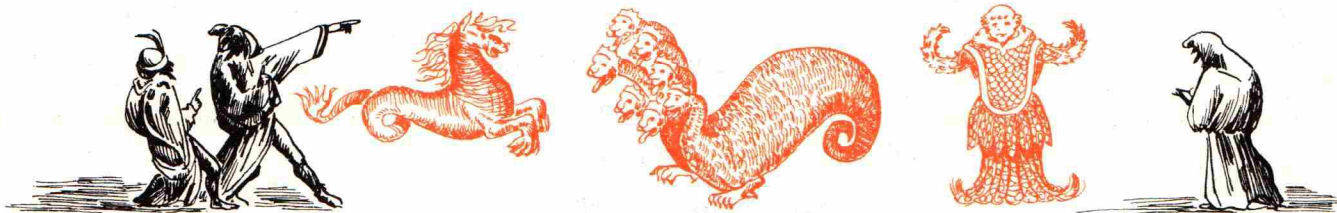


Relacjonując naszym Czytelnikom najnowsze doniesienia dotyczące istnienia monopolu magnetycznych musimy również powiedzieć, że w okresie kilku miesięcy jakie upłynęły od nadejścia pierwszej wiadomości nie nadeszło potwierdzenie odkrycia. Większość fizyków jest obecnie zdania, że zarejestrowane zdarzenie można wyjaśnić nie uciekając się do koncepcji monopola magnetycznego. O takiej możliwości pisze prof. J. Zakrzewski w artykule. Można więc powiedzieć, że istnienie monopolu magnetycznych **NIE ZOSTAŁO POTWIERDZONE DOŚWIADCZALNIE**



Czy odkrycie monopola magnetycznego?

Prof. dr Janusz ZAKRZEWSKI

Zainteresowanie fizyków monopołem magnetycznym trwa od roku 1931, kiedy to angielski fizyk-teoretyk P. A. M. Dirac wysunął hipotezę istnienia elementarnej cząstki magnetyzmu

o „ładunku” magnetycznym $g = n \cdot \frac{e}{2\alpha} = n \cdot 68,5e$, gdzie e jest elementarnym ładunkiem

elektrycznym, $\alpha \approx 1/137$ stałą struktury subtelnej, a n — liczbą naturalną. Monopoli magnetycznych poszukuje się w promieniowaniu kosmicznym, w próbkach poddanych długotrwałemu naświetleniu promieniami kosmicznymi, np. w meteorytach, wśród produktów oddziaływania cząstek z akceleratorów wielkich energii. Jako detektorów używa się, między innymi, emulsji fotograficznych oraz detektorów dielektrycznych. W detektorach takich cząstki naładowane elektrycznie pozostawiają wskutek jonizacji ośrodków ślad, który można ujawnić poddając detektor odpowiedniej obróbce chemicznej.

Spodziewamy się, że monopol magnetyczny również będzie wywoływać jonizację ośrodka i że jego tor możemy zaobserwować podobnie jak tor cząstki naładowanej elektrycznie w detektorze wizualnym. Między jonizacją monopola magnetycznego o ładunku magnetycznym g a cząstką o ładunku elektrycznym e powinien zachodzić związek:

$$(\text{jonizacja monopola magnetycznego}) : (\text{jonizacja cząstki elektrycznej}) \approx \left(\frac{g}{e}\right)^2 \cdot \beta^2,$$

gdzie $\beta = v/c$ jest prędkością monopola w jednostkach prędkości światła c . Jeśli monopol porusza się z prędkością v bliską c , tzn. β jest nieco mniejsza od 1, wówczas jonizuje on

$$\left(\frac{g}{e}\right)^2 \approx (68,5)^2 \approx 4692 \text{ razy silniej niż cząstka o ładunku elektrycznym } e, \text{ a więc podobnie jak}$$

jądro o liczbie atomowej $Z \approx 68$ (dla $n = 1$). Zauważmy, że dla prędkości niezbyt dużych $v \ll c$, jonizacja cząstki o ładunku elektrycznym e jest w przybliżeniu proporcjonalna do $1/\beta^2$.

