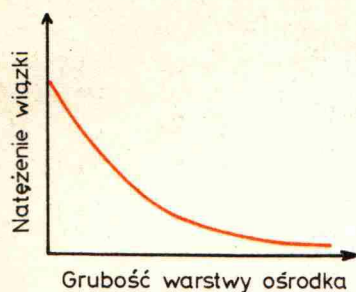
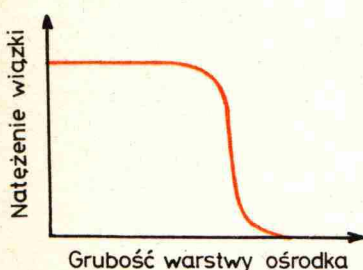


Doc. dr Ewa SKRZYPCZAK



Rys. 1



Rys. 2

Strumienie cząstek takich, jak elektrony, protony, cząstki  $\alpha$  czy neutrony, bądź kwantów promieniowania elektromagnetycznego, jak promienie X, czy  $\gamma$ , określamy niekiedy wspólną nazwą promieniowania jonizującego. Nazwa pochodzi stąd, że wszystkie wspomniane cząstki czy kwanty przechodząc przez ośrodek materialny oddziałują z jego atomami i cząsteczkami i — bezpośrednio lub pośrednio — wywołują ich jonizację. Mechanizmy procesów prowadzących do jonizacji ośrodka są złożone, a w szczególności zależą między innymi od struktury chemicznej ośrodka. Promieniowanie jonizujące, przechodząc przez tkankę żywego organizmu i wywołując procesy jonizacji, staje się dla tkanki czynnikiem niszczącym. Takie działanie promieniowania jonizującego czyni je sprzymierzeńcem lekarza onkologa, który — stwierdziwszy u pacjenta obecność nowotworu — dąży do usunięcia lub zniszczenia tkanki nowotworowej.

Wiązka promieniowania jonizującego, stosowanego w terapii nowotworów, musi mieć w każdym konkretnym przypadku starannie dobrane wszystkie parametry: energię, natężenie, rozmiary i kierunek. Dobór tych parametrów stanowi wynik stosowania tzw. strategii terapii, w której zakres wchodzi jeszcze jeden, bardzo ważny element, a mianowicie ochrona przed napromienianiem zdrowych tkanek, znajdujących się w sąsiedztwie tkanki nowotworowej. Stosowane od dawna w terapii nowotworów promieniowanie elektromagnetyczne (X,  $\gamma$ ), a nawet rozpowszechnione w ostatnich latach wiązki elektronów przyspieszanych w betatronach i akceleratorach liniowych oraz neutronów produkowanych w reaktorach ulegają osłabieniu przy przejściu przez ośrodek materialny — według prawa wykładniczego (rys. 1). Napromienianiu tkanki nowotworowej towarzyszy zatem nieuchronnie napromienianie tkanki zdrowej, znajdującej się dalej na drodze wiązki.

Cieęższe cząstki naładowane, takie jak mezony  $\pi$ , protony czy cząstki  $\alpha$ , można stosować w terapii, dzięki temu, że cząstki te przy przejściu przez ośrodek osiągają w nim pewną określoną głębokość (zasięg), zależną dla danego ośrodka tylko od energii i rodzaju cząstki (rys. 2). Własność ta gwarantuje niemal pełne zabezpieczenie tkanek zdrowych znajdujących się poza nowotworem na drodze wiązki.

Niestety, nieliczne szpitale zajmujące się terapią nowotworów mają dostęp do odpowiednich dla tego celu wiązek cząstek rozprzeczanych w akceleratorach. Dla przykładu warto podać, że protony o zasięgu ok. 10 cm w ośrodku tkankopodobnym muszą mieć energię równą prawie 200 MeV. Wiązki protonów o takiej energii stosowane są w terapii nowotworów w niewielu tylko ośrodkach, np. w Szwecji (Uppsala), w ZSRR (Dubna, Zjedn. Instytuty Badań Jąd.) i w Wielkiej Brytanii (Glasgow). Projekty zastosowania w terapii onkologicznej mezonów  $\pi$  oraz cząstek  $\alpha$  o energiach rzędu GeV są obecnie żywo dyskutowane.

W zagadnieniach tych widzimy kolejny przykład pozornie nieoczekiwanej możliwości praktycznych zastosowań aparatury i wiedzy rozwijanej w badaniach podstawowych z dziedziny fizyki wysokich energii i cząstek elementarnych.



## Zadania

Redaguje mgr Andrzej MAKOWSKI

M 46. Na kulistej planecie lądują trzy rakiety. Jakie jest prawdopodobieństwo tego, że wylądują one na jednej półkuli, tzn. że będzie istnieć koło wielkie, nie rozdzielające tych punktów. Rozwiązanie na str. 15

M 47. Rozwiązać układ równań  $\left(\sqrt{\frac{x+1}{x+y}} + \sqrt{\frac{x+y}{x+1}} = 2\right) \wedge \left(\sqrt{\frac{x+1}{y+2}} - \sqrt{\frac{y+2}{x+1}} = \frac{3}{2}\right)$ .  
Rozwiązanie na str. 11

M 48. Udowodnić, że  $\int_0^1 \frac{m}{\sqrt{1-x^n}} dx = \int_0^1 \frac{n}{\sqrt{1-x^m}} dx$ , gdzie  $m$  i  $n$  są liczbami naturalnymi.  
Rozwiązanie na str. 12

Redaguje dr Andrzej ZIEMIŃSKI

F 16. Obok zamieszczamy zdjęcie z wodorowej komory pęcherzykowej, na którym w zderzeniu wysokoenergetycznego pionu o pędzie 200 GeV/c ze spoczywającym protonem wyprodukowanych zostało aż 16 naładowanych cząstek. Policzone jaka maksymalna liczba cząstek może powstać w opisanych oddziaływaniach  $\pi p$ , jeżeli założymy, że wśród produkowanych cząstek znajduje się zawsze jeden nukleon, a pozostałe są pionami o ładunkach różnych znaków. Masy spoczynkowe pionu i nukleonu przyjmijcie za równe odpowiednio: 140 MeV/c<sup>2</sup> i 940 MeV/c<sup>2</sup>.

Zastanówcie się również jaki musi być najmniejszy pęd padającego pionu, aby mógł w zderzeniu ze spoczywającym protonem wyprodukować chociaż jeden dodatkowy pion.

Rozwiązanie na str. 6

