







# ZAKŁADY FIZYKI TEORETYCZNEJ IV piętro (STRUKTURA)

<a href="#">Zespół Zakładów Fizyki Teoretycznej UJ</a>  (wraz z adresarzem e-mail)	Profesor <a href="#">Jerzy Szwed</a>
<a href="#">Zakład Dyskretnej Teorii Pola</a> 	Profesor <a href="#">Jacek Wośiek</a>
<a href="#">Zakład Fizyki Statystycznej</a> 	Profesor <a href="#">Lech Longa</a>
<a href="#">Zakład Kwantowej Teorii Wielu Ciał</a>	Profesor <a href="#">Andrzej M. Oleś</a>
<a href="#">Zakład Teorii Cząstek</a> 	Profesor <a href="#">Michał Praszalowicz</a>
<a href="#">Zakład Teorii Materii Skondensowanej i Nanofizyki</a> 	Profesor <a href="#">Józef Spałek</a>
<a href="#">Zakład Teorii Pola</a> 	Profesor <a href="#">Henryk Arodź</a>
<a href="#">Zakład Teorii Układów Złożonych</a> 	Profesor <a href="#">Jerzy Jurkiewicz</a>
<a href="#">Zakład Teorii Względności i Astrofizyki</a> 	Profesor <a href="#">Edward Malec</a>
<a href="#">Zakład Zastosowań Metod Obliczeniowych</a> 	Profesor <a href="#">Jerzy Szwed</a>

Na następnych stronach znajdziecie Państwo krótką prezentację ZZFT  
PO BARDZIEJ SZCZEGÓŁOWE INFORMACJE ZAPRASZAMY DO NAS NA IV PIĘTRO  
bądź na strony www Zakładów

# ZAKŁAD DYSKRETNEJ TEORII POLA

ANDRZEJ KOTAŃSKI      ↪ Informatyka stosowana

JACEK WOSIEK      ↪ Dyskretna teoria pola

↪ 1. Teorie cząstek i oddziaływań elementarnych (raczej: fundamentalnych)

Chromodynamika kwantowa – masy hadronów, Model Standardowy - Higgs i co dalej?

↪ 2. Supersymetria

    od 1 do 10 wymiarów czasoprzestrzennych

    od mechaniki kwantowej do kwantowej teorii pola i z powrotem - teoriopolowe

mechaniki kwantowe

↪ 3. Kwantowy kolaps grawitacyjny

PIOTR KORCYL

↪ 1. Supersymetryczne mechaniki kwantowe

↪ 2. Chromodynamika kwantowa na sieci czaso-przestrzennej symulacje Monte Carlo

    DESY, Zeuthen

## DOKTORANCI

MATEUSZ KOREŃ – obliczenia Monte Carlo na sieciach czasoprzestrzennych - zredukowana chromodynamika kwantowa

↳ Seattle, Madrid

ZBIGNIEW AMBROZIŃSKI – supersymetryczne mechaniki kwantowe, metodami operatorów kreacji i anihilacji (przestrzeni Focka)

↳ Poczdam, Kraków

## WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA

Uniwersytet Stanu Washington, Seattle

Instytuty Maxa Plancka: Monachium, Poczdam

CERN

College de France

KTH, Sztokholm (Trzetrzelewski, Hynek)



## PRAKTYKI

Mniej (ale jednak) zaawansowane zagadnienia/zadania z mechaniki kwantowej:  
tunelowanie, rozpraszanie, rozpad rezonansow .

## LICENCJAT

Zaawansowana mechanika kwantowa jednego ciała:

- Całki funkcjonalne oraz ich symulacje Monte Carlo – oscylator harmoniczny
- Operatory kreacji i anihilacji - precyzyjne rozwiązywanie numeryczne nierozwiązywalnych zadań z mechaniki kwantowej

## PRACE MAGISTERSKIE

‘Zadania badawcze’ z mechaniki kwantowej jednego i wielu ciał (czyli teorii pola):

- tunelowanie, instantony
- nowe podejście do całek funkcjonalnych
- równania QCD - widmo mas cząstek elementarnych
- teoriopole mechaniki kwantowej
- polaron nowymi metodami



# Zakład Fizyki Statystycznej

<http://th-www.if.uj.edu.pl/zfs/>

**Andrzej Fuliński**

Ewa Gudowska-Nowak

Lech Longa

Paweł F. Góra

Bartłomiej Dybiec

Jakub Barbasz

Michał Cieśla

**Doktoranci (9):**

Joanna Deperas-Standyło

Bartosz Lisowski

Katarzyna Oleś

Karol Trojanowski



Michał Żabicki

Krzysztof Szczepaniec

Łukasz Kuśmierz

Maciej Majka

**Magistranci: 9**

Michał Świątek

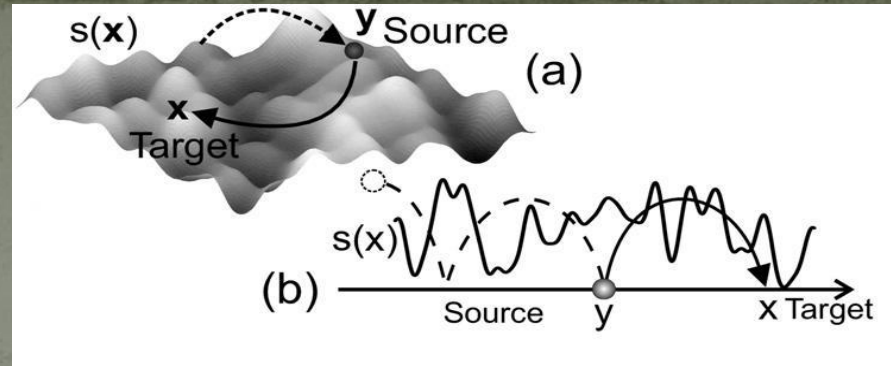
(Informatyka)





## ***Działalność naukowa: od chaosu ku porządkowi*** (Procesy stochastyczne jako narzędzie modelowania zjawisk)

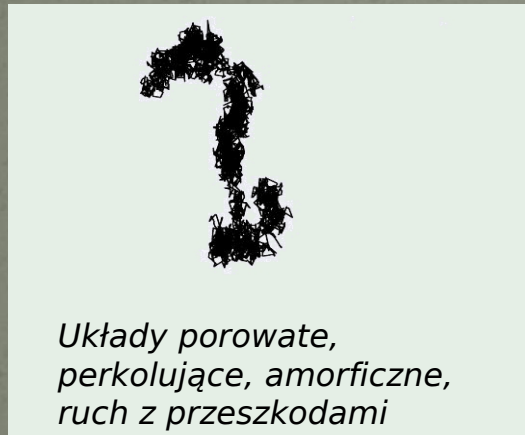
- *Nierównowagowa fizyka statystyczna*
  - *relacje fluktuacyjne i funkcje odpowiedzi, łamanie ergodyczności*
  - *dyfuzja anomalna, transport w nanoskali (w komórkach)*
  - *porządkująca rola szumów i fluktuacji, przejścia fazowe indukowane szumami, rezonans stochastyczny*
- *Populacyjne modele sieciowe (epidemiologiczne, ekonomiczne i społeczne)*
- *Samoorganizacja i funkcjonowanie struktur istotnych z punktu widzenia biologii (DNA)*
- *Spontaniczne łamanie symetrii chiralnej w materii organicznej.*
- *Symulacje Monte Carlo (dynamiką molekularną) materii miękkiej*
- *Przejścia fazowe oraz struktury w układach molekularnych w równowadze oraz nieliniowych sieciach dynamicznych*
- *Adsorpcja molekuł na powierzchniach*



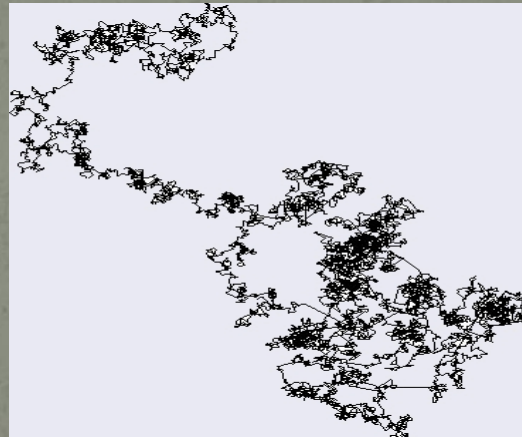
- Dyfuzja anomalna

- $\langle x^2(t) \rangle \sim t^\delta$

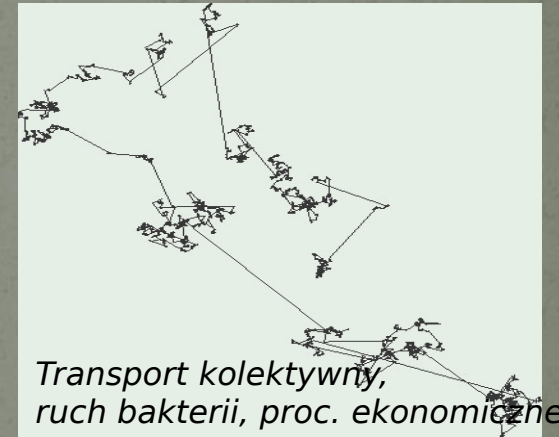
- subdyfuzja ( $\delta < 1$ )



- dyfuzja ( $\delta = 1$ )



- superdyfuzja ( $\delta > 1$ )



**B. Dybiec, E. Gudowska-Nowak**, *Discriminating between normal and anomalous random walks*, Phys. Rev. E 80, 061122 (2009).

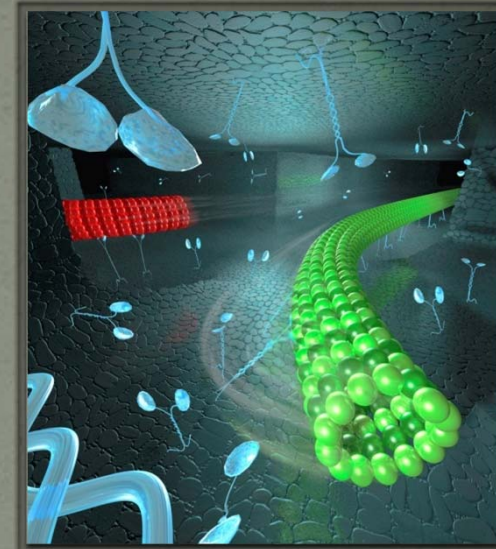
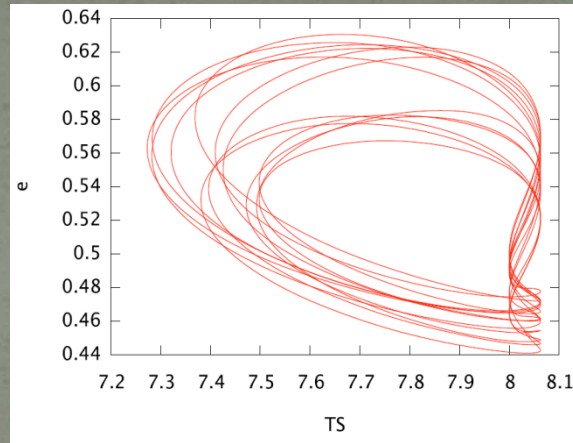
**B. Dybiec, E. Gudowska-Nowak** in: *Fractional Dynamics*, World Scientific, 2012





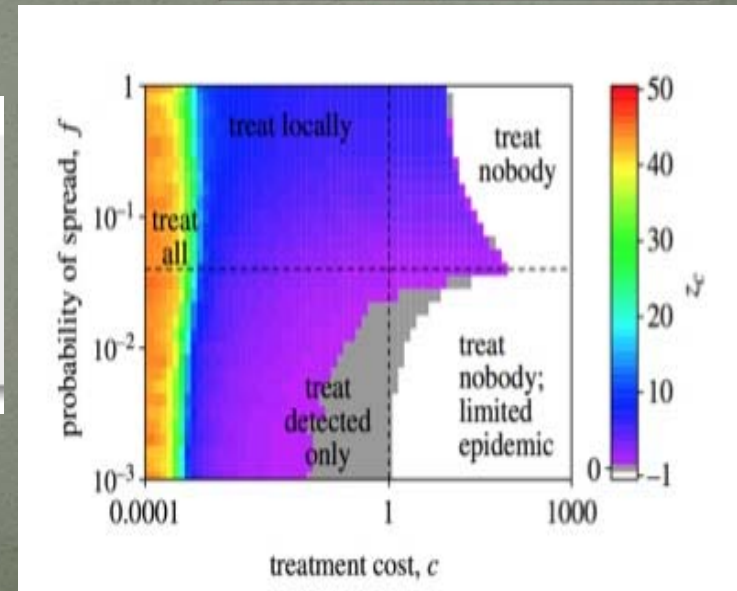
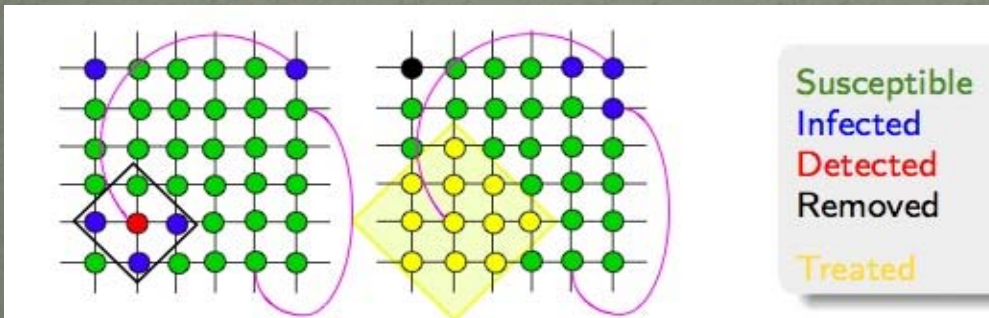
## Relacje fluktuacyjne, sprawność i silniki molekularne

M.Żabicki, W.Ebeling, E. Gudowska-Nowak, *Chemical Physics*, 375 472 (2010)



