trends in Science and Technology,  
Ankara, Turkey, 3-4 November 2008
- 8) R. Maj,  
*Test of Bowler-Sinyukov Treatment of Coulomb Interaction,*  
IV Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy (WPCF2008),  
Kraków, Poland, 11-14 September 2008
- 9) A. Kubala-Kukuś, D. Banaś, W. Cao, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, Y. Kayser,  
M. Pajek, J. Szlachetko, M. Szlachetko, M. Salome and J. Susini,  
*Application of a high-resolution grazing emission X-ray fluorescence  
in material sciences,*  
9th International School and Symposium on Synchrotron Radiation  
in Natural Science (ISSRNS 2008),  
Ameliówka, Poland, 15-20 June 2008

---

\* podkreślony wykładowca



- 10) J. Szlachetko, D. Banaś, W. Cao, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, Y. Kayser, A. Kubala-Kukuś, M. Pajek, M. Szlachetko, M. Salome and J. Susini, *Resonant Raman scattering in synchrotron radiation based X-ray fluorescence analysis*, 2<sup>nd</sup> National Conference: Polish Synchrotron – Beamlines, Ameliówka, Poland, 20-21 June 2008
- 11) M. Pajek *The Kielce EBIT laboratory project*, 5<sup>th</sup> SPARC Workshop, Predeal, Romania, 23-28 September, 2008
- 12) J. Szlachetko, M. Pajek, A. Kubala-Kukuś, D. Banaś, W. Cao, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, M. Kavčič, Y. Kayser, M. Salome and J. Susini, *Application of high-resolution grazing emission X-ray fluorescence (GEXRF) spectroscopy for detection of low level impurities on Si-wafer*, European Conference on X-Ray Spectrometry (EXRS 2008), Cavtat, Dubrovnik, Croatia, 16-20 June 2008
- 13) D. Banaś, M. Pajek, Th. Stoehlker, M. Czarnota, H. F. Beyer, F. Bosch, C. Brandau, S. Chatterjee, A. Gumberidze, S. Hagmann, C. Kozhuharov, D. Liesen, P. H. Mokler, R. Reuschl, U. Spillmann, S. Tachenov, S. Trotsenko, P. Verma, S. Boehm, A. Mueuller, E. W. Schmidt, J.-Cl. Dousse, J. Szlachetko, D. Sierpowski and A. Warczak, *The enhancement effect in K-shell radiative recombination of  $U^{92+}$  ions with cooling electrons*, 21st International Conference on X-ray and Inner-Shell Processes (X08), Paris, France, 22-27 June 2008
- 14) D. Banaś, M. Pajek, Th. Stoehlker, M. Czarnota, H. F. Beyer, F. Bosch, C. Brandau, S. Chatterjee, A. Gumberidze, S. Hagmann, C. Kozhuharov, D. Liesen, P. H. Mokler, R. Reuschl, U. Spillmann, S. Tachenov, S. Trotsenko, P. Verma, S. Boehm, A. Mueuller, E. W. Schmidt, J.-Cl. Dousse, J. Szlachetko, D. Sierpowski and A. Warczak, *The enhancement effect in K-shell radiative recombination of bare uranium ions with cooling electrons*, 5<sup>th</sup> SPARC Workshop, Predeal, Romania, 23-28 September 2008
- 15) G. Stefanek, *NA61/SHINE experimental program*, V Polish Workshop on Relativistic Heavy-Ion Physics - *SHIN(E)ing Physics*, Kielce, 6-7 December 2008
- 16) W. Florkowski, *Hydrodynamics from RHIC to LHC*, Cracow Epiphany Conference on LHC Physics, Kraków, Poland, 4- 6 January 2008
- 17) W. Florkowski, *Solution of the RHIC HBT puzzle*, IV Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy (WPCF2008), Kraków, Poland, 11-14 September 2008