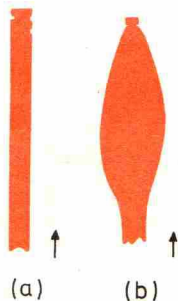
Z powyższych związków wynika, że dla monopola jonizacja jest proporcjonalna do $\left(\frac{g}{e}\right)^2$,

a więc nie zależy od jego prędkości β . Zdolność jonizacyjna monopola nie będzie się więc zmieniała wzdłuż jego toru, w odróżnieniu od zdolności jonizacyjnej jądra o $Z = 68$.

Ta ostatnia wprawdzie wzrasta przy zmniejszającej się prędkości a następnie maleje, gdyż jądro przy końcu swego zasięgu chwytka i traci elektrony a proces ten, zmniejszając efektywnie jego ładunek, zmniejsza zarazem zdolność jonizacyjną (rys. 1).

Po tych uwagach o metodach detekcji monopolu magnetycznych, możemy przejść do opisu obserwacji, która w sierpniu ub. roku zelektryzowała fizyków w całym świecie. Obserwacji tej dokonała grupa fizyków amerykańskich: P. B. Price i E. K. Shirk z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley oraz M. Z. Osborne i L. S. Pinsky z Uniwersytetu Houston. Badali oni skład pierwotnego promieniowania kosmicznego, poszukując superciężkich jąder o liczbach atomowych $Z \geq 60$ w bloku złożonym z fotograficznej emulsji jądrowej i detektorów plastikowych (Lexan). Jądra superciężkie występują w promieniowaniu kosmicznym bardzo rzadko; do chwili obecnej we wszystkich eksperymentach wykonanych na świecie od ich odkrycia w meteorytach w roku 1965, zaobserwowano przy użyciu detektorów wizualnych około 200 przypadków o $Z > 70$, w tym około 28 o $Z > 86$. Fizycy amerykańscy naświetlali, we wrześniu 1973 roku przez około 2,5 dnia wielowarstwowy blok o powierzchni 20 m², złożony z emulsji jądrowej, radiatora czerenkowskiego wraz z filmem oraz 33 warstwy plastiku w locie balonowym nad miastem Sioux w stanie Iowa (USA). Od tego czasu prowadzą systematyczną analizę uzyskanego materiału, poszukując torów jąder superciężkich w poszczególnych częściach bloku. Przy użyciu mikroskopu optycznego przeglądają warstwę emulsji i oceniają liczbę atomową Z i prędkość β jąder dających znalezione tory, a następnie śledzą je dalej w warstwach plastiku.

Jeden ze znalezionych torów wzbudził szczególne zainteresowanie badaczy amerykańskich.

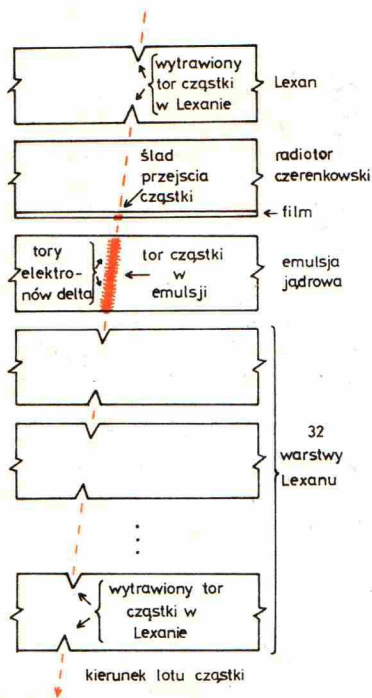


Rys. 1

Szkic toru

(a) monopola magnetycznego

(b) jądra ciężkiego pierwiastka w emulsji fotograficznej



Rys. 2

Szkic bloku złożonego z emulsji jądrowej, radiatora czerenkowskiego wraz z filmem oraz 33 warstw plastiku (Lexan).

W fizyce jądrowej grubość materiału określa się w g/cm². Tak określona wielkość powstaje w wyniku pomnożenia geometrycznej grubości przez gęstość materiału.