A. Kleczkowski, K. Oleś,  
E. Gudowska-Nowak, C.A. Gilligan,  
*J. R. Soc. Interface*, 9 158 (2012)

## Kontrola wzrostu epidemii przy ograniczonych środkach ekonomicznych

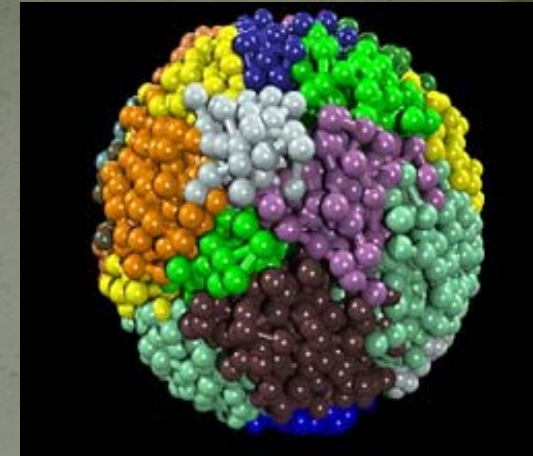




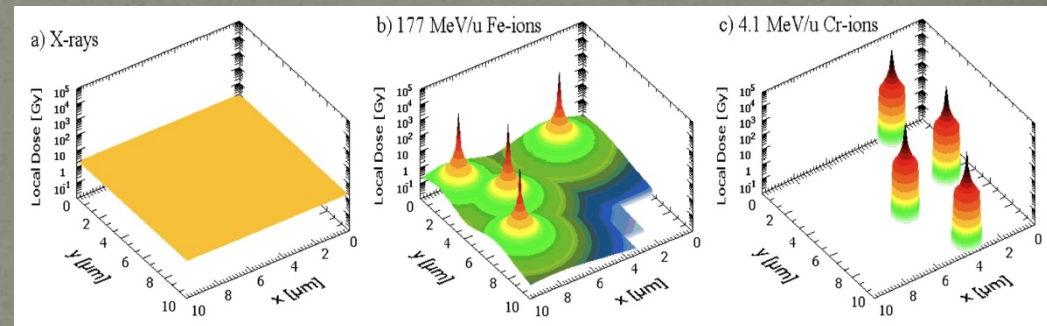
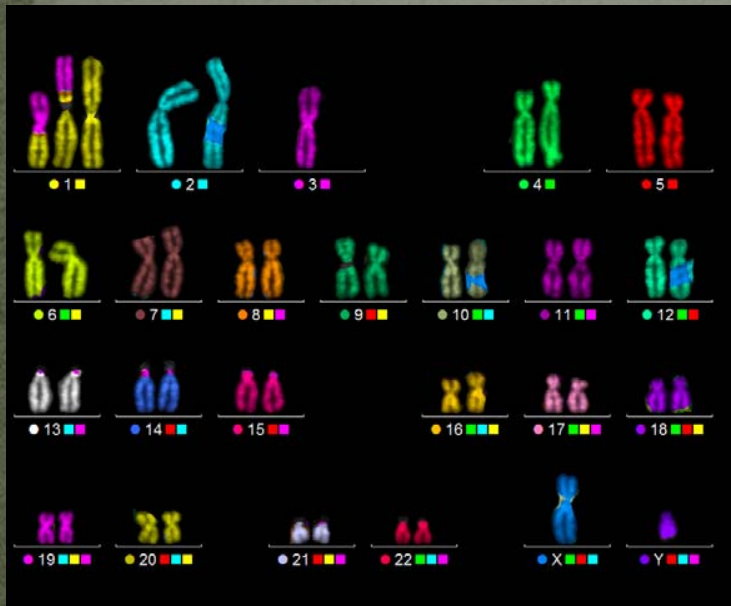
## Modelowanie struktur biopolimerowych

Dynamika indukcji radiacyjnych uszkodzeń chromatyny

Transport ładunkowy w DNA



J. Deperas-Standyło, E. Gudowska-Nowak et al. Eur. J. Phys. D., 60 93 (2010)



- Analiza śladu cząstki
- Kinetyka powstawania i naprawy mutacji chromosomalnych

M. Żabicki, E. Gudowska-Nowak, S. F. Fischer, *Phys. Lett. A* 374, 50 (2009).

Zakład Fizyki Statystycznej IF UJ 2014



# *Samoorganizacja Materii Miękiej* *Synchronizacja sieci dynamicznych*

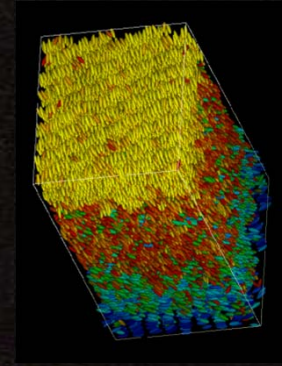
## Przykładowe publikacje:

Phys Rev Lett 107, 027802 (2011).

Phys. Rev. E 79 Rapid Comm, 040701(R) (2009)

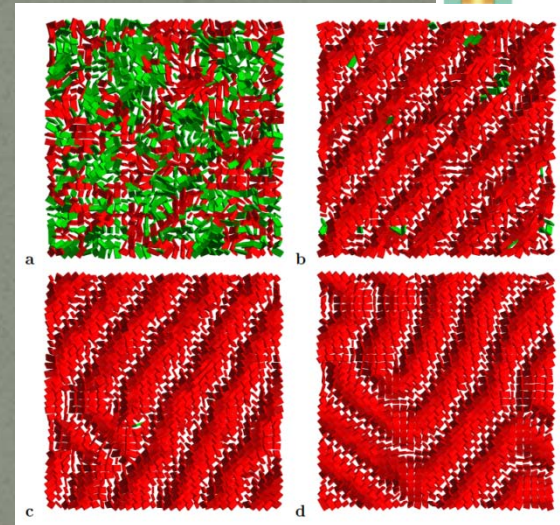
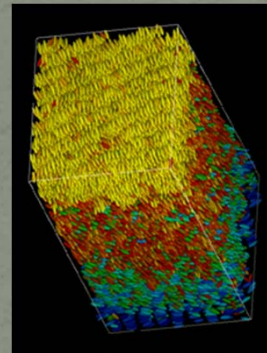
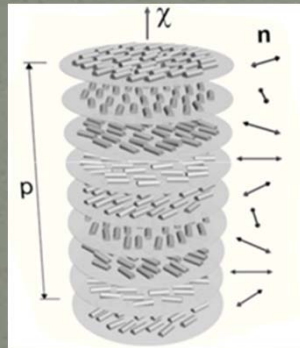
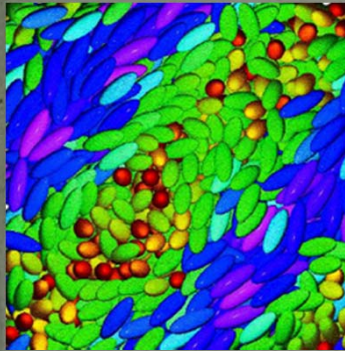
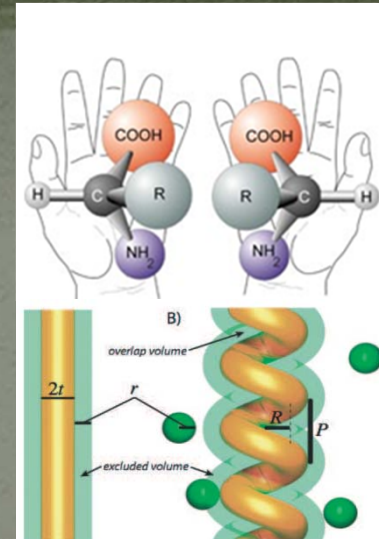
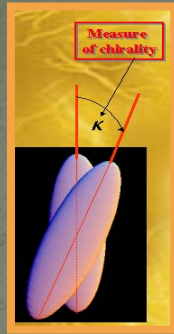
Phys. Rev E 86, 011704 (2012)

**Lech Longa**  
**Michał Cieśla**  
**Grzegorz Pająk**  
**Karol Trojanowski**





# Spontaniczne łamanie symetrii chiralnej



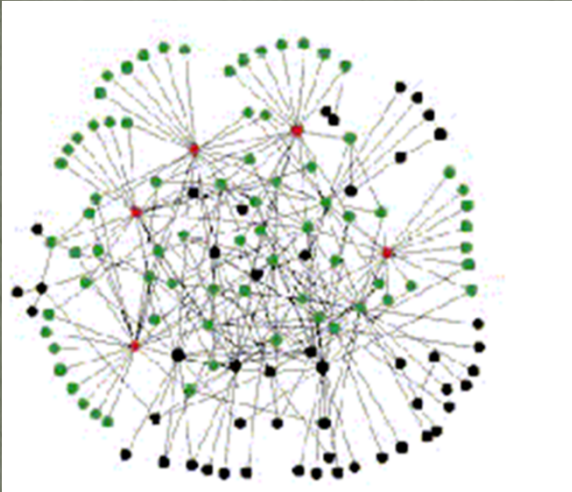
W. Józefowicz and L. Longa,  
 "Frustration in Smectic Layers of polar Gay-Berne systems"  
 Phys. Rev. E 76, 011701 (2007)

L. Longa, G. Pająk and T. Wydro  
 "Chiral Symmetry Breaking in Bent-Core Liquid Crystals"  
 Phys. Rev. E 79 Rapid Communication, 040701(R) (2009).

- Symulacje Monte Carlo + Teoria Lokalnego Funkcjonału Gęstości dla modelowych układów ciekłokrystalicznych: fazy nematyczne dwuosiove, powstawanie struktur chiralnych, zagadnienie frustracji materii miękkiej, defekty.



# Synchronizacja i powstawanie struktur w sieciach dynamicznych



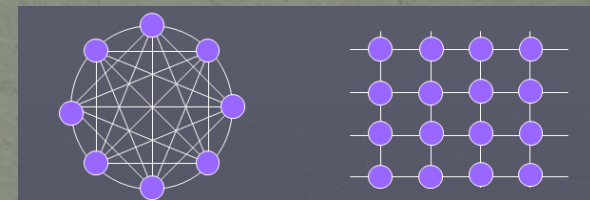
$$\frac{d\phi_i}{dt} = \omega_i - \frac{J}{N} \sum_{j=1}^N \sin(\phi_i - \phi_j)$$

$$\frac{d\phi_i}{dt} = \omega_i - J \sum_{j=1}^N a_{ij} \sin(\phi_i(t - \tau_{ij}) - \phi_j(t))$$

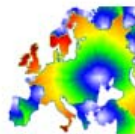
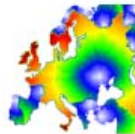
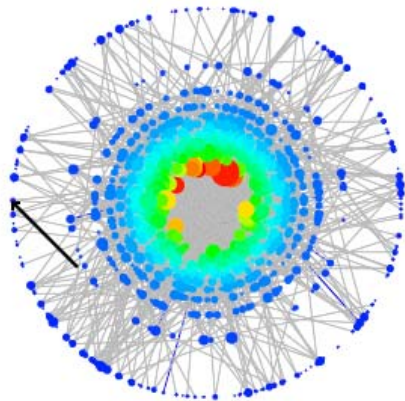
- Symulacje sieci dynamicznych z opóźnionymi oddziaływaniami: zagadnienie synchronizacji sieci dynamicznych; powstawanie struktur czasoprzestrzennych; dynamiczne, przejścia fazowe (na przykładzie uogólnionych modeli Kuramoto).

R. Morgado, M. Cieřła, L. Longa and F. Oliveira  
“Synchronization in the presence of memory”  
Europophys. Lett. 79, 10002 (2007).

K. Trojanowski and L. Longa,  
Synchronization of Phase-coupled Oscillators with  
Distance-dependent Delay”  
arXiv:1008.0494v1 ; (submitted to PRE)



# Bartłomiej Dybiec – nierównowagowa fizyka statystyczna i jej zastosowania, algorytmy genetyczne i ewolucyjne, metody Monte Carlo



- optymalizacja strategii powstrzymywania epidemii
- badanie własności i mechanizmów powstawania sieci dynamicznych
- dyfuzja i ewolucja w ośrodkach niejednorodnych
- zastosowanie algorytmów genetycznych do optymalizacji strategii poszukiwawczych
- algorytmy ewolucyjne: badanie adaptacji w zmiennym środowisku
- dynamika układów anomalnych oraz zjawiska indukowane szumami (stochastyczne równania różniczkowe)





## **Projekty z zakresu fizyki komputerowej i metod numerycznych (P.F. Góra)**

- rezonans stochastyczny:
- synchronizacja
- falki (wavelets) w analizie szeregów czasowych
- stochastyczne układy algebraiczno-różniczkowe: układy mechaniczne z więzami poddane działaniu sił stochastycznych, dyfuzja w ograniczonych geometriach
- Układy z szumami przestrzennie skorelowanymi

*[th-www.if.uj.edu.pl/zfs/gora/varia/100years.pdf](http://th-www.if.uj.edu.pl/zfs/gora/varia/100years.pdf)*

*J. Ochab, P. F. Góra, Eur. Phys. J. B, 81, 373, (2011)*

*M. Majka and P. F. Góra, Polymer unfolding and motion synchronization induced by spatially correlated noise, Phys. Rev. E 86, 051122 (2012).*

1. Charakterystyka rezonansu stochastycznego za pomocą falek.
2. Rezonans stochastyczny w układach z więzami.
3. Synchronizacja niekołowych cykli granicznych.
4. Filtracja sygnałów zaburzanych szumami kolorowymi.
5. Reguły automatycznego uczenia w analizie tekstów maksymalnie ergodycznych.

Tematy prac licencjackich (dla informatyków):

- a. Wizualizacja rezonansu stochastycznego.
- b. Algorytmy heurystyczne w faktoryzacji Cholesky'ego.

1-3 dla fizyków,  
4 raczej dla informatyków,  
5 tylko dla informatyków;





## *Współpraca międzynarodowa*

(Université de Nancy) Tomasz Wydro  
(Università di Pavia) Fulvio Bisi  
(Kent State University USA) David Allender  
(Universidade de Brasilia) Fernando Oliveira  
(Humboldt Universität Berlin) Lutz Schimansky-Geier, Igor Sokolov, Werner Ebeling  
(GSI, Darmstadt) Marco Durante, Sylvia Ritter  
(University of Palermo) Bernardo Spagnolo  
(University of Stirling) Adam Kleczkowski  
(Universitat de Barcelona) Francesc Sagues  
(East Carolina University USA) Martin Bier  
(University of Glasgow) Michael Osipov



## Programy międzynarodowe

**Cognitive Project**

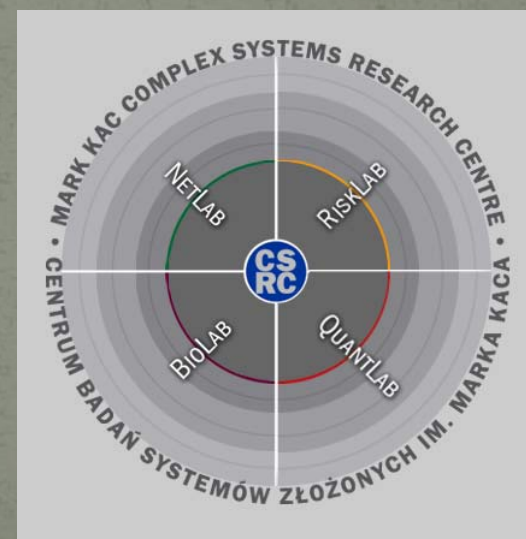
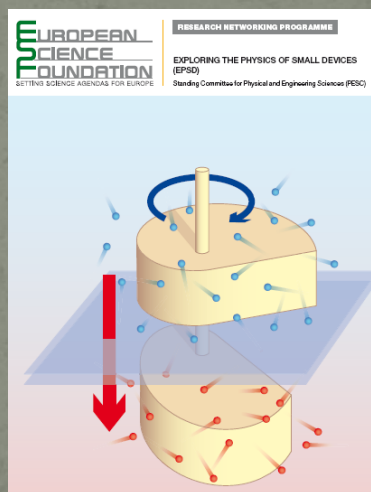
NAUKOWCY      PUBLIKACJE      PRZEDSIĘBIORCY

INNOVATIVE ECONOMY      FNP Foundation for Polish Science      EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

home    conditions    recruitment    projects    foreign partners    contact

**Jagiellonian University  
International Ph.D. Studies  
in Physics of Complex Systems**

*International  
Neuroinformatics  
Coordinating Facility  
INCF*



Zakład Fizyki Statystycznej IF UJ 2014

# Zakład Kwantowej teorii wielu ciał (silnie skorelowane elektrony; modele spinowe)

Jacek Dziarmaga  
Andrzej Michał Oleś  
Krzysztof Rościszewski



## Teoria silnie skorelowanych fermionów

modele faz uporządkowanych ( magnetyzm, high-Tc )  
struktury modulowane ( **stripe phases** )  
złożone fazy uporządkowane ( **domain flux phases** )  
nowe stany materii: ciecz spinowo-orbitalna, frustracja  
kwasicząstki w modelach skorelowanych elektronów

## Modele spinowe i spinowo-orbitalne

*frustration* oddziaływań spinowych (pseudospinowych)  
splątanie kwantowe ( **entanglement** ) -- również dla  $T>0$  !  
opis danych doświadczalnych: przejścia fazowe, wzbudzenia, ...



