

(fragment artykułu, który ukazał się w grudniowym numerze *Spraw Nauki* z 1995 r.)

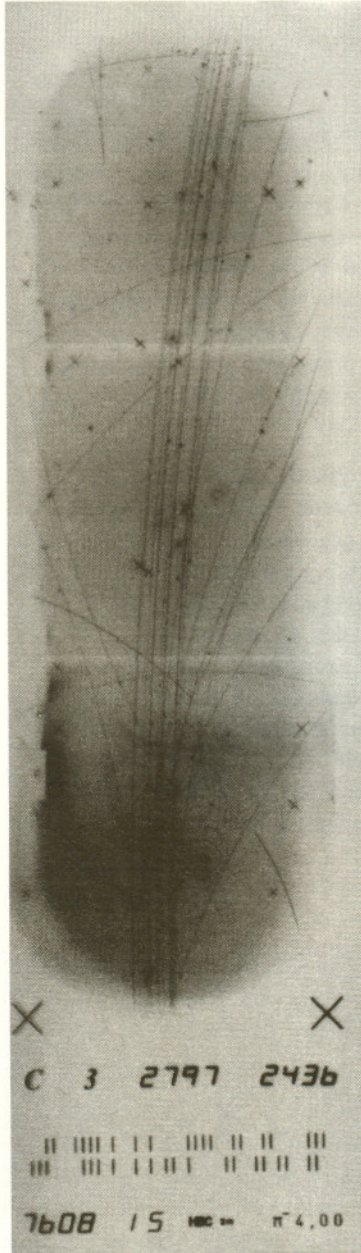
Stając się pełnoprawnym członkiem CERN-u 1 lipca 1991 roku Polska została współwłaścicielem jednego z najbardziej istotnych ośrodków badawczych w świecie. Dzięki temu uzyskała dostęp do zaawansowanych technologii, a polski przemysł uzyskał priorytet kraju członkowskiego w przetargach na zamówienia dla CERN-u. Poza korzyściami finansowymi ma to duże znaczenie marketingowe oraz stymuluje wprowadzanie i rozwijanie nowoczesnych technik produkcji.

Powodzenie w wykorzystaniu CERN-u do promocji i rozwoju naszego przemysłu zależy w znacznej mierze od działalności informacyjnej. W tym właśnie celu Polska Agencja Atomistyki, przy finansowym wsparciu Komisji Badań Naukowych, zorganizowała, w dniach od 28 listopada do 1 grudnia 1995 roku, pierwszą polską wystawę technologiczną „Poland at CERN”, stwarzając znakomitą okazję promocji polskiej technologii i przemysłu i dając możliwość nawiązania lub nasilenia kontaktów pomiędzy polskimi przedsiębiorstwami a jednym z najbardziej prestiżowych centrów badań podstawowych w świecie, będącym jednocześnie ośrodkiem wiodącym w tworzeniu i wdrażaniu najnowocześniejszych technologii.

Uroczystej inauguracji wystawy dokonali: ówczesny wicepremier, Przewodniczący KBN, profesor Aleksander Łuczak oraz Dyrektor Generalny CERN-u, profesor Chris Llewellyn Smith. Otwierając wystawę profesor Łuczak powiedział: „Ta pierwsza polska ekspozycja zapowiada nowy etap naszej obecności w CERN-ie. Umożliwia ona członkom CERN-u lepsze poznanie naszego potencjału przemysłowego, a z drugiej strony, pozwala naszym wystawcom dowiedzieć się więcej o samym Ośrodku i o jego wspaniałych pracownikach. Jest to wyjątkowa okazja spotkania się specjalistów z obu stron i wymiany poglądów na temat najnowszych rozwiązań technicznych i technologicznych.” Profesor Llewellyn Smith zwrócił uwagę na znakomity wkład naukowy polskich fizyków w rozwój Ośrodka. Przypomniawszy również, że przystąpienie Polski do CERN-u w lipcu 1991 roku, jako pierwszego pełnoprawnego członka z Europy Środkowo-Wschodniej, było ważnym przełomem politycznym.