- 18) W. Florkowski,  
*Hydrodynamics & perfect fluids: Uniform description of soft observables in Au Au collisions at RHIC*,  
XXXVIII International Symposium on Multiparticle Dynamics (ISMD2008), Hamburg, Germany, 16-20 September 2008
- 19) W. Florkowski,  
Strangeness in Quark Matter 2008 (SQM2008),  
Beijing, China, 6-10 October 2008
- 20) St. Mrówczyński,  
*Relativistic Heavy-Ion Collisions*,  
Quantum Gravity in Cracow<sup>2</sup>,  
Kraków, Poland, 19-21 December 2008
- 21) St. Mrówczyński,  
*Overview of Event-by-Event Fluctuations*,  
The Fourth Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy (WPCF2008),  
Kraków, Poland, 11-14 September 2008
- 22) St. Mrówczyński,  
*Chromodynamic Fluctuations in Quark-Gluon Plasma*,  
Conference on Strong and ElectroWeak Matter (SEWM2008),  
Amsterdam, The Netherlands, 26-29 August 2008
- 23) St. Mrówczyński,  
*Color Instabilities in Relativistic Heavy-Ion Collisions*,  
Gordon Conference on Nuclear Chemistry,  
New London, New Hampshire, USA, 15-20 June 2008
- 24) St. Mrówczyński,  
*Instabilities in non-Abelian Plasmas*,  
April 2008 Meeting of American Physical Society,  
International Conference on HEDP/HEDLA-08,  
Invited Session: Quark-Gluon Plasmas,  
St. Louis, Missouri, USA, 11-15 April 2008
- 25) St. Mrówczyński,  
*Instabilities of the Quark-Gluon Plasma*,  
Spring 2008 Meeting of American Chemical Society,  
Division of Nuclear Chemistry & Technology,  
Session: Frontiers of Basic & Applied Nuclear Science,  
New Orleans, Louisiana, USA, 6-10 April 2008
- 26) St. Mrówczyński,  
*Quark-Gluon Plasma at LHC*,  
Cracow Epiphany Conference on LHC Physics,  
Cracow, Poland, 4-6 January 2008

- 27) M. Kamińska, J. Semaniak, E. Vigren, V. Zhaunerchyk, W. D. Geppert, M. Danielsson, M. Hamberg, R. D. Thomas, M. Larsson, H. Roberts, C. Walsh, T.J. Millar and M. af Ugglas,  
*Dissociative recombination of  $D_3S^+$ : Absolute Cross Section, Branching Fractions and Astrophysical Application*,  
63 OSU International Symposium on Molecular Spectroscopy,  
Columbus, Ohio, USA, 16-20 June 2008
- 28) P. Flin,  
*Why to Study Shape and Orientation of Galaxy Structures*,  
XV Young Scientist Conference,  
Kiev, Ukraine, 14-18 April 2008

### Wykłady na konferencjach krajowych

- 1) W. Byrski,  
*Badanie teorii strategicznego zarządzania na modelu*,  
XI międzynarodowa konferencja naukowa „Zarządzanie przedsiębiorstwem, teoria i praktyka”,  
27-28 listopada 2008
- 2) W. Byrski,  
*Dlaczego kształcenie informatyki jest, łagodnie mówiąc, niezadowolające*,  
XXIV Jesienne Spotkania Polskiego Towarzystwa Informatycznego,  
Wisła 20-24 października 2008
- 3) M. Głowacki,  
*Informatyczne aspekty systemu informacyjno-decyzyjnego utylizacji odpadów*,  
Seminarium przemysłowe: Utylizacja odpadów hutniczych,  
marzec 2008

### Komunikaty konferencyjne

- 1) W. Broniowski,  
*Generalized parton distribution of the pion from chiral quark models*,  
SCADRON 70 Workshop on Scalar Mesons and Related Topics,  
IST, Lisbon, Portugal, 11-16 February 2008
- 2) T. Kosztołowicz and K.D. Lewandowska,  
*Hyperbolic subdiffusion in a membrane system*,  
21st Marian Smoluchowski Symposium on Statistical Physics,  
Zakopane, 13-18 September 2008
- 3) K.D. Lewandowska and T. Kosztołowicz,  
*Subdiffusion in a spatially restricted membrane system*,  
21st Marian Smoluchowski Symposium on Statistical Physics,  
Zakopane, 13-18 September 2008