# Projekty badawcze i współpraca

1. Projekty badawcze ( z udziałem ekspertów światowych )

**Grupa realizuje regularnie 2-3 projekty badawcze z udziałem studentów i doktorantów**

**( badania we współpracy z ośrodkami za granicą, wyjazdy na konferencje, honoraria )**

**Możliwość realizacji projektów magisterskich i doktorskich:**

projekt MAESTRO: <http://th.if.uj.edu.pl/~nowefazy/>

2. Ośrodki aktualnie współpracujące:

Instytut Maxa-Plancka do Badań Ciała Stałego, Stuttgart, Niemcy

Uniwersytet British Columbia, Vancouver, Kanada

Uniwersytet w Caen, Francja

Techniczny Uniwersytet w Grazu, Austria

Uniwersytet w Salerno, Włochy

3. Staże podoktorskie ( postdoc ) za granicą dla naszych doktorantów:

doktorat

**W. Brzezicki** (2012) – Uniwersytet w Salerno, Włochy

**K. Wohlfeld** (2009) – Uniwersytet w Stanford, USA

**M. Raczkowski** (2005) – Uniwersytety w Wurzburgu i Monachium, Niemcy

# Możliwe projekty badawcze

Przykładowe tematy prac:

1. Magisterskie:

- Wzbudzenia i diagramy fazowe w modelach kwantowych spinów lub fermionów na sieci z frustracją oddziaływań;
- Poprawki kwantowe w wybranych modelach spinowych z uporządkowaniem w stanach podstawowych ( oferta aktualna od 1 maja 2014, możliwość honorarium )

2. Licencjackie:

- Skalowanie układów skończonych z oddziaływaniem do granicy termodynamicznej ( finite size scaling )
- Wzbudzenia w modelach pseudospinowych: istnienie przerwy oraz relacje dyspersji fal spinowych

## Exact spectral function for hole-magnon coupling in a ferromagnetic CuO<sub>3</sub>-like chain

Krzysztof Bieniasz<sup>1,\*</sup> and Andrzej M. Oleś<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Marian Smoluchowski Institute of Physics, Jagellonian University, Reymonta 4, PL-30059 Kraków, Poland

<sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Heisenbergstrasse 1, D-70569 Stuttgart, Germany

PRL 112, 117204 (2014)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending  
21 MARCH 2014

## Topological Order in an Entangled SU(2) ⊗ XY Spin-Orbital Ring

Wojciech Brzezicki,<sup>1</sup> Jacek Dziarmaga,<sup>1</sup> and Andrzej M. Oleś<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Marian Smoluchowski Institute of Physics, Jagellonian University, Reymonta 4, PL-30059 Kraków, Poland

<sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Heisenbergstrasse 1, D-70569 Stuttgart, Germany

(Received 15 August 2013; published 18 March 2014)

PRL 109, 237201 (2012)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending  
7 DECEMBER 2012

Selected  
recent papers  
PhD students  
& postdocs

## Noncollinear Magnetic Order Stabilized by Entangled Spin-Orbital Fluctuations

Wojciech Brzezicki,<sup>1</sup> Jacek Dziarmaga,<sup>1</sup> and Andrzej M. Oleś<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Marian Smoluchowski Institute of Physics, Jagellonian University, Reymonta 4, PL-30059 Kraków, Poland

<sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Heisenbergstrasse 1, D-70569 Stuttgart, Germany

(Received 15 August 2012; published 3 December 2012)

EPL, 96 (2011) 27001

doi: 10.1209/0295-5075/96/27001

www.epljournal.org

## Spin-orbital physics for p orbitals in alkali RO<sub>2</sub> hyperoxides —Generalization of the Goodenough-Kanamori rules

K. WOHLFELD<sup>1</sup>, M. DAGHOFER<sup>1</sup> and A. M. OLEŚ<sup>2,3(a)</sup>

<sup>1</sup>IFW Dresden - P. O. Box 27 01 16, D-01171 Dresden, Germany, EU

<sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Festkörperforschung - Heisenbergstrasse 1, D-70569 Stuttgart, Germany, EU

<sup>3</sup>Marian Smoluchowski Institute of Physics, Jagellonian University - Reymonta 4, PL-30059 Kraków, Poland, EU

QMBT

# Noncollinear Magnetic Order Stabilized by Entangled Spin-Orbital Fluctuations

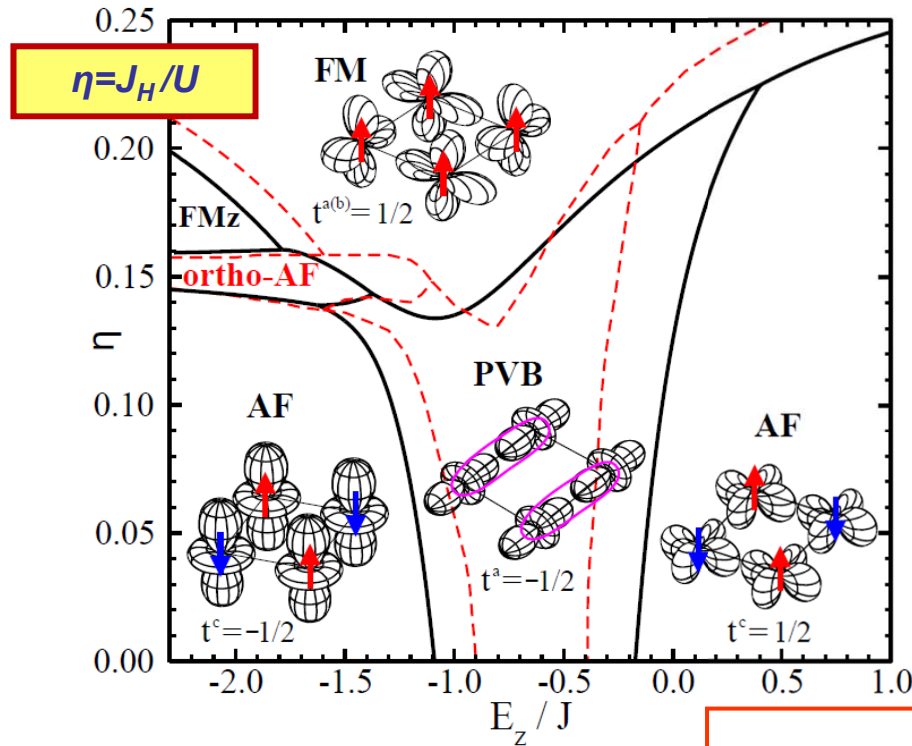
Wojciech Brzezicki,<sup>1</sup> Jacek Dziarmaga,<sup>1</sup> and Andrzej M. Oleś<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Marian Smoluchowski Institute of Physics, Jagellonian University, Reymonta 4, PL-30059 Kraków, Poland

<sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Heisenbergstrasse 1, D-70569 Stuttgart, Germany

(Received 15 August 2012; published 3 December 2012)

## Variational approach to entanglement



Phase diagram 2D KK model

QMBT

$$|\Psi_{SO}\rangle \simeq \exp\left(-\frac{1}{|\varepsilon_z|} \sum_{\langle ij \rangle || \gamma} \mathcal{D}_{ij}^\gamma\right) |\Phi_0\rangle$$

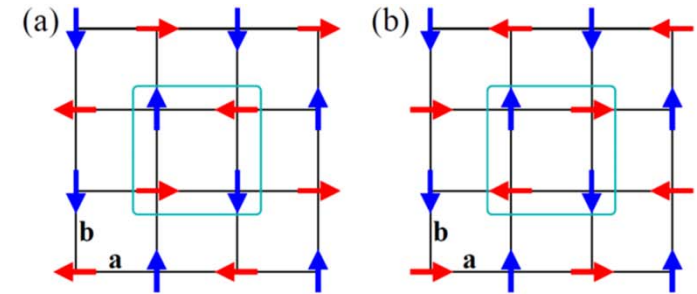


Figure 3. (color online). Schematic view of two nonequivalent spin configurations (a) and (b) of the classical ortho-AF phase

Full spin-orbital ground state:

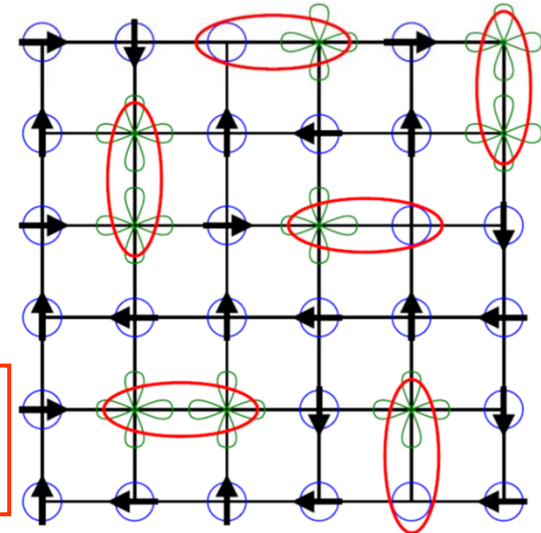
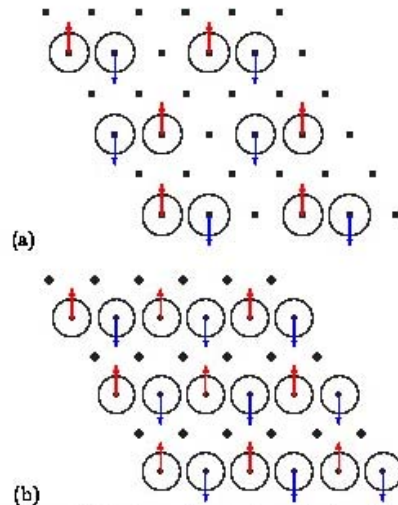


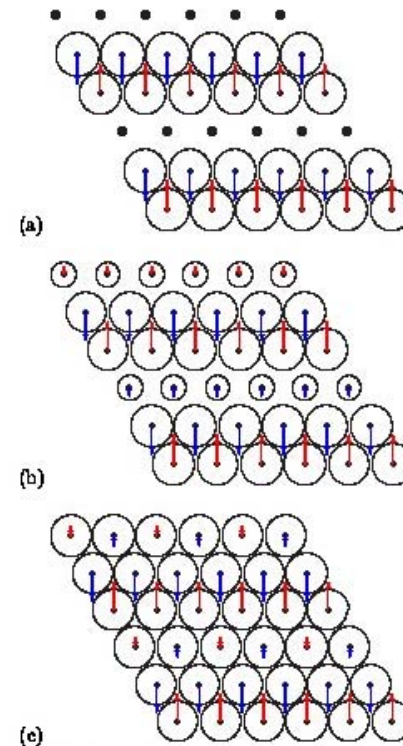
Figure 5. (color online). Artist's view of the ortho-AF state



# Tlenki kobaltu



The effective five-band model for  $t_{2g}$  and  $e_g$  electrons to describe doped cobalt oxides with  $\text{Co}^{3+}$  and  $\text{Co}^{4+}$  ions in two-dimensional  $\text{CoO}_2$  triangular lattice layers, such as in  $\text{Na}_{1-x}\text{CoO}_2$ . Visible are stripe-like structures of high-spin doped holes (spin values at sites with decreased electron density are very close to  $S = \frac{5}{2}$ ) in ground states for dopings: (a)  $x = \frac{1}{3}$  (upper panel) and (b)  $x = \frac{2}{3}$  (lower panel). Dots correspond to lattice sites (in  $6 \times 6$  cluster with periodic boundary conditions), i.e. the dot corresponds to the unit: one cobalt ion+surrounding oxygen ions. Arrows indicate high-spin states and each circle corresponds to  $\sim 0.8e$  hole charge. High HOMO-LUMO gaps indicate that the ground states are insulating.



Thick stripe-like walls of high-spin doped holes (spin values are very close to  $S = \frac{5}{2}$ ) in ground states for dopings: (a)  $x = \frac{4}{6}$  (upper panel), (b)  $x = \frac{5}{6}$  (middle panel), and (c)  $x = 1$  (lower panel). Hole charges  $\sim 1e$ , smaller circles (a)  $\sim 0.6e$ , small spins in (b)  $\sim \frac{1}{2}$ , and small spin in (c)  $S \sim \frac{1}{2}$ . High HOMO-LUMO gaps indicate that the ground states are insulating.

*Dziękuję Państwu za uwagę !*

Konferencje i warsztaty z udziałem ekspertów światowych



**Entanglement in Spin & Orbital Systems**

18-22 June 2008, Cracow, Poland

*Workshop organized by the ESF Program Highly Frustrated Magnetism*

QMBT

<http://th-www.if.uj.edu.pl/hfm2008/>

7

# Jacek Dziarmaga: Kwantowe sieci tensorowe

Kwantowe sieci tensorowe to funkcje falowe i algorytmy do opisu silnie splątanych kwantowo spinów lub elektronów

Twarde obliczenia,  
subtelne narzędzia

Zobacz na przykład:  
Ł. Cincio, J.D. & M.M. Rams  
Phys. Rev. Lett. 100, 240603 (2008)

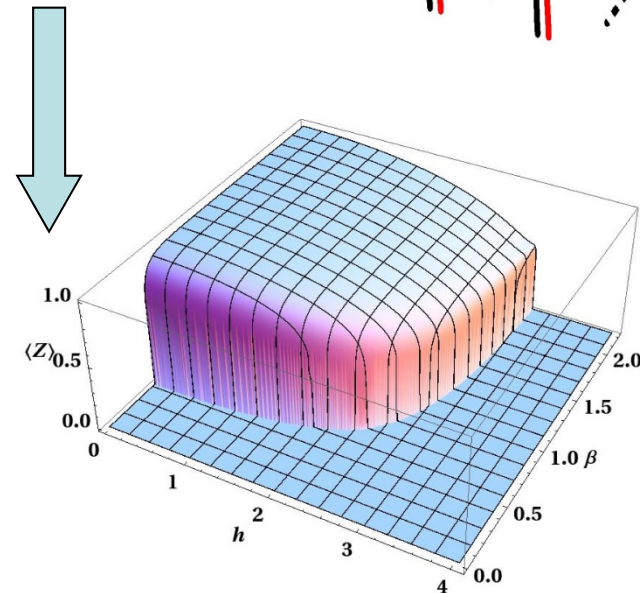
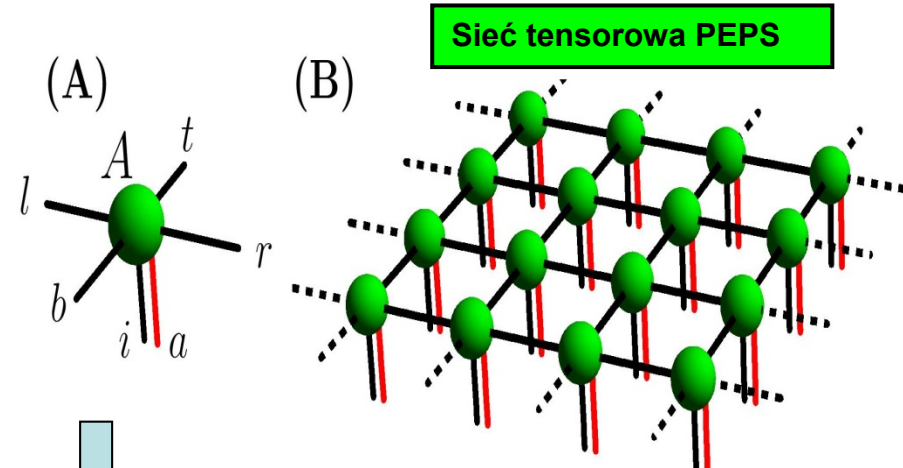
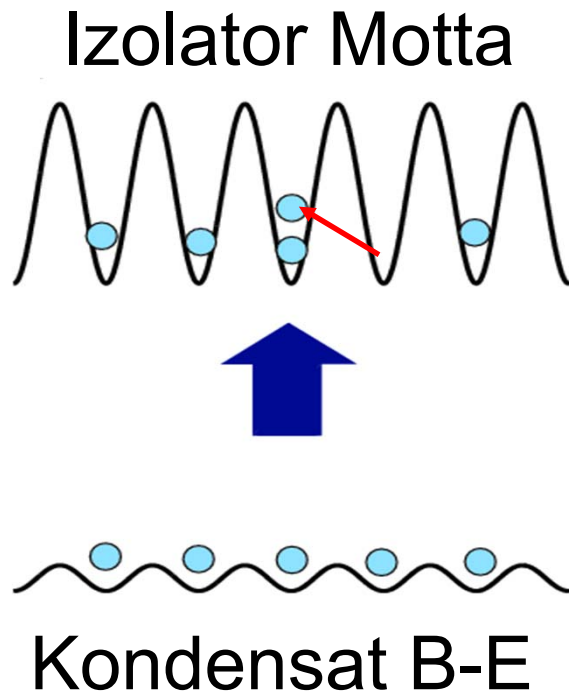