Dwadzieścia cztery przedsiębiorstwa zaprezentowały ofertę zaawansowanych technologicznie wyrobów o podstawowym znaczeniu dla naukowców, inżynierów i techników pracujących w CERN-ie. Prezentowane były następujące technologie: kriogenika, techniki próżniowe, zasilanie elektryczne, elektronika wysokich mocy, mechanika wielkogabarytowa i precyzyjna, oprzyrządowanie elektryczne i mechaniczne, elektronika, oprogramowanie i optoelektronika. Od strony organizacyjnej wystawę koordynowało wrocławskie konsorcjum TECHTRA, powołane do życia w celu ułatwienia dostępu polskich przedsiębiorstw do Ośrodka pod Genewą. Równoległe do ekspozycji odbywał się cykl prelekcji przedstawiających wystawców.

Na rezultaty trzeba trochę poczekać, ale już teraz można stwierdzić, że obecność naszego przemysłu jest już wyraźnie zaznaczona. Mimo znacznych trudności w przystosowaniu się do wymogów konkurencji, udało się uzyskać zamówienia, z których polskie przedsiębiorstwa potrafiły się wywiązać wypełniając wysokie wymagania stawiane produktom dostarczanym do CERN-u. Nasz „współczynnik zwrotu składki członkowskiej” wynosi około 70% i należy do najwyższych wśród krajów członkowskich. CERN kupuje zbiorniki próżniowe do magnesów nadprzewodzących w kieleckim CHEMARZE i raciborskim RAFAKO, dennice kriostatów w kościańskim METALCHEMIE. Elementy instrumentów naukowych wykonywane są np. w Instytucie Problemów Jądrowych im. A. Sołtana czy Instytucie Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego. Większość ciekłego helu







**Rozwiązanie zadania F 429.** Żeby ten egzotyczny satelita mógł pozostać na orbicie (o ile to słowo jest tu na miejscu), siła odśrodkowa musi równoważyć siłę ciężkości, a zatem

$$\int_R^{R+1} r\omega^2 \rho dr = \int_R^{R+1} \frac{GM}{r^2} \rho dr,$$

gdzie  $\omega$  jest prędkością kątową Ziemi,  $l$  zaś – długością liny. Calkując otrzymujemy

$$R(l + 2R)(l + R) = \frac{2GM}{\omega^2} = \frac{2gR}{\omega^2}.$$

Jest to równanie kwadratowe, którego rozwiązanie mające sens fizyczny jest postaci

$$l = \frac{-3R + \sqrt{9R^2 + 4\left(\frac{2gR}{\omega^2} - 2R^2\right)}}{2}.$$

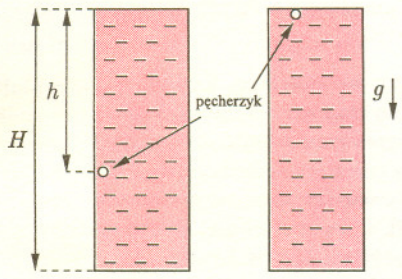
Podstawiając wartości liczbowe  $g$ ,  $R$  i  $\omega$  dostajemy

$$l = 1,5 \cdot 10^8 \text{ m}.$$

Jest to długość równa niemalże połowie odległości Ziemia-Księżyc.



**Rozwiązanie zadania F 430.** Ponieważ ciecz jest nieściśliwa, pęcherzyk wypływając ku górze nie zmienia swej objętości. Jeśli stała jest temperatura, stałe jest także ciśnienie wewnątrz pęcherzyka. Stała jest także różnica ciśnień w pęcherzyku i na zewnątrz. Wynika stąd, że ciśnienie w bezpośrednim otoczeniu pęcherzyka jest cały czas takie samo i równe  $p_0 + \rho gh$ , niezależnie od tego, gdzie znajduje się pęcherzyk ( $p_0$  jest początkowym ciśnieniem pod górną pokrywą cylindra). Ciśnienie końcowe wywierane przez ciecz na górną pokrywę jest więc równe  $p_0 + \rho gh$ , natomiast ciśnienie końcowe wywierane na dno cylindra wynosi  $p_0 + \rho g(H + h)$ .