- 4) Z. Włodarczyk,  
*Uncertainty relations in terms of Tsallis entropy*,  
International Conference in Statistical Physics,  
Kolympari, Greece, 14-18 July 2008
- 5) M. Biernacka, *Testing the possibility of galaxy ejection*,  
The Conference *VAI00 – Evolution of Cosmic Objects through  
their Physical Activity*,  
Byurakan, Armenia, 15-18 September 2008
- 6) M. Biernacka,  
*Z doświadczeń lektora planetarium UJK*,  
Konferencja „Wybrane zagadnienia w popularyzacji astronomii”,  
UJK, Kielce, 21 listopad 2008
- 7) P. Flin,  
*Some properties of large scale structures Cosmology across Culture*,  
Granada, Hiszpania, 7-13 IX 2008
- 8) P. Flin,  
*Ewolucja struktur wielkoskalowych*,  
Konferencja „Wybrane zagadnienia w popularyzacji astronomii”,  
UJK, Kielce, 21 listopad 2008
- 9) J. Krywult,  
*Luminosity function of galaxies in rich and poor galaxy clusters*,  
Joint European and National Astronomy Meeting 2008,  
Wiedeń, 7-14 September 2008
- 10) J. Krywult,  
*Feniks - nauczanie i popularyzacja astronomii*,  
Konferencja „Wybrane zagadnienia w popularyzacji astronomii”,  
UJK, Kielce, 21 listopad 2008
- 11) J. Szlachetko, M. Pajek, A. Kubala-Kukuś, D. Banaś, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska,  
M. Szlachetko, Y. Kayser, W. Cao, M. Kavčič, M. Salomé and J. Susini,  
*Application of high-resolution grazing emission x-ray fluorescence  
for material sciences*,  
ESRF Users Meeting  
Grenoble, France, 5-7 February 2008
- 12) Y. Kayser, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, W. Cao, M. Szlachetko, J. Szlachetko,  
M. Pajek, D. Banaś, A. Kubala-Kukuś, J. Susini and M. Salomé,  
*Synchrotron radiation based high-resolution grazing emission x-ray fluorescence  
detection of Al-impurities on Si wafers*,  
Annual Meeting of the Swiss Physical Society (SPS) 2008,  
Geneva, Switzerland, 26-27 March 2008
- 13) Y. Kayser, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, W. Cao, J.-L. Schenker, M. Pajek,  
A. Kubala-Kukuś, P. Jagodziński, M. Kavcic and J. Szlachetko,  
*Depth profiling of Al-implanted Si by means of synchrotron radiation based high  
resolution grazing emission x-ray fluorescence*,  
European Conference on X-Ray Spectrometry (EXRS 2008),  
Cavtat, Dubrovnik, Croatia, 16-20 June 2008