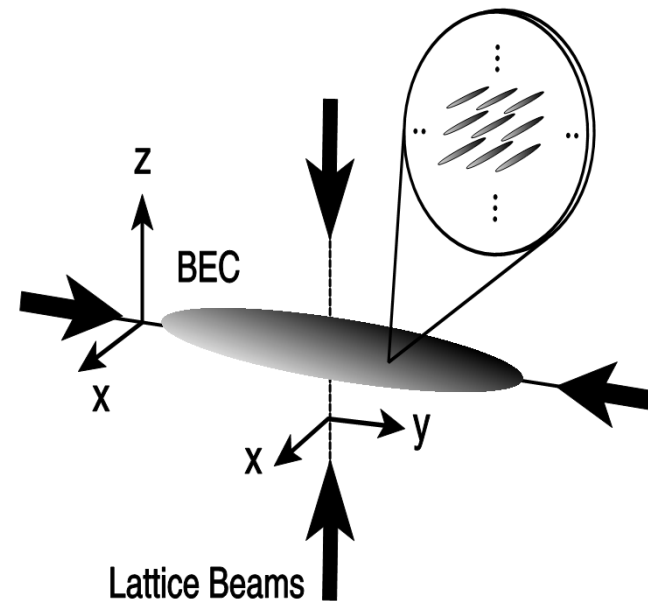
Diagram fazowy układu spinów  
uzyskany za pomocą sieci PEPS

# Jacek Dziarmaga: Dynamika kwantowych przejść fazowych

Kwantowe przejście fazowe  
nie może być adiabatyczne



Od ścisłych rozwiązań  
do klarownych eksperymentów



Eksperyment w zimnych  
gazach atomowych

Zobacz na przykład:  
J.D.  
Advances in Phys. 59, 1063 (2010)



# Jacek Dziarmaga: Topologiczny kot Schrodingera w pułapce jonowej

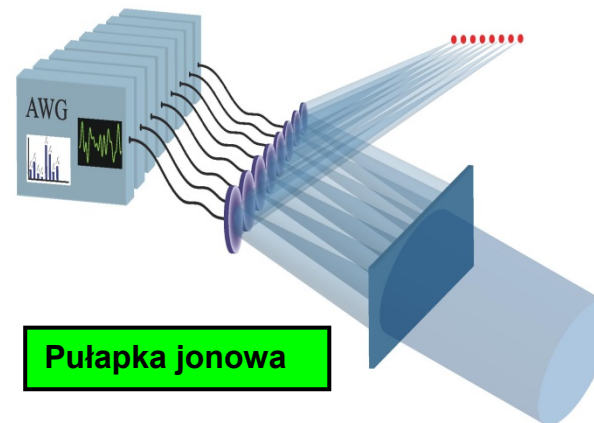
Prosty model: kwantowy łańcuch Isinga

$$H = - \sum_{n=1}^N \left( g \sigma_n^x + \sigma_n^z \sigma_{n+1}^z \right)$$

Filozofia  
doświadczalna

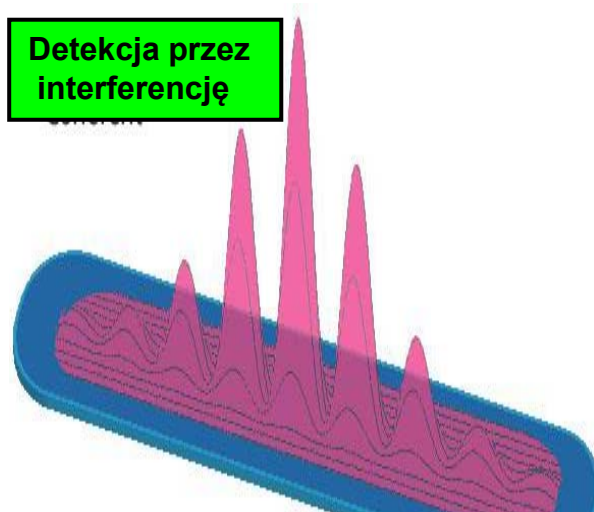


Spiny w superpozycji stanów  
„w górę” i „w dół”



Pułapka jonowa

Detekcja przez  
interferencję



Zobacz:  
J.D., W.H. Żurek & M. Zwolak  
Nature Physics 8, 49 (2012)

**1. Prace lic./mgr./dr**

**2. Projekt badawczy OPUS:  
stypendia dla studentów/doktorantów**

**3. Staże podoktorskie:**

**Łukasz Cincio – Brisbane, Perimeter Institute**

**Marek Rams – Los Alamos, Wiedeń**

**Marek Tylutki – Trento**

**Dziękuję  
za uwagę!**



# Zakład Teorii Cząstek

- Prof. Andrzej Białas
- Prof. Wiesław Czyż
- Prof. Kacper Zalewski
- Prof. Krzysztof Fiałkowski
- Prof. Romuald Wit
- Prof. Michał Praszalowicz
- Dr Zofia Gołąb-Meyer
- Dr hab. Mariusz Sadzikowski
- Dr hab. Leszek Motyka
- Dr Adam Bzdak '07 (Brookhaven)
- Dr Jan Kotański '05 (Hamburg)
- Dr Sebastian Sapeta '08 (CERN)
- Dr Piotr Kotko '12 (IFJ-PAN)
- Dr Tomasz Partyka '12 (AGH)
- mgr Tomasz Setebel
- mgr Agnieszka Kwiecińska

Aleksandra Lelek, Marek Niedziela

rok 2011-13: 45 prac, w tym

31 prac opublikowanych

sumaryczna liczba cytowań: ponad 200



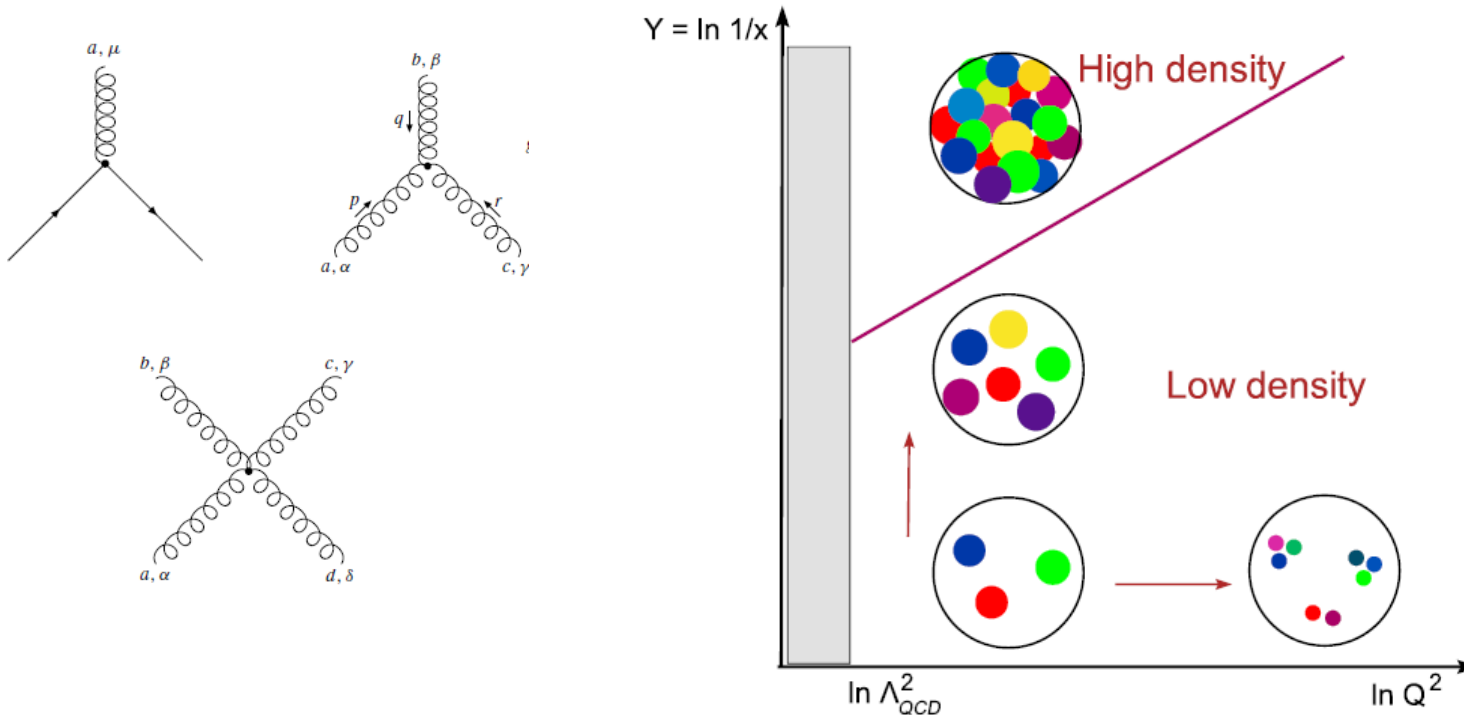
# Tematyka

Teoria i fenomenologia oddziaływań silnych



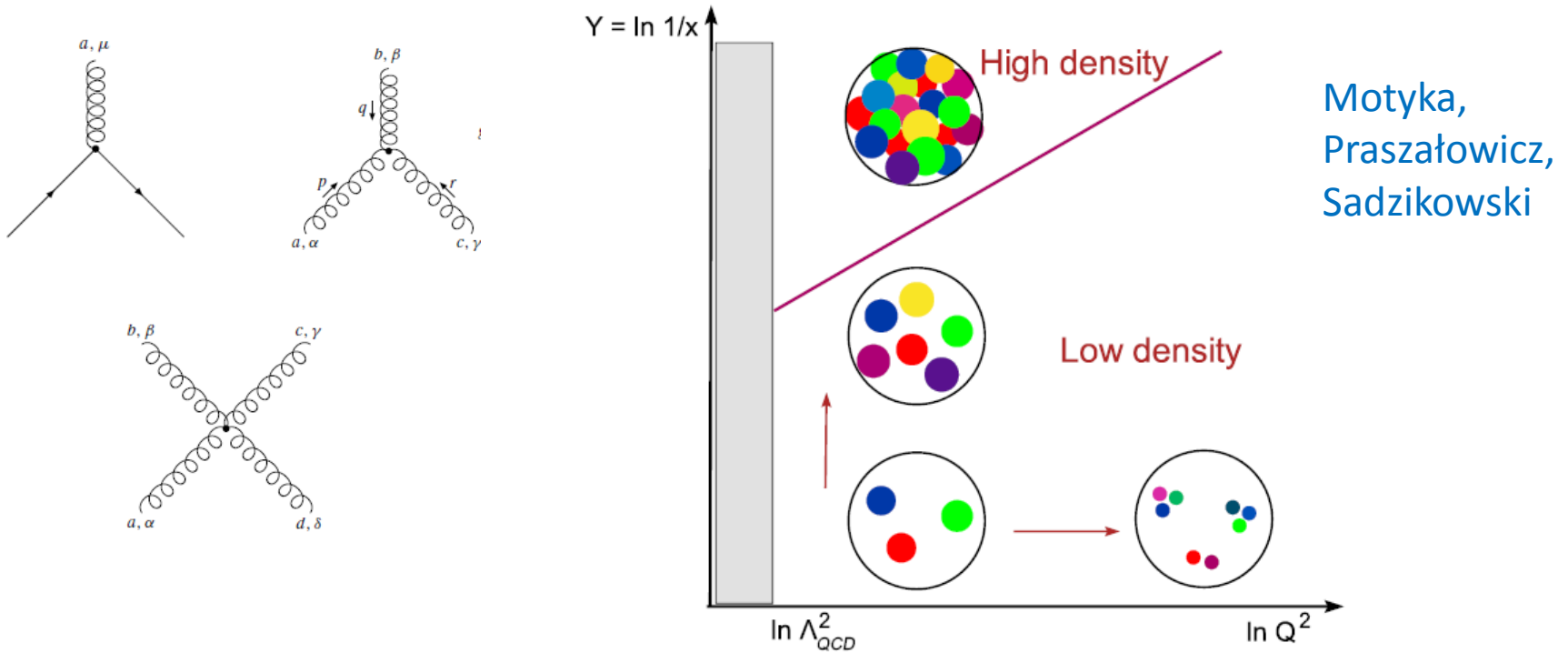


# Struktura Protonu



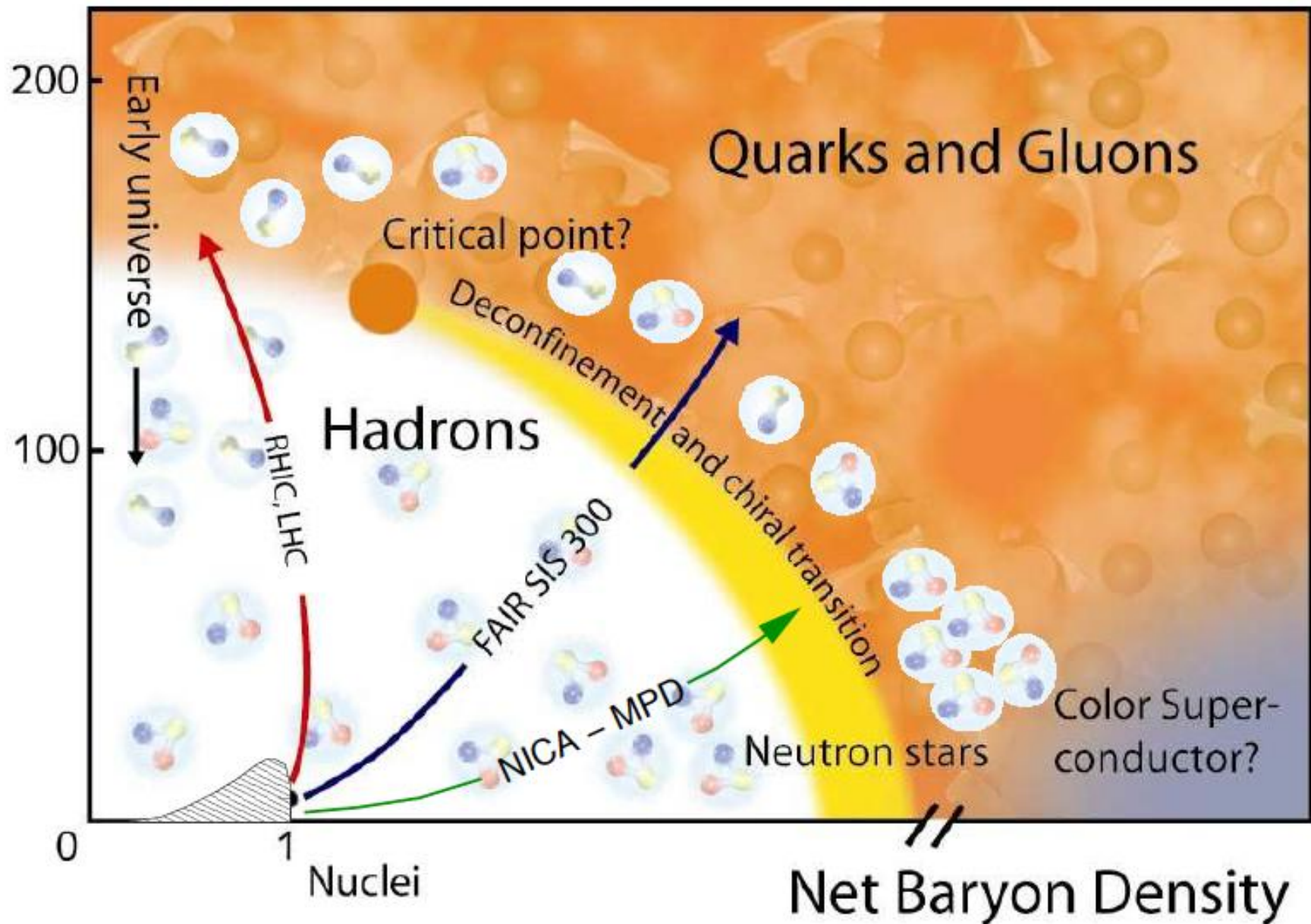
- rozpraszanie i produkcja cząstek przy wysokich energiach (LHC, HERA, Tevatron):
  - bezpośrednie obliczenia w ramach QCD
  - obliczenia w ramach modeli opartych na QCD (GBW, dipole)
  - fenomenologia

# Struktura Protonu



- rozpraszanie i produkcja cząstek przy wysokich energiach (LHC, HERA, Tevatron):
  - bezpośrednie obliczenia w ramach QCD
  - obliczenia w ramach modeli opartych na QCD (GBW, dipole)
  - fenomenologia

Temperature  $T$  [MeV]



200

100

0

Early universe

RHIC, LHC

FAIR SIS 300

NICA - MPD

Neutron stars

Critical point?