Dla małej wartości  $p_0$  i dużej głębokości  $h$  wzrost ciśnienia może być znaczny. W przypadku szybu naftowego o głębokości kilku kilometrów może osiągnąć wartość atmosfer (złożom ropy naftowej zwykle towarzyszą złoża gazu). Takie ciśnienie może rozerwać zamknięcie szybu i skruszyć skały na dnie odwiertu. Z tego powodu odwierty naftowe nie są zamykane. W przypadku głębokiego szybu naftowego nie jest poprawne założenie o stałości temperatury, nie istnieją też nieściśliwe ciecze, mimo to wzrost ciśnienia mógłby być niebezpieczny.

w CERN-ie jest produkowana w Odolanowie. Po Ośrodku jeżdżą wyprodukowane w Tychach *Cinquecento*, a firma DETRON dostarczyła pokazowy detektor promieniowania kosmicznego, który stanowił część ekspozycji CERN-u na wystawie światowej w Sewilli.

W dniu 16 grudnia 1994 roku Rada CERN-u zatwierdziła program budowy kolajdera hadronowego LHC. Jest to wyzwanie nie tylko dla naukowców, ale również dla przemysłu. To wielka szansa promocji przedsiębiorstw, którym uda się zaangażować w tę prestiżową budowę. CERN jest jakby minipaństwem i potrzebuje dosłownie wszystkiego. Nie jest to jednak łatwy rynek. Wymagana jest najwyższa jakość. CERN, znając swoją wartość i pragnąc optymalnie wykorzystać środki, jakimi dysponuje, ustala wygodne dla siebie warunki płatności. W praktyce oznacza to, że małe firmy lub instytuty badawczo-rozwojowe nie mogą sobie pozwolić na nawiązywanie większych kontraktów bez gwarancji kredytowych, np. ze strony rządu lub powołanych do tego celu agend rządowych. Zgodnie z podpisaną przez Polskę i CERN umową okres budowy LHC wyznacza stopniowe dochodzenie do płacenia pełnej składki członkowskiej (której wysokość uzależniona jest od wysokości przychodu narodowego netto, docelowo będziemy pokrywać około 1,3% budżetu, mniej więcej tyle co Finlandia, Norwegia, Czechy albo Węgry; dzięki negocjacom naszych przedstawicieli udało się zaoszczędzić około półtorej składki finalnej). W praktyce oznacza to otwartą drogę do dziesięciokrotnego zwiększenia udziału polskich przedsiębiorstw w zamówieniach CERN-u. Naprawdę na tym skorzystamy, jeżeli uda się nam sprzedać najlepsze wytwory polskiej myśli technicznej, wykorzystać współpracę ze specjalistami spod Genewy do podniesienia jakości wytworów naszego przemysłu i rozszerzenia jego oferty. Badania marketingowe zlecone przez CERN wykazały, że uzyskane tam zamówienia procentują w przyszłości sprzedażą produktów lub usług o 3–4 krotnie większej wartości. Produkowanie dla CERN-u jest w praktyce równoważne uzyskaniu najwyższych certyfikatów jakości. Wiąże się to również z bezpłatną oceną ekonomiczną przedsiębiorstwa, gdyż CERN przy pomocy swoich fachowców sprawdza strukturę kosztów kupowanych przez siebie wyrobów.

Wśród wielu dziedzin, w których mamy szansę zaistnieć w CERN-ie, zwróciłbym szczególną uwagę na optoelektronikę. Przesyłanie informacji za pomocą światła przeżywa okres rozkwitu na całym świecie. Mamy znakomitych specjalistów w tej dziedzinie (np. na Politechnice Warszawskiej). To, co jest potrzebne w CERN-ie, różni się od standardowych potrzeb telekomunikacji odległością, na jaką trzeba przesyłać olbrzymie ilości danych w jak najkrótszym czasie. W przypadku LHC będą to dziesiątki metrów zamiast kilometrów. Ten sposób przesyłania informacji może być naszą szansą i ma przed sobą dużą przyszłość w postaci ultraszybkich sieci lokalnych, które zaczynają powstawać w instytutach naukowych, szpitalach czy bankach.