- 14) J. Szlachetko, M. Pajek, A. Kubala-Kukuś, D. Banaś, W. Cao, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, M. Kavčič, Y. Kayser, M. Salome and J. Susini,  
*Application of high-resolution grazing emission x-ray fluorescence (GEXRF) in semiconductor nanotechnology,*  
21st International Conference on X-ray and Inner-Shell Processes (X08),  
Paris, France, 22-27 June 2008
- 15) J.-Cl. Dousse, J. Szlachetko, R. Barrett, M. Berset, K. Fennane, J. Hoszowska, A. Kubala-Kukus, M. Pajek and M. Szlachetko,  
*Investigation of the x-ray resonant Raman scattering process around the 1s absorption edge for Si, SiO<sub>2</sub>, Al and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,*  
21st International Conference on X-ray and Inner-Shell Processes (X08),  
Paris, France, 22-27 June 2008
- 16) P. Jagodziński, J. Szlachetko, M. Pajek, A. Kubala-Kukuś, D. Banaś, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, Y. Kayser, M. Salome and J. Susini,  
*Spectra simulations for polycapillary-based wavelength dispersive x-ray spectrometer for micro-fluorescence analysis,*  
21st International Conference on X-ray and Inner-Shell Processes (X08),  
Paris, France, 22-27 June 2008
- 17) M. Czarnota, D. Banaś, M. Berset, D. Chmielewska, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, Y.-P. Maillard, O. Mauron, M. Pajek, M. Polasik, P. A. Raboud, J. Rządkiwicz, K. Słabkowska and Z. Sujkowski,  
*Observation of L- and M-shell x-ray hypersatellites excited in collisions of fast oxygen ions with atoms,*  
21st International Conference on X-ray and Inner-Shell Processes (X08),  
Paris, France, 22-27 June 2008
- 18) M. Czarnota, D. Banaś, M. Berset, D. Chmielewska, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, Y.-P. Maillard, O. Mauron, M. Pajek, M. Polasik, P. A. Raboud, J. Rządkiwicz, K. Słabkowska and Z. Sujkowski,  
*High resolution measurements of molybdenum L-shell satellites and hypersatellites excited by oxygen and neon ions,*  
40<sup>th</sup> European Group for Atomic Systems (EGAS) Conference,  
Graz, Austria, 2-5 July 2008
- 19) M. Polasik, K. Koziół, K. Słabkowska, M. Czarnota and M. Pajek,  
*Influence of changes in the valence electronic configuration on the structure of L-x-ray spectra,*  
14<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Highly Charged Ions (HCI-2008),  
Tokyo, Japan, September 2008
- 20) D. Banaś, M. Pajek, Th. Stoehlker, M. Czarnota, H. F. Beyer, F. Bosch, C. Brandau, S. Chatterjee, A. Gumberidze, S. Hagmann, C. Kozhuharov, D. Liesen, P. H. Mokler, R. Reuschl, U. Spillmann, S. Tachenov, S. Trotsenko, P. Verma, S. Boehm, A. Mueuller, E. W. Schmidt, J.-Cl. Dousse, J. Szlachetko, D. Sierpowski and A. Warczak,  
*The enhancement effect in radiative recombination of bare uranium ions with cooling electrons,*  
14<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Highly Charged Ions (HCI-2008),  
Tokyo, Japan, September 2008

- 21) M. Czarnota, D. Banaś, M. Berset, D. Chmielewska, J.-Cl. Dousse, J. Hoszowska, Y.-P. Maillard, O. Mauron, M. Pajek, M. Polasik, P. A. Raboud, J. Rzakiewicz, K. Słabkowska, Z. Sujkowski,  
*High-resolution x-ray study of multiple ionization of Pd atoms by fast oxygen ions*,  
14<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Highly Charged Ions (HCI-2008),  
Tokyo, Japan, September 2008
- 22) A. Okopińska and P.Kościk,  
*Two-boson correlations in quantum traps*,  
422. WE-Heraeus-Seminar "Quo vadis BEC?",  
Bad Honnef, Germany 29-31 October 2008
- 23) K. Dworecki i S. Wąsik,  
*Badania anomalnej dyfuzji w układzie membrana-żel*,  
Konferencja naukowo-szkoleniowa „Błony biologiczne”,  
Szklarska Poręba, 16-18 maja 2008
- 24) K. Dworecki i S. Wąsik,  
*Experimental studies of subdiffusion coefficients in membrane-gel system*,  
XIV International Seminar on Physics and Chemistry of Solids,  
Lviv, Ukraine, 1-4 June 2008
- 25) M. Arabski, S. Wąsik, K. Dworecki i W. Kaca,  
*Analiza interferometryczna dyfuzji ampiciliny przez żel poliakrylamidowy*,  
VII Konferencja Naukowa Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska,  
Ustroń, 4-7 czerwca 2008
- 26) M. Drabik, K. Dworecki, J. Pilarski, S. Wąsik i J. Żuk,  
*Surface modification by ion multi-implantation*,  
VII-th International Conference, Ion implantation and other applications  
of ions and electrons, ION 2008,  
Kazimierz Dolny, 16-19 June 2008
- 27) M. Arabski, S. Wąsik, K. Dworecki i W. Kaca,  
*Laser interferometric method in measurements of colistin and ampicilin  
diffusion in presence of Proteus sp endotoxins*,  
3<sup>rd</sup> Baltic Meeting on Microbial Carbohydrates,  
Sigtuna, Sweden, 2-4 August 2008
- 28) P. Kankiewicz,  
*Amatorskie i profesjonalne obserwacje komet*,  
Konferencja „Wybrane zagadnienia w popularyzacji astronomii”,  
Kielce, 21 listopada 2008
- 29) P. Kankiewicz i I. Włodarczyk,  
*Pochodzenie planetoid na orbitach wstecznych*,  
Seminarium Mechaniki Nieba,  
Warszawa-Mądralin, 8-11 grudnia 2008
- 30) M. Wysocka-Kunisz,  
Konferencja „Jak uczyć fizyki?”,  
Kielce, 23 lutego 2008

