

Jerzy Beniss

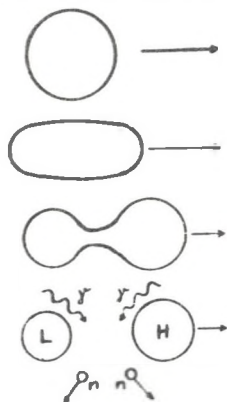
Fizyki Współczesnej  
Uniwersytetu Śląskiego

FIZYKALNA PROBLEMATYKA ZAKŁADU FIZYKI WSPÓLczesNEJ  
UNIwersySTETU ŚLĄSKIEGO

**Streszczenie.** W artykule omówiono problematykę Instytutu Fizyki Współczesnej. Rozpatrywano zagadnienia trójrozszczepienia z dziedziny fizyki jądrowej i zagadnienia dotyczące termodynamicznych własności ferromagnetyku Heisenberga z dowolnym spinem z dziedziny ciała stałego.

Zakład Fizyki Współczesnej Uniwersytetu Śląskiego skupia ludzi zajmujących się Fizyką Teoretyczną i Doświadczalną Fizyką Jądrową. Kierownikiem Zakładu jest Prof. dr B. Średniawa. Fizyką Teoretyczną zajmuje się trzech pracowników Zakładu: Prof. dr B. Średniawa, adiunkt dr B. Kozarszewski i asystent mgr K. Bortel. Doświadczalną Fizyką Jądrową zajmuje się, adiunkt dr J. Beniss i adiunkt dr T. Panek. Wyżej wymienieni zajmują się badaniem struktury jądra atomowego przy pomocy reakcji bezpośredniego oddziaływania oraz badaniem mechanizmu procesu trójrozszczepienia jądra atomowego. Prace dotyczące badania struktury jądra atomowego przy pomocy reakcji bezpośredniego oddziaływania są wykonywane łącznie z pracownikami Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie pod kierunkiem Doc. dr K. Grotowskiego. Do tych prac zaliczają się praca dotycząca badania dwunukleonowego strippingu na jądrze  $^{40}\text{Ca}$  bombardowanego cząstkami  $\alpha$  o energii 24,7 MeV i praca dotycząca jednonukleonowego stroppingu (d,p) na jądrach  $^{48}\text{Ti}$  i  $^{50}\text{Ti}$  przy energii dwuteronów 12,9 MeV. Ostatnie prace wykonywane przez dr J. Benissa i dr T. Panka dotyczą badania mechanizmu procesu trójrozszczepienia jądra  $^{235}\text{U}$  bombardowanego neutronami termicznymi jąder  $^{232}\text{Th}$  i  $^{238}\text{U}$  bombardowanych neutronami o energii 2,9 MeV i o energii 14 MeV. Nim przejdę do omówienia tego ostatniego zagadnienia chciałbym kilka słów powiedzieć o procesie rozszczepienia jądra atomowego. Jądro atomowe może rozszczepiać się samorzutnie (spontanicznie) lub pod wpływem cząstki bombardującej. Cząstkami bombardującymi mogą być cząstki naładowane np. protony, deuterony, cząstki  $\alpha$  itp. lub cząstki nienaładowane np. neutrony, fotony gamma. W wyniku rozszczepienia jądra obserwujemy utworzenie się dwu fragmentów oraz towarzyszącą temu procesowi emisję od 2 do 3 neutronów oraz emisję fotonów gamma. Taki proces nazywamy dwurozszczepieniem jądra. Masy fragmentów powstałych w wyniku rozszczepienia jądra różnią się od siebie. Fragment o mniejszej masie nazywamy fragmentem lekkim, a fragment o większej masie fragmentem ciężkim. Modelowo proces rozszczepienia jądra moż-

na przedstawić w oparciu o model kropłowy jądra atomowego (rys. 1). Jądro rozszczepiające się traktujemy jako kroplę cieczy nieściśliwej, o stałej



Rys. 1. Cztery kolejne stadia - jądro niezdeformowane, jądro zdeformowane, utworzenie się punktu siodłowego jądra rozszczepienia jądra na dwa fragmenty

objętości. Kropli tej przypisujemy pewne napięcie powierzchniowe. Obok sił napięcia powierzchniowego w jądrze pomiędzy protonami występują siły odpychania kulombowskiego. Jeżeli jądro zostanie wzbudzone, wówczas może dojść do odkształcenia jądra - jądro ulega przewężeniu (rys. 1). Z chwilą utworzenia się punktu siodłowego jądra, jeżeli siły odpychania kulombowskiego przeważą siły napięcia powierzchniowego, wówczas dojdzie do rozerwania jądra (rys. 1).