Podsumowując, współpraca Polski z CERN-em niesie w sobie ogromne potencjalne korzyści dla polskiej techniki. Aby je wykorzystać, potrzebne jest znalezienie tych dziedzin, w których polski przemysł może być konkurencyjny i zapewnienie im środków niezbędnych do osiągnięcia sukcesu. Wystawa „Poland at CERN” była znaczącym elementem tego procesu, który – mam nadzieję – będzie intensyfikowany. Na koniec spójrzmy, jak to robią inni. Dużo możemy się nauczyć (i już się nauczyliśmy) od Finlandii. Od wielu lat staramy się jednak zbudować „drugą Japonię”. Kraj kwitnącej wiśni znany jest z rozwiniętej myśli technicznej. W zbliżeniu okazuje się, że nauka japońska – poprzez sposoby jej finansowania – jest jedną z najbardziej pragmatycznych na świecie. Otóż ta pragmatyczna Japonia, jako pierwszy kraj pozaeuropejski (jeśli bez geograficznego aptekarstwa uznamy europejskość Izraela) uzyskała w czerwcu 1995 roku status obserwatora przy Radzie CERN-u, wpłacając jednocześnie okrągłą sumę 5 miliardów jenów jako „wkład rządu japońskiego w przyspieszenie budowy LHC”. Oni muszą mieć w tym jakiś interes.



(na podstawie *CERN Courier*, raportu OECD pt. *Particle physics* i książki: F. Close, M. Marten, C. Sutton pt. *Particle Explosion*)

„Raison d'être” CERN-u jest badanie struktury materii w celu znalezienia odpowiedzi na pytanie, co to w ogóle jest „materia”, jaka jest jej historia i jakie rządzą nią prawa. Poszukiwania takie są istotnym elementem rozwoju ludzkiej kultury. Odkrycia doświadczalne wymagają wyjaśnień teoretycznych, a te stymulują dalsze badania. Na podstawie materiału doświadczalnego nagromadzonego do początku lat siedemdziesiątych (w dużej mierze dzięki CERN-owi) powstał „model standardowy oddziaływań fundamentalnych”. Można go uważać za prawdziwy pomnik osiągnięć naukowych naszego stulecia, który pozwala w jednolity sposób wyrazić prawa rządzące wszystkimi znanymi oddziaływaniami fundamentalnymi, z wyjątkiem grawitacji. Włączenie grawitacji w ten spójny opis pozostaje jednym z najbardziej intrygujących wyzwań intelektualnych.

Fizyka cząstek elementarnych postrzegana jest jako nauka oderwana od codziennego życia. Zajmuje się bowiem badaniem oddziaływań cząstek przy energiach o kilka rzędów wielkości większych niż fizyka jądrowa i o następnych kilka rzędów wielkości większych niż fizyka atomowa czy chemia. Jednak wczorajsze „wysokie energie” stają się z czasem celem badań lub narzędziem nauk pokrewnych dnia dzisiejszego, a jutro znajdą zastosowania w medycynie lub przemyśle. Pierwszą znaną cząstką, uważaną do dzisiaj za elementarną, był, odkryty przez J.J. Thomsona w 1897 roku, elektron. Zrozumienie kwantowej natury elektryczności umożliwiło burzliwy rozwój elektroniki i chemii teoretycznej. Naprawdę trudno znaleźć dzisiaj produkt przemysłowy nie mający nic do zawdzięczenia tym dziedzinom nauki. Thomson przed swoim odkryciem dostawał dobre rady „żeby zostawił swoją aparaturę i zajął się czymś pożytecznym”... W zeszłym roku agencje prasowe doniosły o wytworzeniu atomów antywodoru w CERN-ie. Trudno w tej chwili przewidzieć, jakie znaczenie dla nauki i jakie zastosowania praktyczne będzie miało to osiągnięcie. Podobnie, kiedy trzydzieści lat temu powstał pierwszy pierścień akumulacyjny elektronów, nikt nie przypuszczał, jak zawrotną karierę zrobi promieniowanie synchrotronowe – niepożądany efekt uboczny zakrzywania torów relatywistycznych elektronów. Stosowane jest ono obecnie, między innymi, w biologii molekularnej, medycynie, farmakologii, chemii, fizyce ciała stałego, materiałoznawstwie czy mikrolitografii. Najbardziej spektakularne z punktu widzenia nauki są chyba osiągnięcia biologii molekularnej. Zastosowanie promieniowania synchrotronowego, wraz z metodami wizualizacji wywodzącymi się częściowo z analizy danych stosowanej w fizyce wysokich energii, umożliwiło odkrycie struktury przestrzennej szeregu białek składających się z tysięcy atomów.