- 31) M. Wysocka–Kunisz,  
*Kształtowanie kompetencji matematyczno – fizycznych uczniów projekt edukacyjny FENIKS,*  
XVIII Jesienna Szkoła Problemy Dydaktyki Fizyki „Szkolna fizyka w zmieniającym się świecie – w poszukiwaniu nowego standardu nauczania”,  
Borowice, 16-21 listopada 2008
- 32) M. Szpyrka,  
*Exclusion rule-based systems - case study,*  
3rd International Symposium Advances in Artificial Intelligence and Applications,  
Wisła, Poland, 20–22 October 2008
- 33) G.J. Nalepa,  
*Using UML state diagrams for visual modeling of business rules,*  
3rd International Symposium Advances in Artificial Intelligence and Applications,  
Wisła, Poland, 20–22 October 2008

## SEMINARIA

### Seminaria w Instytucie\*

- 1) Prof. dr hab. Marek Cieplak, Instytut Fizyki PAN, Warszawa  
*Mechaniczne rozciąganie białek*  
16 stycznia 2008, 15 słuchaczy
- 2) Dr Jacek Niemiec, IFJ PAN  
*Procesy przyspieszania cząstek i generacji pola magnetycznego w plazmie astrofizycznej*  
2 kwietnia 2008, 23 słuchaczy
- 3) Dr hab. Wiesław Tkaczyk, Uniwersytet Łódzki, Łódź  
*Pochodzenie promieni kosmicznych najwyższych energii*  
9 kwietnia 2008, 23 słuchaczy
- 4) Doc. dr hab. Andrzej Horzela, Zakład Astrofizyki IFJ PAN  
*O niespełnionym całkowitym wewnętrznym odbiciu, zjawiskach ponadświetlnych i złamaniu przyczynowości*  
16 kwietnia 2008, 39 słuchaczy
- 5) Prof.dr hab. Marian Jaskóła, IPJ, Warszawa  
*Zastosowanie niskoenergetycznych akceleratorów*  
23 kwietnia 2008, 25 słuchaczy
- 6) Mgr M. Kamińska  
*Rekombinacja dysocjatywna jonów molekularnych o znaczeniu astrofizycznym. Chemia ciemnych obłoków międzygwiazdowych,*  
7 maja 2008, 16 słuchaczy
- 7) Prof. Klim Churyumow, Ukraińska Akademia Nauk, Uniwersytet im.Tarasa Szewczenki w Kijowie  
*Space missions to cometary nuclei*  
14 maja 2008, 22 słuchaczy
- 8) G.Stefanek  
*Superkomputer w Instytucie Fizyki,*  
21 maja 2008, 33 słuchaczy
- 9) W. Broniowski,  
*Nobel 2008*  
22 października 2008, 43 słuchaczy
- 10) M.Pajek,  
*Projekt EBIT*  
12 listopada 2008, 27 słuchaczy
- 11) U. Majewska  
*Instytut Fizyki w teleobiektywie i nie tylko*  
19 listopada 2008, 26 słuchaczy
- 12) P.Flin  
*Kształt gromad galaktyk i orientacja galaktyk,*  
10 grudnia 2008, 25 słuchaczy