W poprzednich badaniach nigdy nie zaobserwowano jądra o $Z > 96$.

Na konferencji w Monachium w sierpniu ub. roku autorzy podwyższyli tę ocenę do około 600 mas protonowych.



Liczbę atomową i prędkość cząstki dającej ten tor w emulsji jądrowej oceniono jako $Z \approx 80$ oraz $\beta = 0,5_{-0,05}^{+0,1}$. Na podstawie danych zarejestrowanych w detektorze Czerenkowa, prędkość cząstki oszacowano jako $\beta < 0,68$. Stwierdzono dalej, że cząstka porusza się w kierunku od emulsji do warstw Lexanu, o czym świadczy rozkład kierunków emisji elektronów wybitych w procesie jonizacji z atomów ośrodka (tzw. elektronów delta): stosunek liczby torów elektronów idących „w dół” do liczby elektronów idących „do góry” równa się około 5:1. Kiedy jednak uczeni przeszli do analizy toru w warstwach Lexanu (cząstka przebiegła przez cały blok i opuściła go, rys. 2), czekała ich niespodzianka: długości wytrawionych torów nie zmieniły się przy przechodzeniu od warstwy do warstwy tak, jak powinny dla cząstki o podanych wyżej Z i β ! Trzeba bowiem wiedzieć, że długość

wytrawionego toru w warstwach Lexanu jest w przybliżeniu proporcjonalna do $\left(\frac{Z}{\beta}\right)^4$; rośnie

zatem, gdy prędkość β jądra o liczbie atomowej Z maleje. Tymczasem zmierzone długości torów pozostawały stałe, tak jakby przez warstwy Lexanu przeszła cząstka o $Z \approx 137$ oraz $\beta \approx 1$. Przeprowadzając przez punkty doświadczalne, tzn. długości wytrawionych torów w różnych warstwach Lexanu, krzywą pasującą do danych na poziomie ufności 84%, uczeni amerykańscy uzyskali ocenę $Z \approx 125$ oraz $\beta \approx 0,92$ — a więc nadal bardzo różną od tej, którą otrzymali z emulsji jądrowej i detektora czerenkowskiego.

Podsumujmy wyniki obserwacji: przez cały blok (o grubości 1,6 g/cm²) przeszła cząstka, bez zatrzymania, silnie jonizująca, o niezminiającej się zdolności jonizacyjnej. Wartości jej liczby atomowej i prędkości, ocenione na podstawie analizy śladu w trzech detektorach, nie dają się ze sobą pogodzić:

detektor	Z	β
Czerenkowa	> 70	$< 0,68$
emulsja jądrowa	≈ 80	$0,5_{-0,05}^{+0,1}$
Lexan	> 125	$> 0,92$

Nawet jeżeli zrezygnujemy z oceny Z i β pochodzącej z Lexanu, pozostaje trudna do wytłumaczenia obserwacja cząstki o prędkości $\approx 0,5$ c jonizującej silnie i bez zmiany przy przechodzeniu przez grubą warstwę ośrodka.

W tej sytuacji fizycy amerykańscy rozważyli inną interpretację przypadku: przyjęli, że mają do czynienia z monopolem magnetycznym o ładunku magnetycznym $g = 137e$ ($n = 2$) i o prędkości $\beta \approx 0,5$. Usunęli w ten sposób zasadniczą trudność, jaką stanowi niezmiennosc jonizacji w Lexanie: wszak zdolność jonizacyjna monopola magnetycznego nie zależy od jego prędkości! Co więcej, analizując tor pozostawiony przez cząstkę w emulsji jądrowej i porównując go z torami około 100 superciężkich jąder promieniowania kosmicznego zarejestrowanych we wcześniejszych badaniach, uczeni amerykańscy stwierdzili, iż jego struktura jest taka, jakiej należałoby oczekiwać dla monopola o powyższych własnościach. Spośród dwóch rozważanych interpretacji: jądra superciężkiego o $Z > 125$, $\beta > 0,92$ lub monopola magnetycznego o $g = 137e$, $\beta \approx 0,5$ fizycy amerykańscy opowiedzieli się za drugą. Stwierdzili (cytujemy): „wykryliśmy monopol magnetyczny $g = 137e$ i prędkości $\beta = 0,5_{-0,05}^{+0,1}$. Na to, by przejść przez blok Lexanu o grubości 1 g/cm², jego energia musi przewyższać 32 GeV, co znaczy, że jego masa musi przewyższać 200 mas protonowych.” Informacja o odkryciu monopola poszła w świat: rozmowy telefoniczne, listy, notatki prasowe, wywiady, referaty na konferencjach, przedruk publikacji...