Deconfinement and chiral transition

Hadrons

Quarks and Gluons

Color Superconductor?

1  
Nuclei

Net Baryon Density





# Proponowane tematy

## Prace magisterskie

- 1) Procesy Drella-Yana w Tevatronie i LHC
- 2) Równania ewolucji chromodynamiki kwantowej przy małym  $x$
- 3) Teoretyczny opis efektów wielokrotnego rozpraszania w zderzeniach hadronów
- 4) Skalowanie geometryczne
- 5) Produkcja wielorodna w zderzeniach pp, pA i AA
- 6) Kondensaty chiralne
- 7) QCD w zewnętrznych polach magnetycznych
- 8) Niskoenergetyczne modele efektywne dla QCD

## Prace licencjackie

- 1) Statystyczne modele wielokrotnego rozpraszania przy wysokich energiach w 1+1 wymiarach (chodzi tu o równania typu reaction-diffusion dla reggeonowej teorii pola)
- 2) Skalowanie geometryczne
- 3) Rozpraszanie DIS
- 4) Kwantyzacja w zewnętrznym polu magnetycznym

**Własne pomysły najmiej widziane!**

# Współpraca

- DESY i Uniwersytet w Hamburgu
- Uniwersytet w Bochum
- SACLAY, Orsay i Paris VI
- Brookhaven National Laboratory
- MIT i Los Alamos
- CERN
  
- Instytut Fizyki Jądrowej PAN
- Instytut Fizyki Teoretycznej UW
  
- Zakład Teorii Materii Skondensowanej i Nanofizyki
- Zakład Zastosowań Metod Obliczeniowych
- Zakład Teorii Układów Złożonych
- Zakład Dyskretnej Teorii Pola
- Zakład Teorii Względności i Astrofizyki

# Działalność wydawnicza



**ACTA PHYSICA  
POLONICA**

**B**

**ACTA PHYSICA  
POLONICA B**  
*Proceedings Supplement*

M. Prasałowicz

**Foton** 108  
Wiosna  
2010

Pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

INSTYTUT FIZYKI UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI  
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



Po co nam LHC  
Deszczowanie  
Newton i Oświecenie  
Nieprawdziwy dylemat ekologii

Z. Gołąb-Meyer

# Krakowska Szkoła Fizyki Teoretycznej



nieprzerwanie organizowana od 1961 (w tym roku 51.), 10 dni w czerwcu, we współpracy z innymi zakładami, z IFJ PAN, AGH przy wsparciu PAU i PAN 60 – 80 uczestników, dotychczas wykładało 5 laureatów Nagrody Nobla sesje seminaryjne dla młodych naukowców, przedszkola fizyki



# Zakład Teorii Materii Skondensowanej i Nanofizyki



**Kierownik Zakładu: Prof. Józef Spałek**

**Adiunkci: Dr hab. Adam Rycerz**  
**Dr hab. Andrzej Kapanowski**

**Doktoranci: Mgr Marcin Abram (3 rok)**  
**Mgr Andrzej Kądziaława (3 rok)**  
**Mgr Grzegorz Rut (3 rok)**  
**Mgr Marcin Wysokiński (3 rok)**  
**Mgr Ewa Kądziaława (2 rok)**  
**Mgr Marek Giebutowski (AGH)**  
**Mgr Zygmunt Starypan**

**Asystent: Dr Jan Kaczmarczyk**

**Magistranci: Tomasz Gądek**  
**Łukasz Malinowski**  
**Łukasz Gałuszka**

**Współpraca: PK (W.Wójcik, J.Kurzyk)**  
**AGH (Z.Kąkol, A.Kozłowski, Z.Tarnawski),**  
**UW (K.Byczuk), UŚ (A.Ślebarski,**  
**M.Maśka), UJ (M.Sadzikowski), Niemcy**  
**(J. Bünemann), Włochy (M. Aquarone)**





# ZTMSiN: TEAM (FNP) + MAESTRO (NCN)



**INNOVATIVE ECONOMY**  
NATIONAL COHESION STRATEGY



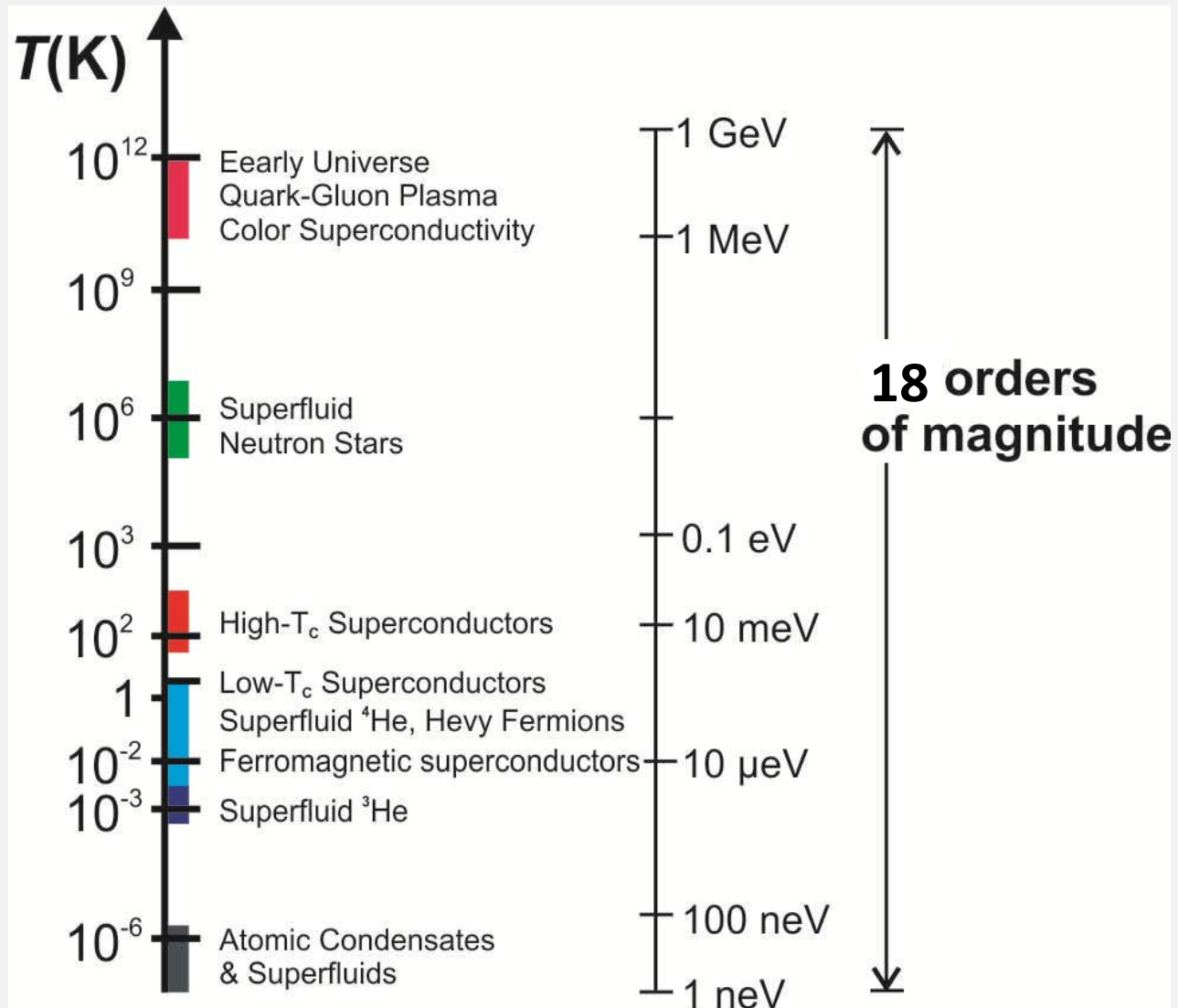
*Fundacja na rzecz  
Nauki Polskiej*



**EUROPEAN UNION**  
EUROPEAN REGIONAL  
DEVELOPMENT FUND



# Nadprzewodnictwo/nadciekłość – na wszystkich skalach energii



# Tematyka Zakładu Teorii Materii Skondensowanej i Nanofizyki

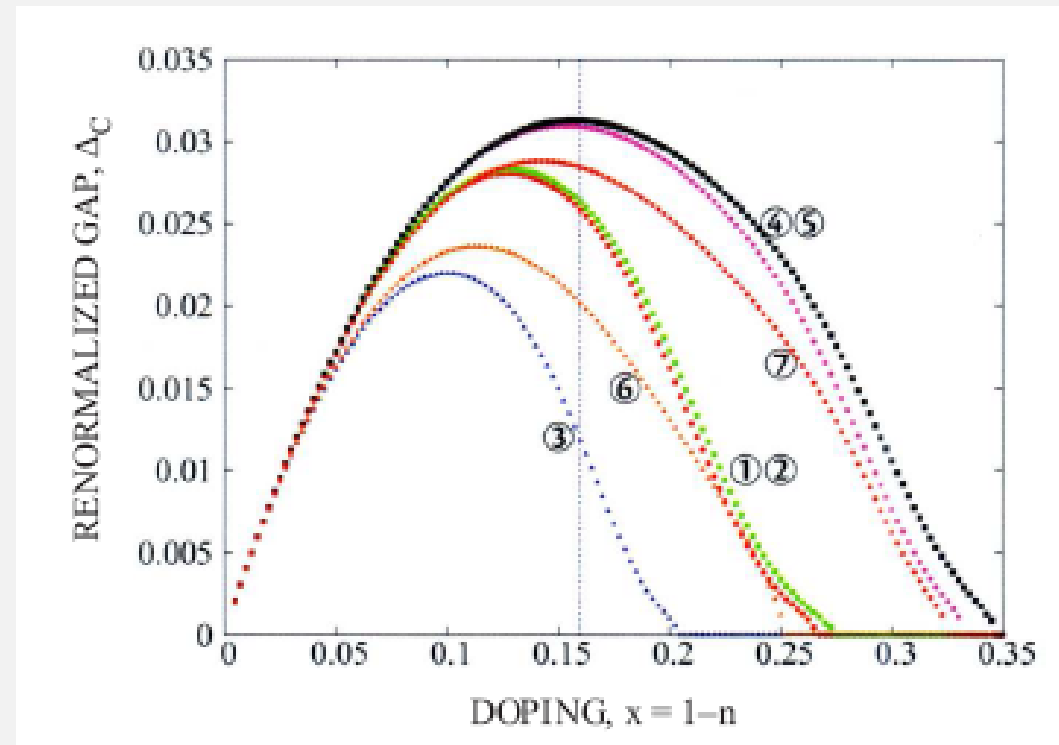
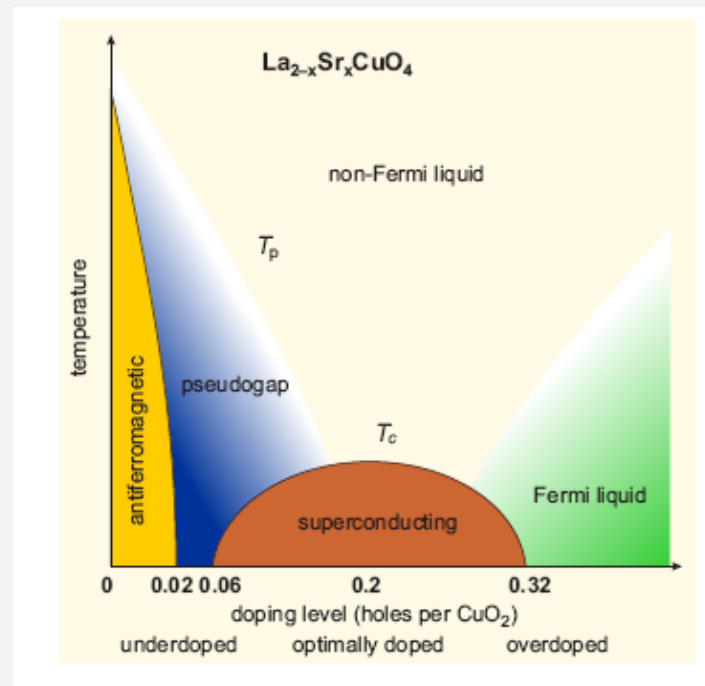
## 1. Kwantowe stany skondensowane makro układów skorelowanych fermionów:

- **Teoria nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego w układach silnie skorelowanych:** J. Spałek, J. Kaczmarczyk, M. Wysokiński, M. Abram  
**Nowa metoda: rozwinięcie diagramatyczne dla funkcji wariacyjnych**
- **Układy ciężkich fermionów, nadprz. niekonwencjonalne:** E. Kądzielawa-Major
- **Metalizacja stałego wodoru przy ultra-wysokich ciśnieniach:**  
A. P. Kądzielawa, A. Biborski (ACMiN AGH)  
**Nadprzewodnik w temperaturze pokojowej?**  
**Zastosowanie do astrofizyki?**
- **Własności niestandardowych cieczy kwantowych: superciężkie kwazicząstki ze spinowo-zależnymi masami efektywnymi, kwantowe przejścia fazowe i towarzyszące im kwantowe zjawiska krytyczne**  
**Czy nierozróżnialne cząstki kwantowe mogą się stać rozróżnialne?**