Interesuje nas poznanie mechanizmu rozszczepienia jądra. Aby uzyskać pełne informacje o procesie rozszczepienia jądra, należy wykonać następujące pomiary: 1) pomiar przekroju czynnego na rozszczepienie w zależności od energii cząstki bombardującej, 2) pomiar anizotropii  $\sigma(0^\circ)$   $\sigma(90^\circ)$  w funkcji energii cząstki bombardującej np. neutronu, 3) pomiar zależności wydajności mas fragmentów rozszczepienia od ich liczby masowej dla różnych energii cząstki bombardującej, 4) pomiar rozkładów e-

nergetycznych fragmentów rozszczepienia, 5) pomiar zależności pomiędzy całkowitą energią fragmentów rozszczepienia a ich masę lub stosunkiem masy lekkiego fragmentu, 6) pomiar zależności pomiędzy liczbą emitowanych neutronów a liczbą masową fragmentu rozszczepienia oraz pomiar rozkładu energetycznego emitowanych neutronów, 7) pomiar liczby emitowanych fotonów gamma w zależności od masy fragmentu rozszczepienia oraz pomiar widma energetycznego emitowanych fotonów gamma. Proces dwurozszczepienia jądra obecnie jest dość dobrze znana. Oprócz rozszczepienia jądra na dwa fragmenty obserwuje się także rozszczepienie jądra na trzy, a nawet na cztery fragmenty. Proces ten jest jednak o wiele mniej prawdopodobny niż proces rozszczepienia jądra na dwa fragmenty. Najczęściej spotykanym procesem trójrozszczepienia jądra jest trójrozszczepienie jądra z emisją cząstki  $\alpha$ . Proces trójrozszczepienia jądra z emisją trzeciej cząstki cięższej niż cząstka  $\alpha$  jest do tej chwili mało zbadany. Ze swej strony podjęliśmy się badania tego zagadnienia. Do detekcji przypadków trójrozszczepienia użyto klisz jądrowych. Klisze te po nasyceniu solami uranu lub toru bombardowano w wypadku jądra  $^{235}\text{U}$  neutronami termicznymi i w wypadku jąder  $^{232}\text{Tl}$  i  $^{238}\text{U}$  neutronami o energii 2,9 MeV i o energii 14 MeV. Wykonano pomiary stosunku liczby przypadków trójrozszczepienia do liczby przypadków dwurozszczepienia ( $x/f$ ). Zmierzony stosunek  $x/f$  jest rzędu  $10^{-4}$ , z wyjątkiem jądra  $^{232}\text{Th}$  bombardowanego neutronami o energii 2,9 MeV gdzie jest on rzędu  $10^{-3}$ . Zmierzona całkowit-

ta średnia energia kinetyczna fragmentów trójrozzszczępienia w granicach błędu pomiaru zgadza się z całkowitą średnią energią kinetyczną fragmentów dwurozzszczępienia, z wyjątkiem średniej energii kinetycznej fragmentów trójrozzszczępienia jądra  $^{235}\text{U}$  bombardowanego neutronami termicznymi. Dla każdego przypadku trójrozzszczępienia obserwuje się fragment o największej masie ( $85 \leq A_H \leq 177$ ), który nazwano fragmentem ciężkim, fragment o najmniejszej masie ( $7 \leq A_L \leq 72$ ), który nazwano fragmentem lekkim i fragment o masie pośredniej pomiędzy masą lekkiego i masą ciężkiego fragmentu ( $32 \leq A_M \leq 105$ ), który nazwano fragmentem średnim. Dla tych fragmentów wykonano wykresy rozkładów mas. Na podstawie przeprowadzonej analizy rozkładów mas dla tych fragmentów oraz analizy rozkładów energetycznych dla ciężkiego fragmentu trójrozzszczępienia postuluje się, że istnieją dwie możliwości podziału jądra na trzy fragmenty (rys. 2 i rys. 3). W pierwszym wypadku (typ I) jądro rozszczepia się na dwa fragmenty takie jak podczas dwurozzszczępienia jądra, a następnie z jednego z fragmentów dwurozzszczępienia jest emitowany trzeci fragment. Ten typ podziału jądra nazwano asymetrycznym trójrozzszczępieniem jądra. W drugim wypadku (typ II) jądro rozszczepia się na trzy fragmenty, przy czym masa każdego z nich jest mniejsza od masy ciężkiego fragmentu dwurozzszczępienia. Proces ten zachodzi przypuszczalnie jednocześnie. Ten typ rozszczepienia jądra nazwano symetrycznym trójrozzszczępieniem jądra. Obie możliwości podziału jądra obserwuje się w wypadku trójrozzszczępienia jądra  $^{235}\text{U}$  bombardowanego neutronami termicznymi i w wypadku jądra  $^{232}\text{Th}$  bombardowanego neutronami o energii 2,9 MeV. Natomiast w wypadku trójrozzszczępienia jądra  $^{238}\text{U}$  bombardowanego neutronami o energii 2,9 MeV zachodzi tylko trójrozzszczępienie asymetryczne. W wypadku trójrozzszczępienia jądra  $^{238}\text{U}$  bombardowanego neutronami o energii 14 MeV trudno było wykazać istnienie jednej z dwu możliwości podziału jądra na trzy fragmenty. Obserwuje się w tym wypadku emisję fragmentów ciężkich o większej masie niż dla trójrozzszczępienia jądra  $^{238}\text{U}$  bombardowanego neutronami o energii 2,9 MeV. Procesowi temu towarzyszy emisja fragmentów lekkich o mniejszej masie. Obecnie staramy się w oparciu o model statystyczny jądra obliczyć rozkłady mas fragmentów trójrozzszczępienia i porównać obliczone z rozkładami mas otrzymanymi na drodze eksperymentalnej. Względne prawdopodobieństwo rozszczepienia jądra na trzy fragmenty odpowiednio o liczbach masowych i liczbach atomowych  $(A_1, Z_1)$ ,  $(A_2, Z_2)$  i  $(A_3, Z_3)$  oraz o energii wzbudzenia odpowiednio  $U_1$ ,  $U_2$  i  $U_3$  i całkowitej energii kinetycznej fragmentów  $E$  zgodnie z przyjętym zapisem przez Ericson'a (2) i Erbę i in. (1) daje się przedstawić przy pomocy