Wpływ fizyki cząstek elementarnych nie ominął humanistyki. Korzysta się z niej w archeologii, historii sztuki, czy renowacji zabytków. Akceleratorowa spektroskopia masy pozwala na precyzyjne datowanie dzieł za pomocą minimalnych ilości pierwiastków promieniotwórczych, a aktywacja akceleratorami jonowymi odślania przed specjalistami historię dzieł mistrzów pędzla, umożliwia odkrycie zamalowanych arcydzieł i identyfikację fałszerstw.

Fizyka cząstek elementarnych wywiera istotny wpływ na edukację. Uczniowie współpracujący z CERN-em to w znacznej mierze wykładowcy uniwersytetów całego świata. Przekraczanie granicy poznania pozwala im rozbudzać ciekawość swoich następców. A pragnienie odkrycia nieznanego jest od zawsze głównym motorem postępu. Szeroko rozumiana popularyzacja wiedzy stanowi jeden z priorytetów CERN-u. Przez laboratorium przewijają się tysiące zwiedzających, głównie młodych ludzi. Mają oni możliwość obejrzenia z bliska działających instrumentów, zwiedzenia specjalnie dla nich utrzymywanej ekspozycji „Microcosm”, wysłuchania prelekcji wprowadzających w mikroświat i zaawansowane technologie używane do jego badania. Poznają pytania i problemy nurtujące uczonych. Staje się to często impulsem do rozpoczęcia własnej przygody z nauką. Owocuje łatwiejszym odnajdywaniem się w nasyconym techniką współczesnym świecie. Ze względu na oczywisty zwiedzanie CERN-u przez polską młodzież jest utrudnione. Aby temu zaradzić, polskie instytuty współpracujące z Ośrodkiem organizują za jego pomocą wystawy promujące badanie struktury materii. Pierwsza taka ekspozycja miała miejsce w Warszawie w roku 1992, a drugą pt. „Od kwarków do gwiazd” zorganizowano w październiku 1995 roku w Krakowie. Obydwie cieszyły się ogromnym powodzeniem. Trwałą pamiątkę wystawy krakowskiej stanowią filmy popularnonaukowe wyprodukowane przez CERN i opatrzone komentarzem w języku polskim, które są obecnie rozprawdane wśród polskich szkół.



Radiografia nerki wykonana za pomocą detektorów skonstruowanych przez G. Charpaka w CERN-ie.

#### Rozwiązanie zadania M 774.

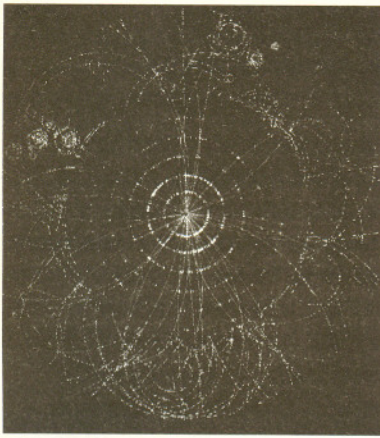
Niech  $b_n$  (odpowiednio  $c_n$ ) oznacza prawdopodobieństwo tego, że po  $n$  ruchach cząstka znajdzie się w wierzchołku  $B$  (odpowiednio  $C$ ). Łatwo zauważyć, że dla każdej liczby naturalnej  $n$  zachodzi równość

$$a_{n+1} = \frac{1}{2}b_n + \frac{1}{2}c_n.$$

Istotnie, aby cząstka po  $n+1$  ruchach znalazła się w punkcie  $A$ , musi do niego przejść z punktu  $B$  lub  $C$ , gdzie musi być po  $n$  ruchach. W obu przypadkach przejście do wierzchołka  $A$  dokona się z prawdopodobieństwem  $\frac{1}{2}$ .

