

atom neutron  
siły trójciałowe  
proton



[www.citru.uj.edu.pl/  
/projektor/08.pdf](http://www.citru.uj.edu.pl/projektor/08.pdf)



tel. (12) 663 38 21  
e-mail:  
[bozena.podgorni@uj.edu.pl](mailto:bozena.podgorni@uj.edu.pl)



[www.facebook.com/  
/nimb.citru](https://www.facebook.com/nimb.citru)

8

## Wyjątkowe układy w jądrze atomowym

**Fizycy z UJ prowadzą niezwykle istotne badania eksperymentalne nad tym, jak oddziałują między sobą protony i neutrony w jądrze atomu.**

Zespół fizyków z różnych ośrodków w Polsce i za granicą, którego koordynatorem jest prof. Stanisław Kistryn z **Instytutu Fizyki UJ**, dostarcza najbardziej **precyzyjnych** wyników doświadczeń, badających dynamikę oddziaływania podstawowych cząstek tworzących **jądro atomu** – nukleonów, którymi są protony i neutrony. Są to badania nowej generacji, istotne i cenione przez grupy naukowców na całym świecie.

**Modele obliczeniowe**, które służą fizykom do opisywania (odtworzenia własności) świata, z natury swej rzeczy muszą być uproszczone. Kiedy wyjaśniane są zjawiska fizyczne z naszego najbliższego otoczenia (np. obciążenia, którym poddany jest fotel, na którym siedzimy) wystarczy klasyczna mechanika newtonowska. Do bardziej skomplikowanych problemów konieczne jest uwzględnienie teorii względności Alberta Einsteina. Analogiczna sytuacja, kiedy dokładniejsze spojrzenie wymaga wprowadzenia bardziej skomplikowanego opisu, występuje w przypadku badania sił w jądrze atomowym.

### Deuterony nie wystarczą?

Jeśli chodzi o **zrozumienie sił w jądrze atomu**, od dawna dość dobrze poznane i opisane zostały oddziaływania pomiędzy dwoma nukleonami, niezależnie od tego, czy mowa jest o dwóch protonach, dwóch neutronach czy deuteronie – szczególnym przypadku układu proton-neutron. Obliczenia z wykorzystaniem takich modeli sto-

sowane są np. przy wyznaczaniu dawek promieniowania w radioterapii nowotworów czy naświetlaniu produktów żywnościowych (którego używa się do dezynfekcji żywności oraz wydłużania jej trwałości). Używa się ich również do konfigurowania osłon skomplikowanych urządzeń, jak badawcze kompleksy akceleratorowe (przykładowo CERN) lub urządzenia służące do neutralizacji odpadów z elektrowni jądrowych.

Modele teoretyczne mają do siebie to, że opisują tylko pewne aspekty rzeczywistości. Ich poprawność i dokładność oraz zakres stosowalności weryfikowane są poprzez obserwację zjawisk w naturze. **Rzecz w tym, aby w nieustannym dążeniu do doskonałości osiągnąć jak największą zgodność teorii z praktyką.**

Zespół z Instytutu Fizyki UJ rozpoczął w roku 1996 badania nad specyficznymi reakcjami jądrowymi, w których deuterony zderzają się z protonami. Analiza danych doprowadziła do rezultatów, które dostarczyły wielu cennych informacji o oddziaływaniu w układzie nie dwóch, a **trzech nukleonów**. Fizycy ci przyczynili się do jednoznacznego stwierdzenia, po raz pierwszy na świecie, że badanie układu trzech nukleonów dostarcza danych o wiele bogatszych. Udowodnili oni mianowicie, że do poprawnego opisu wyników nie wystarczy uwzględnianie tylko sił pomiędzy parami nukleonów, konieczne jest uwzględnienie **sił trójciałowych**.

### Trójka to więcej niż trzy pary

Po latach badań sił jądrowych okazało się, że w układach składających się z trzech nukleonów do ich pełnego opisu nie wystarczy zsumować siły w trzech możliwych parach partnerów. Takie postępowanie jest nagminne – tak wylicza się orbity np. w układzie Słońce-Ziemia-Księżyc uwzględnia się siły grawitacji pomiędzy każdą parą (Słońce-Ziemia, Ziemia-Księżyc, Księżyc-Słońce). Dla nukleonów takie podejście nie wystarcza – okazuje się, że istnieje dodatkowy wkład do całkowitej energii oddziaływania. Ten dodatek teoretycy nazwali **siłą trójciałową**. Siła ta jest znacznie słabsza niż standardowe oddziaływanie pomiędzy dwójką nukleonów, dlatego dopiero bardzo precyzyjne



Kula składająca się ze 140 detektorów, które rejestrują nukleony w badanych reakcjach. Kula ta stanowi jedynie fragment układu detekcyjnego w nowej generacji badaniach rozszczepienia deuteronu na protonach, zainicjowanych przez badaczy z Instytutu Fizyki UJ © fot. KVI Groningen

eksperymenty, takie jak te, przeprowadzane przez grupę prof. Kistryna, były w stanie udowodnić jej istnienie. Obecnie teoretycy potrafią stworzyć matematyczny model także tego dodatkowego efektu dynamiki układu trzech nukleonów i dołączają go do dotychczas stosowanych opisów.