$$P_{123}(U_1, U_2, U_3, E) \approx T(E) f_1(U_1) f_2(U_2) f_3(U_3)$$

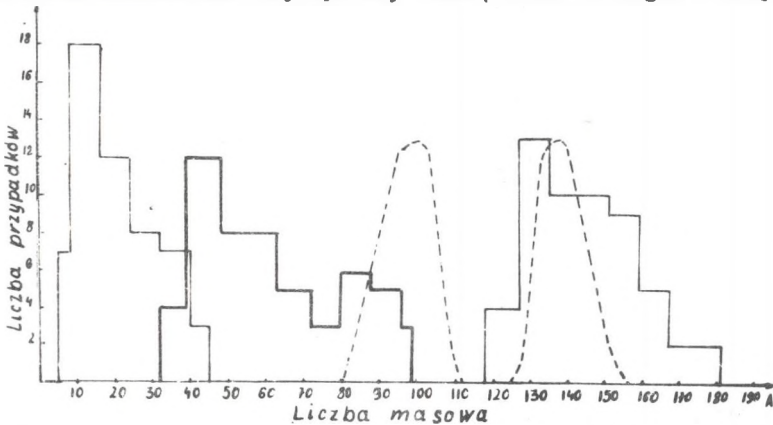
gdzie:

$T(E)$  - przenikliwość przez barierę kulombowską dla trzech fragmentów dających do utworzenia jądra złożonego,

$\rho_1(U_1), \rho_2(U_2), \rho_3(U_3)$  - gęstość poziomów odpowiednio dla pierwszego, drugiego i trzeciego fragmentu.

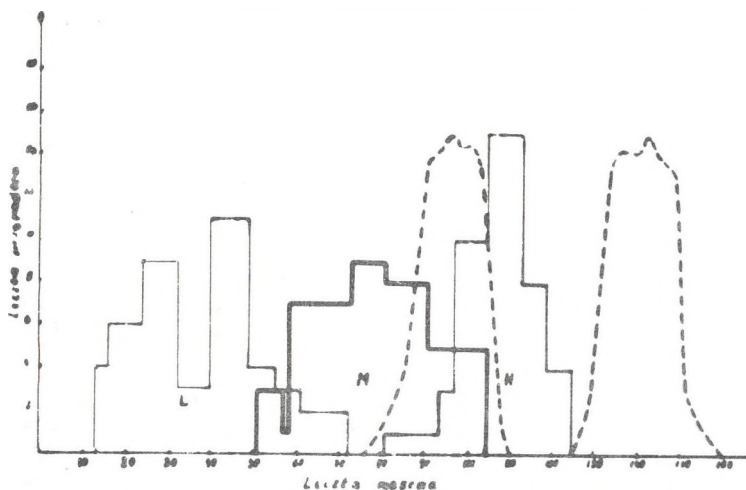
Po scałkowaniu otrzymano całkowite prawdopodobieństwo rozszczepienia jądra na trzy fragmenty. Obliczenia obecnie są już na ukończeniu.