Ponadto, dla dowolnego  $n$  mamy  $a_n + b_n + c_n = 1$ , więc  $a_{n+1} = \frac{1}{2}(1 - a_n)$ . Zatem,  $d_n = a_n - \frac{1}{3}$  spełnia zależność  $d_{n+1} = -\frac{1}{2}d_n$ . Stąd otrzymujemy  $\lim_{n \rightarrow \infty} d_n = 0$ , a więc  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \frac{1}{3}$  (wynik skądinąd zgodny z intuicją). A jak będzie wyglądać błądzenie po wierzchołkach kwadratu?





Symulacja przypadku produkcji bozonu Higgsa w zderzeniu pp w LHC w wewnętrznym detektorze ATLAS-u.

Fizycy wielkich energii wyruszyli na poszukiwanie najdrobniejszej struktury materii. Okazuje się, że jest to jednocześnie droga do zrozumienia wielkoskalowej struktury i historii Wszechświata. Wszystko wskazuje na istnienie tej „zachodniej drogi do Indii”. Zatwierdzona już budowa wielkiego, hadronowego akceleratora wiązek przeciwbieżnych LHC przypomina wielkie wyprawy w nieznanne. Pragniemy znaleźć odpowiedź na podstawowe pytanie o pochodzenie masy cząstek elementarnych. W modelu standardowym masy cząstek powstają na skutek spontanicznego złamania symetrii cechowania. Poniżej pewnej energii pole skalarnie, zwane polem Higgsa, przyjmuje wartość różną od zera (podobnie jak namagnesowanie ferromagnetyka poniżej temperatury Curie). Pole to wypełnia całą przestrzeń i pozostałe cząstki oddziałując z tym „eterem końca XX wieku” uzyskują masę. Przypomnienie teorii eteru kosmicznego nie jest przypadkowe. W drugiej połowie XIX wieku dominującą teorią była mechanika, więc próbowano znaleźć ośrodek wypełniający próżnię, którego obecność wyjaśniłaby propagację fal świetlnych. W drugiej połowie XX wieku dominującymi są teorie z cechowaniem, więc próbujemy odkryć wszechobecne cząstki Higgsa, które wyjaśniłyby zagadkę masy. Powracając koncepcją jest bogata struktura „pustej przestrzeni”. Czy odkryjemy „eter końca XX wieku” w LHC, czy też po raz kolejny czeka nas zweryfikowanie naszych poglądów? Nie wiadomo. W końcu Krzysztof Kolumb nie odkrył nowej drogi do Indii, tylko Amerykę, najgorzej byłoby jednak, gdybyśmy zamiast odkrywać nowe światy, wszyscy „zajęli się czymś pożytecznym”.

### Typowy detektor (patrz ostatnia strona okładki)

Eksperymenty fizyki wysokich energii przeprowadzane są w wielu ośrodkach na świecie, gdzie znajdują się akceleratory zdolne przyspieszać cząstki elementarne. Pomimo różnorodności akceleratorów, przyspieszanych wiązek cząstek elementarnych czy nawet badanych problemów fizycznych, detektory stosowane w tych doświadczeniach wykazują szereg cech wspólnych. Wynika to z tego, że stawiane detektorom zadania są w tych przypadkach bardzo podobne. Zadaniem detektora jest zarejestrowanie i ewentualne zidentyfikowanie cząstek wyprodukowanych w badanych oddziaływaniach. Zadanie to realizowane jest przez różne podzespoły detektora, które same są zresztą nazywane detektorami. Cząstki emitowane z punktu oddziaływania przechodzą przez kolejne elementy detektora, w których wyznaczany jest, na przykład, ich tor w polu magnetycznym (pomiar pędu cząstki) czy mierzona jest całkowita energia, jaką zdeponuje cząstka w detektorze (kalorymetryczny pomiar energii cząstki). Jasne jest, że pomiar kalorymetryczny jest ostatnim pomiarem, jakiego możemy dokonać, jako że w wyniku tego pomiaru cząstka zostaje w kalorymetrze pochłonięta.