Jak należy się odnieść do tego wydarzenia? Zawsze gdy odkrycie nowej cząstki oparte jest na jednej obserwacji, pojedynczym przypadku, budzą się wątpliwości: mamy je i my, fizycy ośrodka warszawskiego. Zauważmy bowiem, iż podstawą interpretacji przypadku jako monopola magnetycznego jest założenie, że przez cały blok przechodzi ta sama cząstka, tzn. że informacje o Z i β , pochodzące z różnych detektorów muszą być spójne. Jeśli jednak założenie to nie jest słuszne? Gdyby cząstka doznała po drodze zderzenia z jądrem detektora, zarówno Z jak i β mogłyby ulec zmianie. Wątpliwości takie żywili uczestnicy konferencji w Monachium. Jeden z najwybitniejszych autorytetów w zakresie poszukiwania jąder superciężkich w promieniowaniu kosmicznym, współtwórca techniki emulsyjnej, fizyk angielski P. H. Fowler z Uniwersytetu Bristolskiego zauważył, że wystarczy by jądro o $Z \approx 80$ i $\beta \approx 0,7$ straciło w zderzeniu jądrowym w pobliżu warstwy emulsji cząstkę alfa, by cały ciąg zdarzeń zarejestrowanych w bloku dał się spójnie wyjaśnić. Fizycy amerykańscy nie przedyskutowali tej możliwości w swej pracy, nie oszacowali prawdopodobieństwa takiego zdarzenia.

Wątpliwości budzą się też przy rozważaniu podstaw ekstrapolacji wzoru empirycznego ustalającego zależność między długością toru wytrawionego w Lexanie a zdolnością

jonizacyjną cząstki. Zależność typu $\left(\frac{Z}{\beta}\right)^4$ została uzyskana przy analizie torów jąder o $Z \approx 60$;

czy można ją stosować w zakresie większych wartości Z ? Wykładnik potęgowy znany jest z dokładnością nie lepszą niż około 10%; jaki wpływ ma ten błąd na ocenę Z w Lexanie, a więc na interpretację wyników? Przedruk pracy uczonych amerykańskich nie zawiera odpowiedzi na te pytania.

A może cząstka w rzeczywistości poruszała się „z dołu do góry” —wbrew stwierdzeniu zawartemu w pracy a opartemu na obserwacji elektronów delta? Należałoby zbadać tory jąder superciężkich w emulsji jądrowej, o których wiemy jaki był kierunek ich lotu, i sprawdzić jakie jest prawdopodobieństwo uzyskania w pojedynczej warstwie wyniku takiego, jak w rozważanym przypadku. I na to pytanie brak obecnie odpowiedzi.

Wydaje się więc, że rzetelność naukowa nakazuje wstrzymać się na razie od przyjęcia proponowanej interpretacji zdarzenia jako wykrycia monopola magnetycznego. Fizycy amerykańscy chyba zbyt wcześnie ogłosili światu o „odkryciu monopola”: jest to tylko jedna — lecz nie jedyna — z możliwych interpretacji. Musimy poczekać na odpowiedzi, jakich niewątpliwie udzielą oni na zgłoszone zastrzeżenia i wątpliwości. W najgorszym razie — poczekać na następną, bardziej przekonującą obserwację. Ale tak już jest w fizyce: zawsze rzetelny eksperyment ma głos decydujący.