„Dopiero takie pełne obliczenia dostarczyły rezultatów znakomicie zgodnych z naszymi wynikami pomiarów” – mówi prof. Stanisław Kistryn. „Jest to wspólny sukces eksperymentatorów i teoretyków, wyraźnie poprawiający nasze zrozumienie mechanizmu procesów zachodzących w układzie trzech nukleonów” – dodaje fizyk.

### Tajemnica tkwi w metodzie

Badania fizyków z UJ gwarantują uzyskanie precyzyjnych wyników dzięki metodzie, która zapewnia dużą dokładność pomiaru. Jest to możliwe dzięki opracowaniu odpowiednich procedur eksperymentalnych, które same w sobie stanowią **osiągnięcie**, adaptowane przez inne grupy badawcze do projektów w innych obszarach badań. Cieszyć może, że badania układów kilku nukleonów mają perspektywę kontynuacji w Krakowie. Z inicjatywy prof. Kistryna układ eksperymentalny stosowany w opisywanych tu pomiarach zostanie wypożyczony Uniwersytetowi Jagiellońskiemu i zainstalowany w hali nowego cyklotronu w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Bronowicach. Od 2013 roku międzynarodowa grupa badawcza realizować będzie swoje projekty w Krakowie.

Rozwiązania te otwierają drogę do dalszych badań, możliwe jest bowiem zejście do jeszcze bardziej podstawowego poziomu, gdzie nukleon traktowany jest jako złożona struktura, składająca się z kwarków oddziałujących ze sobą za pośrednictwem gluonów. Próba opisu oddziaływań między tymi elementarnymi obiektami materii oraz przeniesienie go na poziom obiektów złożonych, takich jak nukleony oraz jądra atomowe, jest fundamentalnym problemem współczesnej fizyki.

Dla uzupełnienia obrazu warto wspomnieć, że na poziomie kwarków fizycy nie oczekują istnienia sił trójciałowych, które służą im obecnie jedynie jako narzędzia pomocnicze, pozwalające zastąpić niepełną wiedzę na temat budowy nukleonów. Podobnie byłoby dla sił grawitacji w układzie planetarnym – gdyby potraktować Ziemię (Słońce i Księżyc też) jako kule bez struktury, to orbity Księżyca poprawnie nie wyliczymy, ponieważ ignorujemy wpływ pływów, a więc zmian kształtu (struktury wewnętrznej) oddziałujących obiektów. Gdybyśmy jednak byli zmuszeni zastosować taki uproszczony model budowy ciał niebieskich, poprawne obliczenia astronomiczne dałoby się wykonać wprowadzając model **efektywnych** „sił trójplanetarnych”.

## 9 SPION – „uzbrojone” cząstki

**Naukowcy z UJ opracowują nanocząstki, które wnikną w nasze ciało i pomogą zdiagnozować chorobę.**

Jedną z najpowszechniejszych nieinwazyjnych technik diagnostycznych jest obecnie obrazowanie metodą **rezonansu magnetycznego** (ang. MRI). Dzięki niej możemy zajrzeć w głąb ciała pacjenta i wykryć np. guza nowotworowego. W przeciwieństwie do badania rentgenowskiego, MRI nie emituje szkodliwego promieniowania, problemem są jednak **substancje kontrastujące**, podawane przed badaniem i konieczne do uzyskania precyzyjnych wyników.

Otrzymane przez **chemików z UJ** nanocząstki tlenku żelaza (ang. **SPION**), są nie tylko bezpieczniejsze niż stosowane dotychczas związki, ale także, dzięki specyficznym właściwościom magnetycznym, poprawiają jakość badania. Aby nie zostały przez organizm odrzucone jako ciała obce, pokryte zostaną naturalnymi materiałami polimerowymi opartymi na **chitozanie**, który otrzymuje się m.in. z muszli skorupiaków. Trzeba jeszcze wyposażyć nanocząsteczki we fluorofory – specjalne barwniki, które sprawią, że będą one świecić w trakcie badania, co umożliwi ich dokładne śledzenie. Takie „uzbrojenie” otrzymanych cząstek umożliwi przejście do fazy badań na zwierzętach, które prowadzone będą w Jagiellońskim Centrum Rozwoju Leków we współpracy z Instytutem Fizyki Jądrowej w Krakowie. Zakończenie badań przewidywane jest na rok 2015.

Cząstki SPION są nadzieją nie tylko na skuteczną diagnozę, ale także leczenie. „SPION mogą znaleźć szersze zastosowania np. w lokalnej terapii magnetycznej, jako nośniki leków dostarczane bezpośrednio do zmienionych chorobowo tkanek przy użyciu pola magnetycznego” – mówi dr hab. Szczepan Zapotoczny, prowadzący badania.

### Wydział Chemii

Informacja o zespole badawczym znajduje się na str. 93

nanocząstki  
rezonans MRI  
obrazowanie  
diagnoza

chcę  
to  
opublikować

[www.cittru.uj.edu.pl/  
/projektor/09.pdf](http://www.cittru.uj.edu.pl/projektor/09.pdf)

chcę  
wiedzieć  
więcej

tel. (12) 663 38 21  
e-mail:  
[bozena.podgorni@uj.edu.pl](mailto:bozena.podgorni@uj.edu.pl)

chcę  
o tym  
pamiętać

[www.facebook.com/  
/nimb.cittru](http://www.facebook.com/nimb.cittru)