## 2. Nanofizyka:

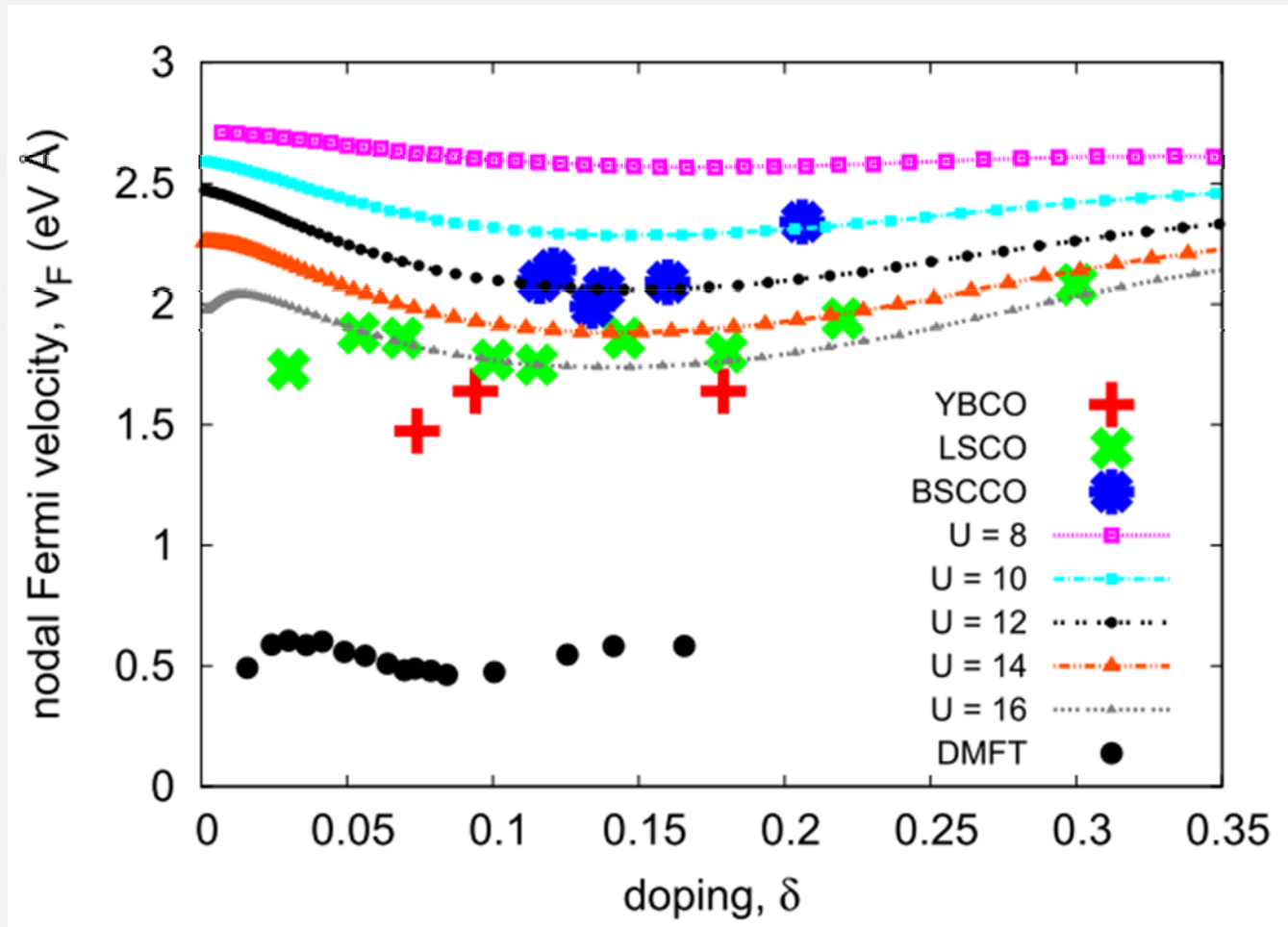
- **Stany elektronowe i transport w grafenie – A. Rycerz, G. Rut**

# Phase diagram: exp. vs theory





# Phase diagram: exp. vs theory



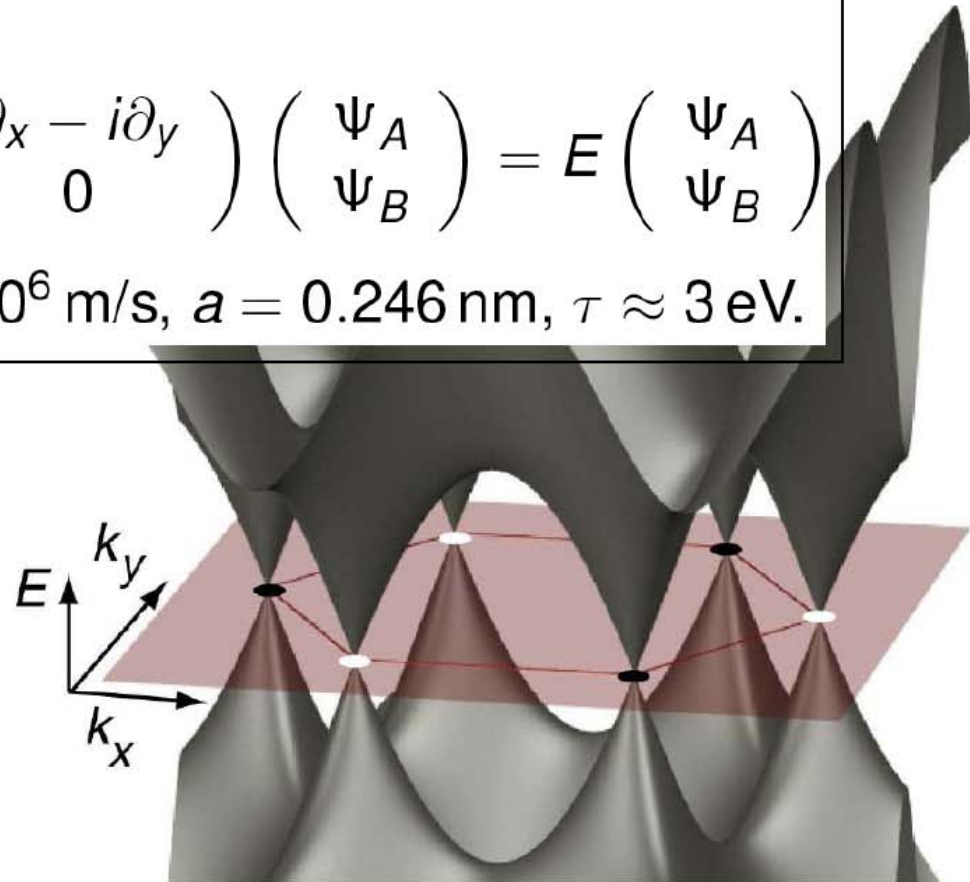
*J. Kaczmarczyk, J.S et al., (2013)*

# Grafen – struktura elektronowa

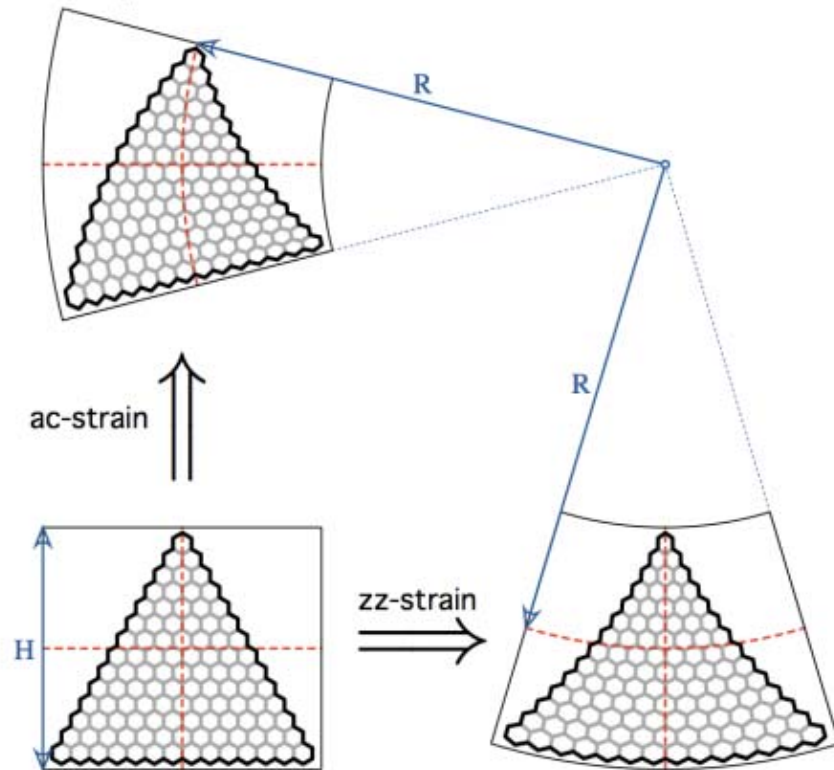
Dla punktu  $K$ :

$$-i\hbar v_F \begin{pmatrix} 0 & \partial_x - i\partial_y \\ \partial_x + i\partial_y & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Psi_A \\ \Psi_B \end{pmatrix} = E \begin{pmatrix} \Psi_A \\ \Psi_B \end{pmatrix}$$

gdzie  $v_F \equiv \frac{1}{2}\sqrt{3}\tau a/\hbar \approx 10^6$  m/s,  $a = 0.246$  nm,  $\tau \approx 3$  eV.



# Graphene as 2D membrane with strain-induced gauge fields



Dirac Eq. for deformed graphene:

$$H = -i\hbar v_F \sigma \cdot (\nabla - i\mathbf{A}) + V(\mathbf{r}),$$

$$\mathbf{A} = \frac{\beta}{a} \begin{pmatrix} u_{xx} - u_{yy} \\ -2u_{xy} \end{pmatrix}$$

$$V(\mathbf{r}) = g(u_{xx} + u_{yy}).$$

where  $\beta = -\partial \ln t / \partial \ln a \simeq 2$ ,  $g \simeq 4 \text{ eV}$ .

Deform. tensor:

$$u_{\alpha\beta} = \frac{\partial_\alpha u_\beta + \partial_\beta u_\alpha}{2} + \frac{\partial_\alpha h \partial_\beta h}{2},$$

with  $u(x, y)$  - in-plane deformations,  
 $h(x, y)$  - out-of-plane deformations.

Vozmediano et. al, Phys. Rep. (2010)

A.Rycerz, [Random matrices and quantum chaos in weakly-disordered graphene nanoflakes](#), Phys. Rev. B 85, 245424 (2012) pp. 1-20.

A.Rycerz, [Strain-induced transitions to quantum chaos and effective time-reversal symmetry breaking in triangular graphene nanoflakes](#), Phys. Rev. B 87, 195431 (2013) pp. 1-9.

## **PROPONOWANE TEMATY PRAC MAGISTERSKICH:**

1. Chaos kwantowy w nanoukładach grafenowych
2. Struktura elektronowa nanostruktur relatywistycznych w fazie skondensowanej



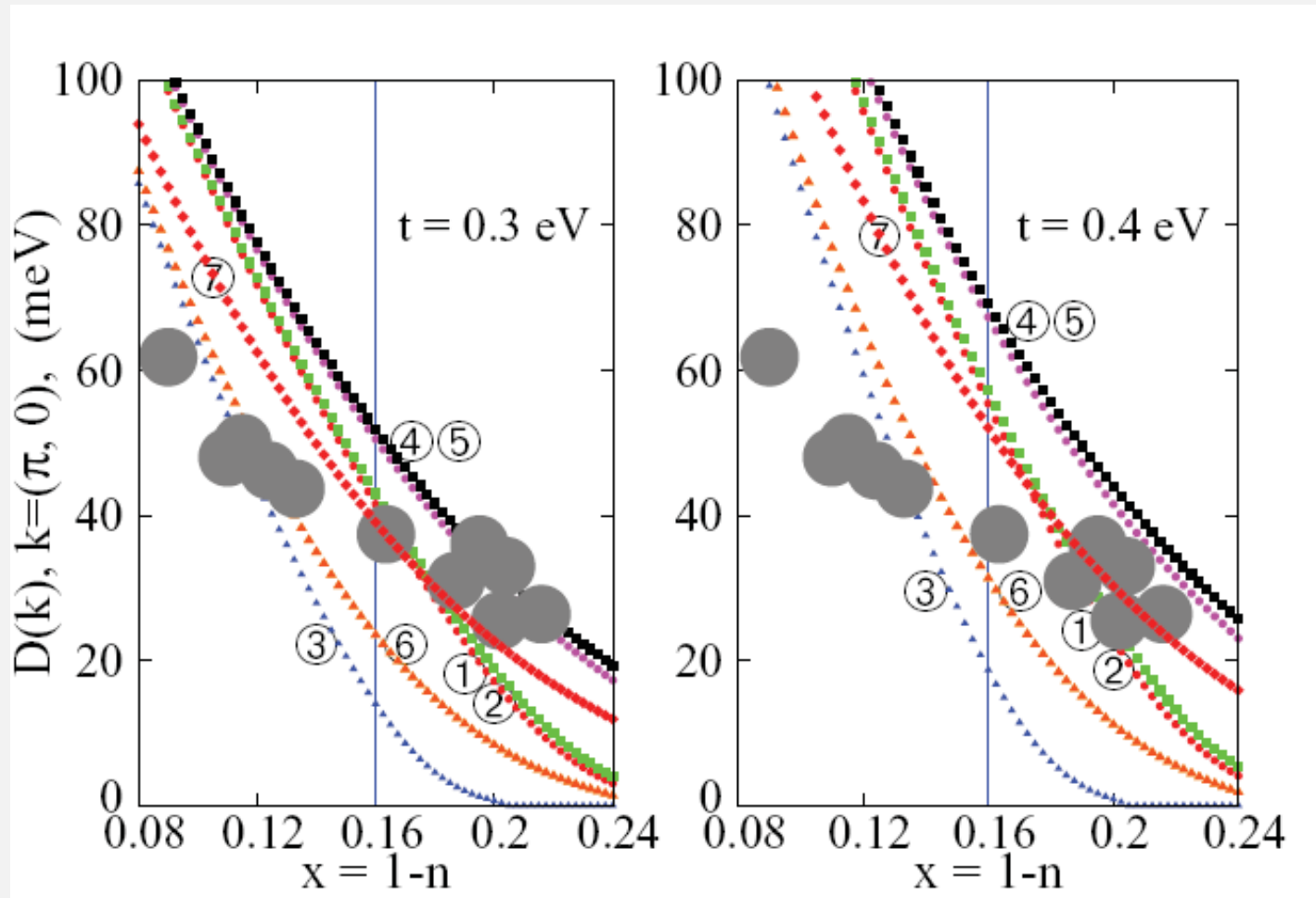
## Nowe inicjatywy:

- 1. Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii ACMIN (koordynacja: AGH)  
UJ: J. Spałek - Kierownictwo linii badawczej:  
*Materiały i układy kwantowe, modelowanie materiałów i nanofizyka***
- 2. Granty: *TEAM (FNP)*, MAESTRO (NCN), Juventus PLUS**
- 3. Propozycje staży letnich: 2x1 miesiąc (lipiec lub wrzesień) – 1 000 zł każdy  
Tematyka staży do uzgodnienia.**

## ZTMSiN: tematy prac magisterskich/doktorskich:

- 1) J. Spątek - Model spinowo-femionowy i pseudo-przerwa w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych (stypendium 1 000 zł – do 3 lat)
  - Metalizacja wodoru: przejście do plazmy protonowo-elektronowej i nadprzewodnictwo (stypendium w ramach Projektu NCN MAESTRO: 1 000 zł – do 3 lat)
- 2) J. Kaczmarczyk - Rozwinięcie diagramowe dla silnie skorelowanych układów fermionów: zastosowanie do nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego (stypendium w ramach JUVENTUS PLUS, 1 rok)
- 3) A. Rycerz - Chaos kwantowy w układach grafenowych
  - Struktura elektronowa nanostruktur relatywistycznych w materii skondensowanej
- 4) A. Kapanowski - Implementacja klasycznych algorytmów i struktur danych w języku Python

# Electron energy (SC) vs doping: antinodal direction



*J. Jędrak, J. S., Phys. Rev. B 83, 104512 (2011)*



**Strona Zakładu TMSiN:**

**<http://th-www.if.uj.edu.pl/ztms/pl/index.php>**

**Kontakt e.mailowy: [ufspalek@if.uj.edu.pl](mailto:ufspalek@if.uj.edu.pl)**

**Dziękuję i zapraszamy 😊**

# ZAKŁAD TEORII POLA

$$\Delta\varphi = g \operatorname{sign}\varphi - q S(\vec{x})$$

~~R(φ) = q~~

$$\frac{4\pi R^3}{3} g = q$$

Q-balls, oscillons, ...