---

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



## Seminaria poza Instytutem

- 1) W. Broniowski,  
*Solving the RHIC puzzles*,  
Heavy-Ion Forum, CERN, 31 March 2008
- 2) W. Broniowski,  
*Nobel 2008 dla Nambu*,  
seminarium instytutowe IFJ PAN, 6 listopada 2008
- 3) W. Broniowski,  
*Grawitacyjny czynnik kształtu pionu*,  
IFJ PAN, 2008
- 4) W. Broniowski,  
*Generalized parton distribution of the pion*,  
Coimbra, Portugalia, 2008
- 5) P.Flin,  
*Jak powstawały galaktyki*,  
Zakład Astrofizyki Teoretycznej IFJ, 29 lutego 2008
- 6) P.Flin,  
*O powstawaniu galaktyk*,  
Katedra Astronomii AP, Kraków, 22 kwietnia 2008
- 7) P.Flin,  
*Powstawanie galaktyk*,  
Instytut Fizyki AJD, Częstochowa, 04 kwietnia 2008
- 8) P.Flin,  
*Gromady galaktyk*,  
Sekcja Astronomii Częstochowskiego Towarzystwa Naukowego, 04 czerwca 2008
- 9) St. Mrówczyński,  
*Overview of Event-by-Event Fluctuations*,  
NA49 Collaboration Meeting,  
CERN, Geneva, Switzerland, 17-19 October 2008
- 10) St. Mrówczyński,  
*Instabilities Driven Equilibration of the Quark-Gluon Plasma*,  
Brookhaven National Laboratory, Nuclear Theory/RIKEN Seminar,  
Upton, New York, USA, 3 June 2008
- 11) St. Mrówczyński,  
*Instabilities Driven Equilibration of the Quark-Gluon Plasma*,  
Los Alamos National Laboratory, T-16 Nuclear Physics Seminar,  
Los Alamos, New Mexico, USA, 27 May 2008
- 12) St. Mrówczyński,  
*Instabilities Driven Equilibration of the Quark-Gluon Plasma*,  
Lawrence Berkeley National Laboratory, Heavy-Ion Tea Seminar,  
Berekeley, California, USA, 25 March 2008

- 13) St. Mrówczyński,  
*Chromodynamic Fluctuations in Quark-Gluon Plasma*,  
Program on Nonequilibrium Dynamics in Particle Physics and Cosmology,  
Kavli Institute for Theoretical Physics, University of California,  
Santa Barbara, California, USA, 20 March 2008
- 14) St. Mrówczyński,  
*Color Instabilities in the Quark-Gluon Plasma*,  
Yukawa Internatinal Program for Quark-hadron Sciences "New Frontiers  
in QCD 2008: fundamental problems in hot and/or dense matter",  
Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University,  
Kyoto, Japan, 12 February 2008
- 15) M. Rybczyński,  
*Multiplicity Fluctuations in Collisions of Non-Symmetric Systems*,  
NA49 Collaboration Meeting, Cracow, Poland, 26-28 May 2008
- 16) M. Rybczyński,  
*Multiplicity Fluctuations and Fluctuations of Target Participants*,  
NA49 Collaboration Meeting, Cracow, Poland, 26-28 May 2008
- 17) G. Stefanek,  
*Reconstruction and simulation chain and Castor II*,  
NA49 Collaboration Meeting, Cracow, Poland, 26-28 May 2008
- 18) G. Stefanek,  
*Reconstruction, simulation chain*,  
NA61 Collaboration Meeting, CERN, Geneva, Switzerland, 24 October 2008
- 19) G. Stefanek,  
*Elliptic flow analysis*,  
NA49 Analysis Meeting Kielce, Poland, 14 February 2008
- 20) G. Stefanek,  
*Calibration staus*,  
NA61 Collaboration Meeting, CERN, Geneva, Switzerland, 4 June 2008
- 21) G.Stefanek,  
*Status of NA61 calibration*,  
NA61 Collaboration Meeting, CERN, Geneva, Switzerland, 29 October 2008
- 22) A. Wojtaszek,  
*Magnetic field calibration*,  
NA61 Analysis Meeting, Warsaw, Poland, 14 February 2008
- 23) A. Wojtaszek,  
*Clients overview*,  
NA61 Analysis Meeting, CERN, Geneva, Switzerland, 23 April 2008
- 24) A. Wojtaszek,  
*Transverse momentum vs. multiplicity correlations*,  
NA49 Collaboration Meeting, Cracow, Poland, 26-28 May 2008
- 25) A. Wojtaszek,  
*Transverse momentum and multiplicity correlations in Pb+Pb collisions*  
NA49 Collaboration Meeting, CERN, Geneva, Switzerland, 26 October 2008

