

Rys. 3. Przekroje czynne na absorpcję kwantów gamma.

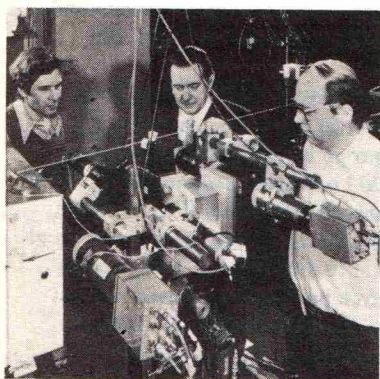
w kierunku wiązki z taką samą energią jaką miały w momencie wejścia do ośrodka. Nie ma więc sensu mówić o zasięgu promieniowania gamma w materii; można jedynie mówić o osłabieniu jego natężenia. Osłabienie ma charakter wykładniczy, co jest konsekwencją faktu, że wszystkie kwanty gamma mają równe szanse ulegnięcia oddziaływaniu w czasie swego lotu przez materię. Można wprowadzić miarę prawdopodobieństwa oddziaływania fotonu. Mierzy się je przy pomocy wielkości zwanej „przekrojem czynnym”. Jest to stosunek liczby aktów oddziaływania w jednostce czasu do liczby fotonów padających w jednostce czasu na jednostkę powierzchni, podzielony przez liczbę atomów znajdujących się w objętości ośrodka, przez którą przechodzi wiązka. Taka definicja ma prostą interpretację: wiązka byłaby równie osłabiona, gdyby ją przegrodzić doskonale absorbującą powierzchnią równą iloczynowi przekroju czynnego przez liczbę atomów w próbce objętej wiązką. Przekrój czynny, mierzony zwykle w barnach (10^{-24} cm^2), reprezentuje więc jak gdyby efektywny przekrój atomu w obserwowanym zjawisku. Całkowity przekrój czynny na absorpcję kwantów gamma składa się z sumy przekrojów odpowiedzialnych za trzy opisane procesy oddziaływania:

$$\delta = \delta_{\text{fot}} + \delta_{\text{kompt}} + \delta_{\text{par}}$$

Po przejściu warstwy substancji o grubości x natężenie wiązki fotonów zmniejsza się $e^{-n\sigma x}$ razy (n — liczba atomów substancji w jednostce objętości). Wartość przekroju czynnego silnie rośnie ze wzrostem liczby porządkowej atomów ośrodka (rys. 3). Jasne jest więc, dlaczego do budowy osłon przed promieniowaniem gamma używamy najczęściej ołowiu. Im większy strumień promieniowania, tym większa musi być grubość stosowanej osłony.

Prześwietlanie protonami

Grupa fizyków z Narodowego Laboratorium w Argonne (USA) wraz z zespołem lekarzy Wydziału Medycznego Uniwersytetu w Chicago prowadzi badania nad zastosowaniem wiązki protonów do prześwietlania żywej tkanki w celach diagnostycznych. Dotychczasowa, szeroko stosowana w medycynie, technika prześwietlania krótkimi falami elektromagnetycznymi (promieniami X) nie pozwala rejestrować obiektów mało różniących się gęstością, a więc pochłanianiem promieniowania. Osłabienie wiązki promieniowania elektromagnetycznego w materii zależy wykładniczo od ilości materii, którą promieniowanie przenika. Patologicznie zmieniona tkanka żywa różni się tylko nieznacznie gęstością od otaczającej ją tkanki zdrowej. Natężenia wiązek promieniowania przenikających zdrową i chorą tkankę różnią się przeto również nieznacznie, tak że wykrycie tej różnicy może być niemożliwe.. Zastosowanie niskoenergetycznej wiązki protonów do prześwietlenia radykalnie zmienia sytuację. Dla protonów niskoenergetycznych (to znaczy o tak dobranej energii, aby ilość materii, którą mają przeniknąć, była tylko nieco mniejsza od tej ilości, która zatrzymałaby je całkowicie) zmiany natężenia wiązki w miarę wzrostu ilości przenikniętej przez nią materii są bardzo szybkie. Nawet niewielka różnica w gęstości ośrodków powoduje bardzo znaczną różnicę w ilości przepuszczanych protonów. Różnica ta może wskazać na wewnętrzną strukturę badanej tkanki znacznie precyzyjniej niż konwencjonalne prześwietlenie promieniami X. Pierwsze próby rozpoczęto w lutym 1974 r. z wiązką 200 MeV protonów pochodzących z konwencjonalnego akceleratora używanego w laboratorium do badania procesów oddziaływań cząstek elementarnych.



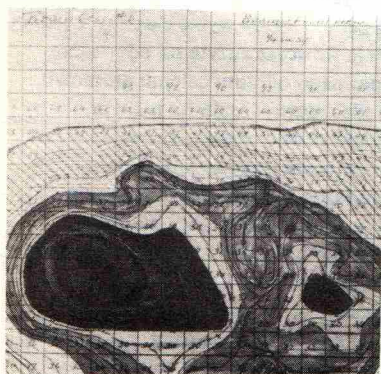
Fot. 1

W bloku tworzywa sztucznego o grubości 22,5 cm wyłobiono dołek o głębokości 0,125 mm. Prześwietlenie wiązką protonów pozwoliło wykryć to wgłębienie wykazując tym samym, że można zaobserwować zmiany gęstości mniejsze niż 0,1%.

W kwietniu 1974 r. wykonano pierwsze próby z wypreparowaną tkanką ludzką. Zdjęcie przedstawia układ doświadczalny. Próbkę tkanki mózgowej znajduje się w pojemniku wypełnionym wodą, widocznym w środku zdjęcia. Pojemnik jest przesuwany w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku wiązki, a licznik scyntylacyjny rejestruje natężenie przechodzącej wiązki dla każdego położenia pojemnika. W ten sposób powstaje mapa zdolności pochłaniania badanej tkanki. Całkowita dawka promieniowania, otrzymana przez tkankę w procesie prześwietlania wynosi około 5 miliremów, a więc znacznie mniej niż przy prześwietleniu konwencjonalnym. Zdjęcie przedstawia otrzymaną w opisany sposób mapę mózgu. Ciemny obszar po lewej stronie wskazuje tkankę nowotworową.

W oparciu o opisane eksperymenty i obliczenia teoretyczne sądzi się że będzie można wykrywać nowotwory mózgu o średnicy powyżej 4 mm i nowotwory piersi o średnicy nie mniejszej niż 2 mm. Wymaga to opracowania przenośnych, prostych w obsłudze i tanich akceleratorów protonów, takich, które można instalować w szpitalach. Prace w tym kierunku są już zaawansowane. Prześwietlenie protonami jest bardzo dobrym przykładem niespodziewanego zastosowania praktycznego wyników badań z dziedziny pozornie całkowicie poświęconej zagadnieniom czysto poznawczym, dziedziny, jaką jest fizyka cząstek elementarnych.

(Zdjęcia i materiał z «CERN Courier», 1974, tom 14, nr 9).



Fot. 2