CFT, struny  
supersymetria

$$[\hat{L}_m, \hat{L}_n] = (m-n)\hat{L}_{m+n} + \frac{\epsilon}{12} m(m^2-1)\delta_{m,-n}$$

Virasoro

$$\mathcal{L}_{06} = -\pi^4 \lambda^2 B_\mu^2 - \mu^2 V(u, u^\dagger)$$

$\Psi_m^{\text{out}} [f]$

skyrmiony, QCD,  
całkowalność, AdS/CFT

$$\epsilon_a = \epsilon_{00} + \frac{\gamma}{a^2} - \frac{\pi^2}{1440a^3} + \dots$$

infraczerwone,  
efekt Casimira

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6} h (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$k_1 = f(t_n, y_n), k_2 = \dots$$

Runge-Kutta 4-go rzędu

$$S(D) = \operatorname{Tr} f\left(\frac{D^2}{\Lambda^2}\right)$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{Tr} (\epsilon F_{a_0} \dots F_{a_n})$$

działanie spektralne, operator Diraca, charakter Cherna

$$F_x + iF_y = 2 \sum_{k=-\infty}^{+\infty} A(k) S_{xy}(k) A^\dagger$$

ciśnienie promieniowania < 0  
fraktale, chaos

# ZAKŁAD TEORII POLA

PRZEDMIOT BADAŃ: POLA KLASYCZNE I KWANTOWE

NARZĘDZIA: MATEMATYKA, METODY NUMERYCZNE

- ▶ prof. Henryk Arodź
- ▶ dr hab. Leszek Hadasz (prof. UJ)
- ▶ dr hab. Andrzej Herdegen
- ▶ dr hab. Janusz Karkowski
- ▶ dr hab. Andrzej Sitarz
- ▶ dr hab. Andrzej Wereszczyński
- ▶ dr Tomasz Romańczukiewicz

liczne kontakty krajowe i międzynarodowe

granty

dydaktyka i popularyzacja fizyki



## Przykłady tematów prac

licencjackich, magisterskich, doktorskich, ...

dr hab. L. Hadasz

związki między teoriami w dwu- i czterowymiarowej czasoprzestrzeni; pola z supersymetrią; transformacje konforemne w teorii pola

(powierzchnie Riemanna; specjalne wielomiany)

dr hab. A. Herdegen

algebraiczne sformułowanie mechaniki kwantowej;  
matematyczne podstawy elektrodynamiki kwantowej

(teoria operatorów liniowych w przestrzeniach Hilberta)

dr hab. J. Karkowski

numeryczne rozwiązywanie równań różniczkowych;  
numeryczne badanie oscylonów

(FORTRAN; zaawansowane procedury numeryczne)

dr T. Romańczukiewicz

solitony i ich oddziaływania, także z promieniowaniem

(zaawansowane metody numeryczne dla nieliniowych równań cząstkowych)

dr hab. A. Sitarz

geometria nieprzemienialna – aspekty matematyczne oraz  
zastosowania w fizyce (cząstki, kosmologia)

(matematyka współczesna; systemy Maple i Mathematica)

dr hab. A. Wereszczyński

pola z nieskończoną liczbą całek ruchu (tzw. modele całkowalne); ich zastosowania w teorii jąder atomowych; solitony

prof. H. Arodź

ultramasywne pola skalarne; nieabelowe pola cechowania; elektrodynamika klasyczna (m. in. metamateriały); granica klasyczna mechaniki kwantowej





dr hab. A. Wereszczyński

pola z nieskończoną liczbą całek ruchu (tzw. modele całkowalne); ich zastosowania w teorii jąder atomowych; solitony

prof. H. Arodź

ultramasywne pola skalarne; nieabelowe pola cechowania; elektrodynamika klasyczna (m. in. metamateriały); granica klasyczna mechaniki kwantowej



# Zakład Teorii Układów Złożonych

Prof. Jerzy Jurkiewicz

Prof. Maciej Nowak

Prof. Zdzisław Burda

Prof. Romiałd Janik

dr Andrzej Goerlich

dr Jakub Mielczarek

doktoranci Zakładu

# Tematy

Jerzy Jurkiewicz:

- Kwantowa grawitacja – w naszym sformułowaniu równoważna statystycznej teorii przypadkowych geometrii czasoprzestrzeni. Narzędzia badań numeryczne symulacje Monte Carlo (ewentualne tematy prac magisterskich)

JJ + Jakub Mielczarek:

- Kwantowa generacja pierwotnych fal grawitacyjnych
- Fizyka w zakrzywionych przestrzeniach fazowych (ewentualne tematy prac licencjackich lub magisterskich)

Zdzisław Burda:

- Ekonofizyka: - miary ryzyka finansowego - teoria portfela - wycena instrumentów pochodnych
- Teoria macierzy losowych - mnożenie macierzy, eksponenty Lyapunova - wyliczanie rozkładów gęstości wartości własnych macierzy losowych dla macierzy o rozmiarze  $N$ , w granicy dużych  $N$  (ewentualne tematy prac licencjackich lub magisterskich)



# Tematy c.d.

Romuald Janik:

- Teoria strun i korespondencja AdS/CFT  
wykorzystanie metod teorii strun do badania zjawisk w teorii pola  
pozwala na przetłumaczenie dynamicznych zagadnień w teorii pola na język grawitacji - np. równowaga termodynamiczna objawia się w dualnym opisie jako istnienie statycznej czarnej dziury  
(ewentualne tematy prac magisterskich)

# **Przykłady prac magisterskich realizowanych w Zakładzie Teorii Względności i Astrofizyki**

1. General relativistic versus Newtonian: A universality in spherically symmetric radiation hydrodynamics for quasistatic transonic accretion flows, Phys. Rev. **D**, **T. Rembiasz**, EM (2010);
2. Exact solution of the hydrodynamical Riemann problem with nonzero tangential velocities and the ultrarelativistic equation of state, Phys. Rev. **D**, **M. Piętka**, P. Mach (2010).

**Tematyka prac magisterskich: fizyka matematyczna i matematyczna grawitacja (Bizoń, Mach, Malec, Rostworowski); astrofizyka teoretyczna, hydrodynamika, kosmologia, astrofizyka – Kutschera, Mach, Malec, Odrzywołek**

## **Astrofizyka i kosmologia**

**Baza kierunku: Zakład Teorii Względności i Astrofizyki (IF), Zakład Astrofizyki Relatywistycznej i Kosmologii (OA), Zakład Doświadczalnej Fizyki Komputerowej i cały Wydział FAiS**

**Opiekunowie prac magisterskich (astrofizyka teoretyczna, hydrodynamika, kosmologia, astrofizyka): Kutschera, Mach, Malec, Odrzywołek oraz Gołda, Sokołowski, Szybka, Wójcik**

$$[P^\mu, P^\nu] = 0$$

$$[P^\mu, Q_a] = [P^\mu, \bar{Q}_a] = 0$$

$$\{Q_a, Q_b\} = \{\bar{Q}_a, \bar{Q}_b\} = 0$$

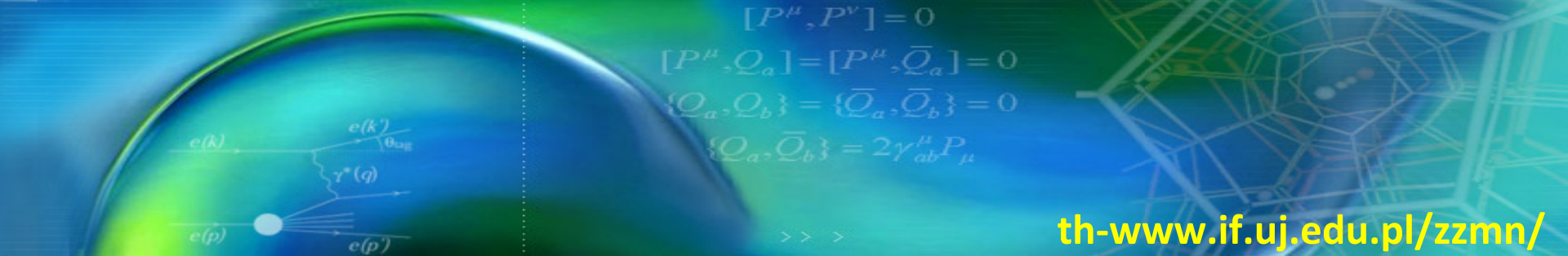
$$\{Q_a, \bar{Q}_b\} = 2\gamma_{ab}^\mu P_\mu$$

>>>

[th-www.if.uj.edu.pl/zmn/](http://th-www.if.uj.edu.pl/zmn/)

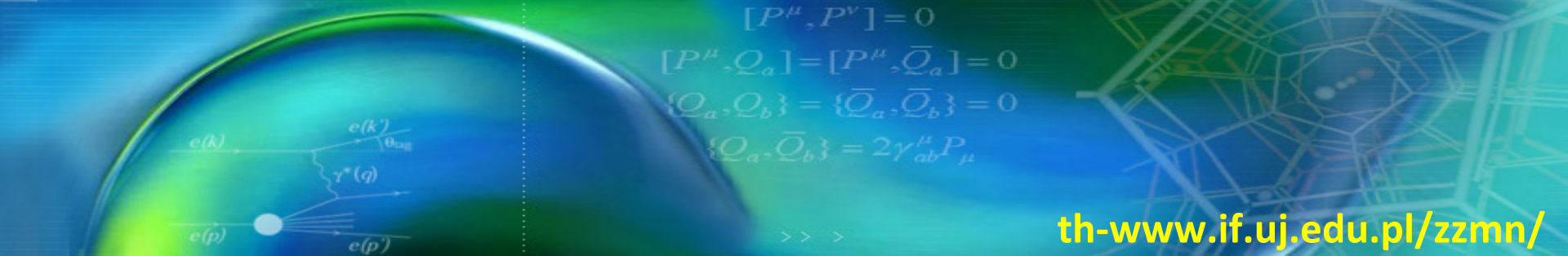
# *Zakład Zastosowań Metod Obliczeniowych*

## *(ZZMO)*



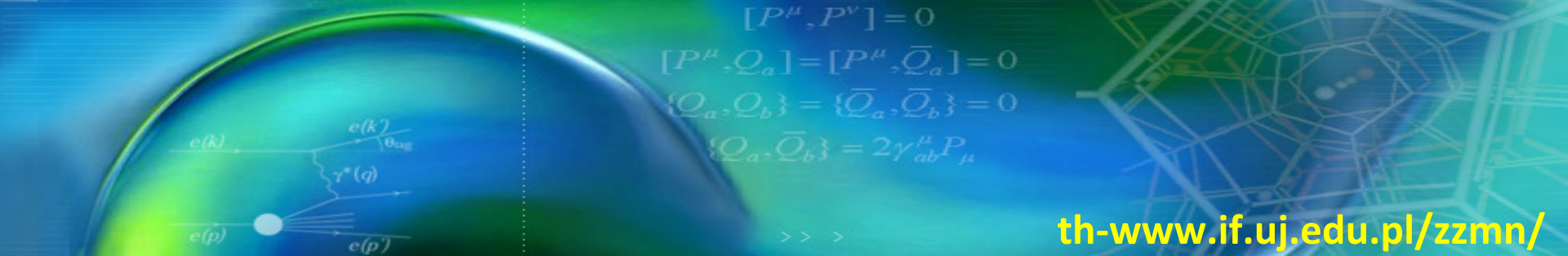
- *prof. dr hab. Wiesław Płaczek*
- *prof. dr hab. Elżbieta Richter-Wąs*
- *prof. dr hab. Wojciech Słomiński*
- *prof. dr hab. Jerzy Szwed (kierownik Zakładu)*
- *dr Zbigniew Duliński*
- *1 doktorant, 8 magistrantów*





## Czym się zajmujemy?

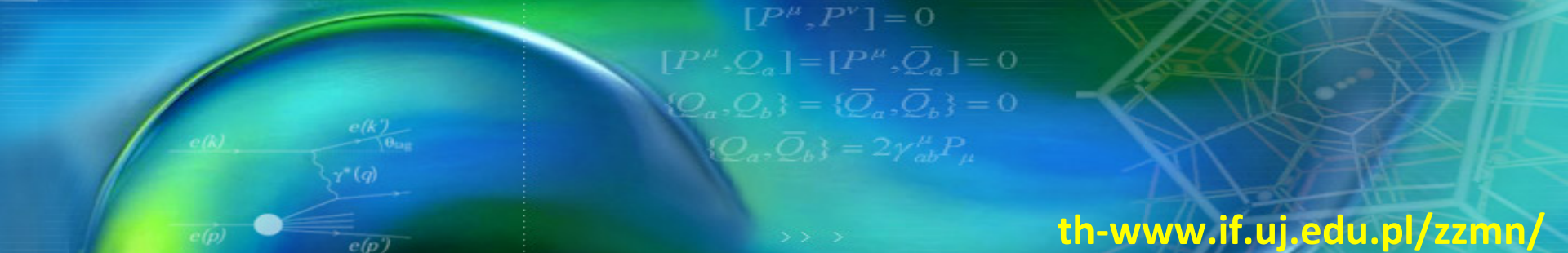
- *teoretyczne i doświadczalne badanie Modelu Standardowego oddziaływań fundamentalnych i jego rozszerzeń,*
- *sieci komputerowe i telekomunikacyjne,*
- *co fizyk widzi w mózgu?*



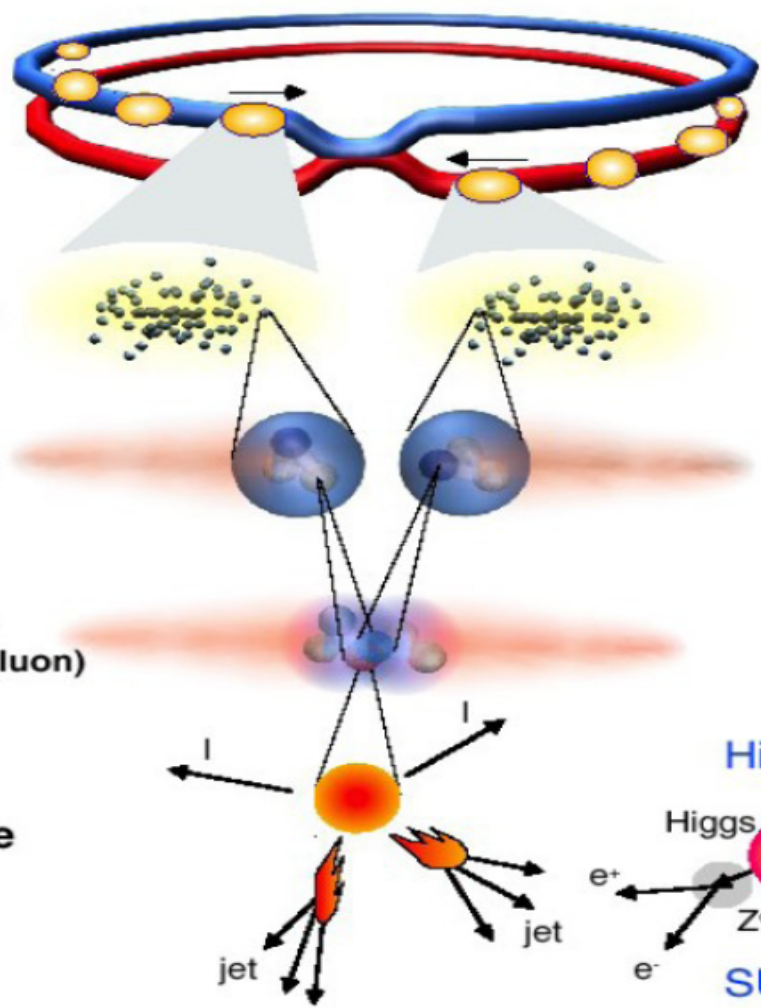
[th-www.if.uj.edu.pl/zmn/](http://th-www.if.uj.edu.pl/zmn/)