Teraz chciałbym przejść do omówienia prac wykonywanych w zakresie Fizyki Teoretycznej. Praca naukowa Prof. dr B. Średniawy, jest związana z pierwszym miejscem pracy a mianowicie Uniwersytetem Jagiellońskim w Krakowie. Adiunkt dr B. Kozarzewski zajmuje się teorią Ciała Stałego. Z Fizyki Teo-



Rys. 2. Rozkład mas fragmentów (ciężkiego, średniego i lekkiego) trójrozszczepienia jądra  $^{238}\text{U}$  bombardowanego neutronami o energii 2,9 Me dla pierwszego typu przypadków (linia ciągła). Krzywa przerywana przedstawia rozkład mas fragmentów dwurozszczepienia jądra  $^{238}\text{U}$  bombardowanego neutronami reaktorowymi

retycznej Ciała stałego została wykonana praca na temat teorii zaburzeń dla modelu Heisenberg'a. Dla temperatury w pobliżu punktu Curie otrzymane rezultaty są analogiczne do rezultatów uzyskanych w oparciu o teorię pola molekularnego. Natomiast przy niskich temperaturach otrzymuje się wyniki zgodne z wynikami uzyskanymi w oparciu o teorię fal spinowych. W przygotowaniu znajduje się praca podająca analityczną metodę wyznaczania współczynników pola molekularnego dla ferryto-aluminatów na podstawie temperaturowej zależności dla namagnesowania. W przygotowaniu znajduje się również praca o teorii perturbacji dla Hamiltonianu s-d opisującego oddziaływanie zlokalizowanych momentów magnetycznych z elektronami przewodnictwa.



Rys. 3. Rozkład mas fragmentów (ciężkiego, średniego i lekkiego) trójrozszczepienia jądra  $^{235}\text{U}$  bombardowanego neutronami termicznymi dla przypadków drugiego typu (linia ciągła) Krzywa przerywana przedstawia rozkład mas fragmentów dwurozszczepienia jądra  $^{235}\text{U}$  bombardowanego neutronami termicznymi

#### LITERATURA

- [1] E. Erba, U. Facchini, E. Saetta - Menichella, Nucl. Phys. **84**, 595 (1966)  
 [2] I. Erierson, Advances in Phys. **9**, 425 (1960)

#### PHYSICAL PROBLEMS IN THE INSTITUTE OF MODERN PHYSICS

#### S u m m a r y

Problems from the field of Nuclear Physics and Theoretical Physics were solved by workers of the of Modern Physics. The mechanism of ternary fission of heavy nuclei and some problems of Department solid state physics investigated. Ternary fission of heavy nuclei induced by neutrons were investigated. Two modes of ternary fission of  $^{232}\text{Th}$  and  $^{235}\text{U}$  induced by neutrons and one mode of ternary fission of  $^{238}\text{U}$  induced by fast neutrons have been determined. In the first mode the formation of a heavy fragment of similar mass as that for binary fission was observed. The third fragment is emitted from the light fragment of binary fission. For the second mode of ternary fission the simultaneous formation of three mass

fragments was observed, each of them having a mass smaller than that of the heavy fragment of binary fission. Also the total kinetic energy of ternary fission fragments and the frequency of occurrence of ternary fission to binary fission events were measured. Moreover theoretical problems of solid physics were studied. Works of with thermodynamic properties of the Heisenberg Ferromagnet mode arbitrary spin were.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ЗАВЕДЕНИИ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ  
БЫВШЕГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА В КАТОВИЦАХ

Р е з ю м е

Были решены некоторые проблемы с области ядерной и теоретической физики в Заведении Современной Физики. Эти проблемы касаются механизма тройные деления тяжелых ядер под действием нейтронов. Были обнаружены два типа тройного деления ядер  $^{232}\text{T}$  и  $^{235}$  под действием нейтронов и один тип тройного деления под действием быстрых нейтронов. Для первого типа образуется тяжелый фрагмент с массой как у двойного деления. Третий фрагмент испускается с легкого фрагмента двойного деления. Для другого типа одновременно образовались три фрагмента, каждый с массой меньше чем тяжелый фрагмент двойного деления. Была измерена полная средняя кинетическая энергия осколков тройного деления и отношение сечения тройного деления к сечению двойного деления.

Решена также проблема физики твердого тела, относящаяся к термодинамическому свойству ферромагнетика Гейзенберга, с произвольным спином.