- 26) W. Florkowski,  
*Hydrodynamics from RHIC to LHC*,  
Uniwersytet Warszawski, 14 stycznia 2008
- 27) W. Florkowski,  
*Konferencja ISMD2008*,  
połączone seminarium fizyki wysokich energii, IFJ+UJ+AGH,  
tzw. „Białasówka”, 24 października 2008
- 28) P. Kankiewicz,  
*Astrometria i fotometria małych ciał: możliwości małego teleskopu*,  
Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, 4 stycznia 2008
- 29) P. Kankiewicz,  
*Obserwacje komet*,  
Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, 4 stycznia 2008
- 30) T. Kosztołowicz,  
*Zastosowanie równań różniczkowych z pochodnymi ułamkowymi do opisu subdyfuzji*,  
Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski w Katowicach, 27 maja 2008
- 31) T. Kosztołowicz,  
*Subdyfuzyjny model rozwoju próchnicy*,  
Instytut Fizyki PAN, Warszawa, 3 grudnia 2008
- 32) J. Krywult,  
*Gromady galaktyk*,  
Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, Olsztyn, 7 marca 2008
- 33) A. Okopińska,  
*Funkcjonał gęstości dla układu oddziałujących bozonów  
przy ultraniskich temperaturach*,  
Seminarium Teorii Hadronów i Leptonów, IFT UW, 24 kwietnia 2008

## Granty realizowane w Instytucie

### Granty MNiSW

lp.	kierownik	tytuł projektu	dotacja w roku 2008 (zł)
1	Dariusz Banaś	<i>Precyzyjna spektroskopia promieniowania rentgenowskiego emitowanego w relatywistycznych zderzeniach kilkuelektronowych ciężkich jonów z atomami</i>	0
2	Janusz Braziewicz	<i>Rentgenowska mikroanaliza fluorescencyjna: zastosowania w badaniach biomedycznych</i>	0
3	Stanisław Mrówczyński	<i>Opis dwucząstkowych korelacji w zderzeniach relatywistycznych jonów</i>	13 000
4	Stanisław Mrówczyński	<i>Próg na produkcję plazmy kwarkowo-gluonowej w zderzeniach jądrowych</i>	30 598
5	Stanisław Mrówczyński	<i>Produkcja hadronów w zderzeniach jądrowych przy CERN SPS - eksperyment NA49-future, I etap</i>	215 000
6	Marek Pajek	<i>Badanie rekombinacji radiacyjnej jonów <math>U^{92+}</math> z elektronami w procesie chłodzenia elektronowego</i>	46 000
7	Jacek Semaniak	<i>Badanie zderzeń jonów molekularnych z elektronami swobodnymi (rekombinacji dysocjatywnej i rezonansowego tworzenia par) w warunkach niskotemperaturowej plazmy</i>	28 750
8	Tadeusz Kosztołowicz	<i>Eksperymentalne i teoretyczne badania subdyfuzji</i>	0
		Razem	333 348