## *Współpraca:*

- *CERN, Geneva, Szwajcaria,*
- *DESY, Hamburg, Niemcy,*
- *LAPP Annecy, Francja,*
- *IFJ-PAN w Krakowie*
- *Uniwersytety i Instytuty w Barcelonie,  
Lublanie, Marsylii, Paryżu, Monachium,  
Buenos Aires, ...*



# Collisions at LHC



<b>Proton-Proton</b>	2835 bunch/beam
<b>Protons/bunch</b>	$10^{11}$
<b>Beam energy</b>	7 TeV ( $7 \times 10^{12}$ eV)
<b>Luminosity</b>	$10^{34}$ cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
<b>Crossing rate</b>	40 MHz
<b>Collisions <math>\approx</math></b>	$10^7 - 10^9$ Hz



**Selection of 1 in  
 10,000,000,000,000**

## **prof. dr hab. Elżbieta Richter-Wąs**

- **kierownik grupy IF UJ eksperymentu ATLAS przy akceleratorze LHC w CERN, Genewa,**
- **kierownik specjalizacji Fizyka Cząstek Elementarnych,**
- **kierownik specjalności Fizyka Komputerowa,**
  
- **w ramach udziału w międzynarodowym zespole eksperymentu ATLAS:**
  - - **wyjazdy do laboratorium CERN i udziału w szkole HASCO 2014 (Niemcy);**
  - - **stypendium w ramach realizowanego grantu NCN;**
  - - **płatne staże wakacyjne (sierpień 2014)**
  - - **poznania technik optymalizacji wielowymiarowych i zaawansowanych metod statystycznych.**
  
- **prace magisterskie i licencjackie (fizyka, informatyka):**  
**tematy do uzgodnienia w ramach fizyki oddziaływań fundamentalnych, teoretyczne i doświadczalne.**



## ***prof. dr hab. Wiesław Płaczek***

### ***Prace licencjackie (fizyka, informatyka):***

- ***Testy numeryczne generatora Monte Carlo WINHAC++.***

### ***Prace magisterskie (fizyka, informatyka):***

- ***Obiektowy generator Monte Carlo dla naładowanych procesów Drella-Yana w LHC,***
- ***Obiektowy generator Monte Carlo dla neutralnych procesów Drella-Yana w LHC,***
- ***Przewidywania teoretyczne dla produkcji  $Z'$  i innych dodatkowych neutralnych bozonów wektorowych w LHC,***
- ***Przewidywania teoretyczne dla produkcji  $W'$  i innych dodatkowych naładowanych bozonów wektorowych w LHC,***
- ***Anomalne sprzężenia trójbozonowe w procesach Drella-Yana w LHC.***

## *prof. dr hab. Wojciech Słomiński*

- *członek kolaboracji ZEUS przy eksperymencie HERA w DESY, Hamburg*
- *członek międzynarodowego zespół teoretyczno-doświadczalnego „PROSA” (Proton Structure Analyses)*
- *członek Rady Programowej Informatyki Stosowanej*

### ***Prace magisterskie i licencjackie (w ramach poniższej tematyki):***

- ***Obliczenia teoretyczne wysokiej precyzji dla procesów fizyki cząstek elementarnych***
- ***Modelowanie partonowej struktury protonu i fotonu***
  - - *procesy inkluzywne*
  - - *dyfrakcja i poprawki nieperturbacyjne*
  - - *produkcja dżetów*

## ***dr Zbigniew Duliński***

***- członek Rady Programowej Informatyki Stosowanej***

***Prace licencjackie i prace magisterskie (informatyka stosowana!):***

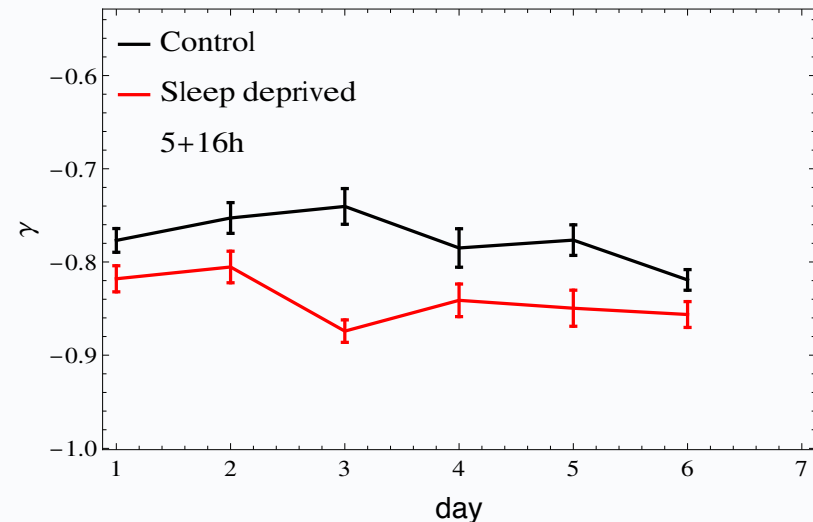
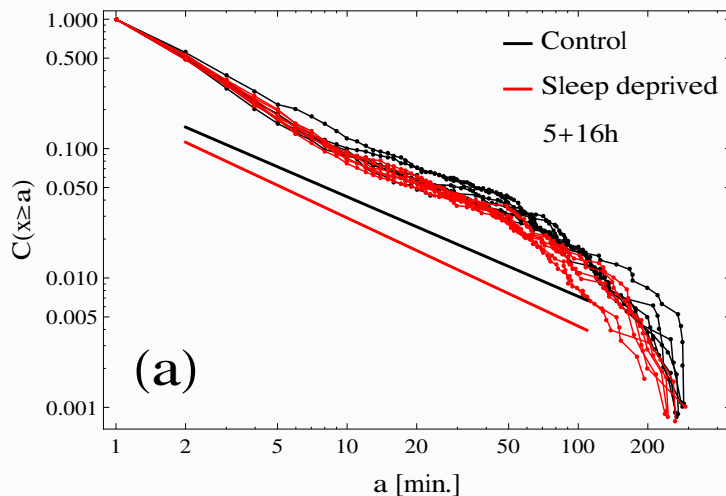
- Sieci komputerowe,***
- Sieci telekomunikacyjne,***
  - - inżynieria ruchu,***
  - - mechanizmy zarządzania ruchem w sieciach,***
  - - sieci P2P,***
- Organizacja obliczeń w „chmurze”***

# prof. dr hab. Jerzy Szwed

## Co fizyk widzi w działaniu mózgu?

- fale, interferencje,
- szeregi czasowe, rozkłady bezskalowe,...

Rest periods



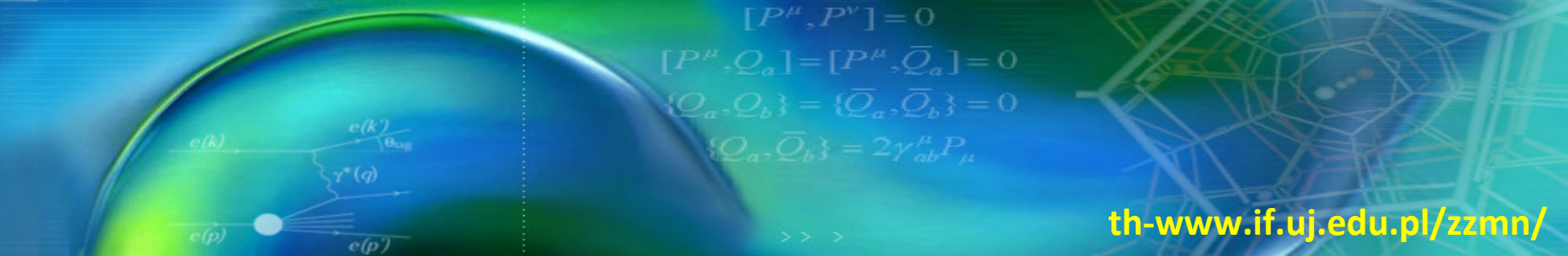
## Współpraca:

- ZFS, ZTUZ, biolodzy i psychologowie w Krakowie, Buenos Aires,...

## Prace magisterskie i licencjackie (fizyka, biofizyka, informatyka):

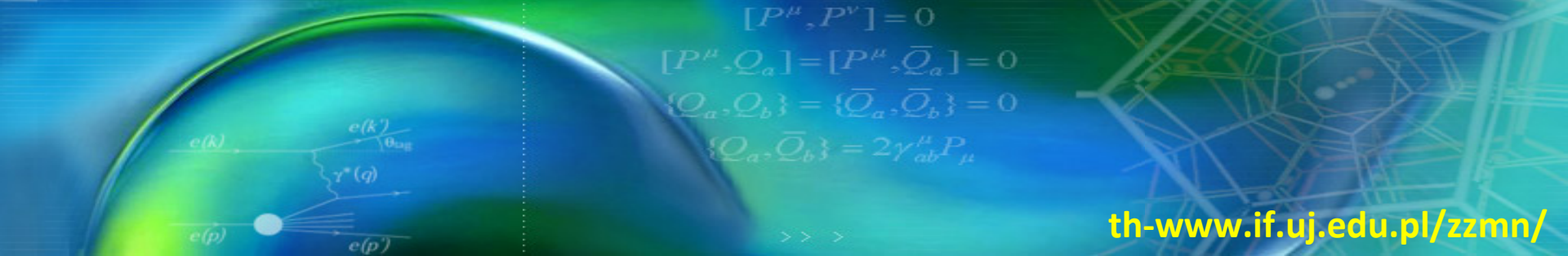
- badanie zachowań i pracy mózgu u osób pozbawionych snu
- udział w eksperymentach i analiza fizyczna danych EEG, aktigraficznych, fMRI,...





*Co robi*

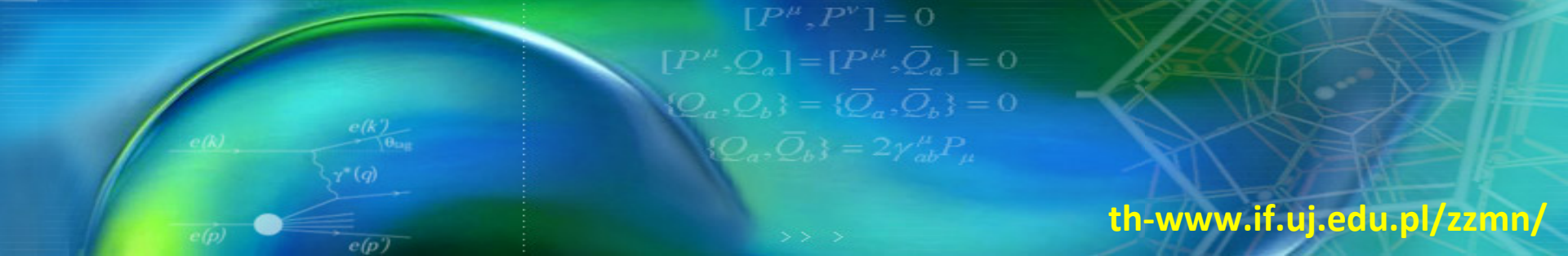
# *Zakład Zastosowań Metod Obliczeniowych?*



*Co robi*

*Zakład Zastosowań Metod  
Obliczeniowych?*

*Stosuje metody obliczeniowe*

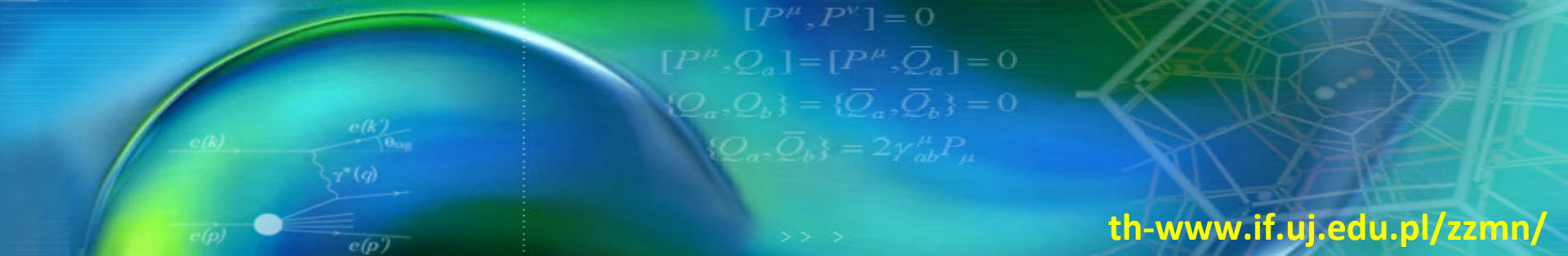


*Co robi*

## *Zakład Zastosowań Metod Obliczeniowych?*

*Stosuje metody obliczeniowe:*

*- gdzie się tylko da!*



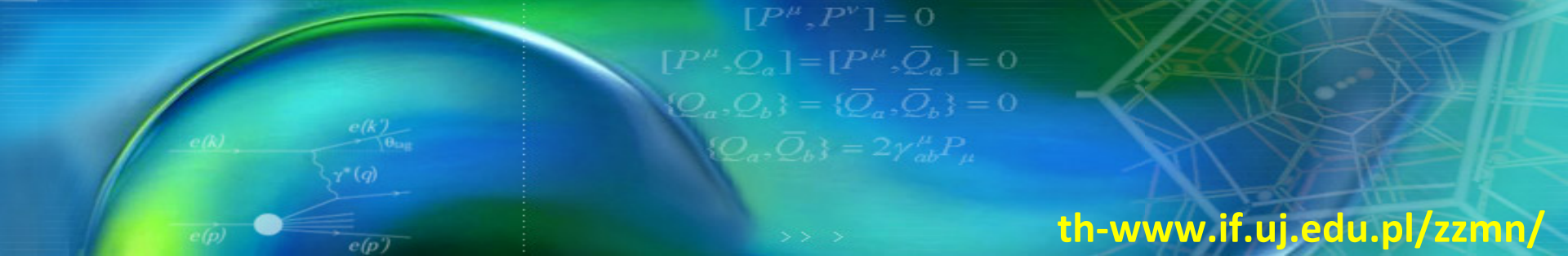
*Co robi*

## *Zakład Zastosowań Metod Obliczeniowych?*

*Stosuje metody obliczeniowe:*

- gdzie się tylko da!*
- byle było ciekawie!*





# *Zakład Zastosowań Metod Obliczeniowych*

**[th-www.if.uj.edu.pl/zzm/](http://th-www.if.uj.edu.pl/zzm/)**