Bardzo istotną cechą detektora jako całości jest jego hermetyczność, to znaczy zdolność do zarejestrowania możliwie wszystkich cząstek emitowanych w badanym oddziaływaniu. W takim detektorze proste sprawdzenie praw zachowania pędu i energii pozwalałoby wnosić o produkcji cząstek nowego typu, które w detektorze nie oddziałują. Kłopot jednak polega na tym, że nie ma detektorów rejestrujących z zadowalającym prawdopodobieństwem znane już neutrino. Trzeba ten fakt uwzględnić w bilansie energetycznym. Poza tym, wyprowadzenie sygnałów z detektorów wymaga kabli, które wraz z elementami nośnymi detektora, stanowią obszary martwe, przez które mogą uciec cząstki. Z tego powodu żądanie hermetyczności odciska silne piętno na projekcie każdego detektora.

W przypadku wiązek przeciwbieżnych detektor zbudowany jest wokół rury (bądź rur), w których krążą zderzające się wiązki cząstek. Zwykle składa się on z części centralnej, nazywanej beczką, oraz dwóch pokryw. Układ detektorów w pokrywach jest podobny do tego w beczce.

W części obszaru beczki wytwarzane jest pole magnetyczne, które zakrzywia tory cząstek naładowanych. Najczęściej używa się solenoidalnych magnesów nadprzewodzących dających pole do kilku tesli. Najbliższym punktu oddziaływania znajduje się tak zwany detektor wierzchołka, którego zadaniem jest określenie punktów rozpadu krótkożyjących cząstek wtórnych. Najczęściej jest to wielowarstwowy detektor półprzewodnikowy. Następnym to detektor śladowy, którego celem jest określenie torów cząstek w polu magnetycznym. Aby wyznaczyć pęd cząstki z rozsądną dokładnością, należy ją śledzić w polu magnetycznym na odpowiednio długiej drodze; stąd średnica centralnego detektora śladowego zwykle wynosi około 1 metra. Oczywiście, większy detektor centralny gwarantuje większą dokładność pomiaru pędu, ale oznacza to zwiększenie rozmiarów nadprzewodzącej cewki, co znacznie podnosi koszty. Wewnątrz cewki zwykle umieszczone są jeszcze detektory identyfikujące cząstki (typu liczników Czerenkowa) i kalorymetr elektromagnetyczny, którego zadaniem jest pomiar energii fotonów i elektronów. Oba te detektory umieszczone są przed cewką magnesu, ponieważ materiał, z którego zbudowana jest cewka, zakłóca ruch przechodzących przez siebie cząstek.

Poza cewką znajduje się jeszcze kalorymetr hadronowy oraz komory mionowe. Kalorymetr służy do wyznaczenia energii cząstek silnie oddziałujących (hadronów) i zwykle jako absorber wykorzystuje jarzmo magnesu zamykające pole magnetyczne. Absorber kalorymetru jest na tyle gruby, że poza kalorymetr hadronowy ze znanych cząstek naładowanych mogą się przedostać tylko miony. Wobec tego wszystkie cząstki zarejestrowane przez wspomniane komory mionowe z definicji uważane są za miony. Na tylnej okładce przedstawione są omówione elementy na przykładzie detektora DELPHI pracującego przy akceleratorze elektronów i pozytonów LEP w CERN-ie. Warto przy tej okazji zaznaczyć, że elementy kalorymetru elektromagnetycznego, detektorów Czerenkowa (RICH) oraz detektora wierzchołka i detektora wewnętrznego zostały wykonane w Polsce.

Krzysztof DOROBA



(na podstawie *CERN Courier* i raportu OECD pt. *Particle physics*)

System wzajemnych zależności i powiązań badań podstawowych i techniki jest niezwykle bogaty. Często trudno oddzielić skutek od przyczyny. Żadna z dziedzin nauki czy techniki nie może sobie usurpować wyłączności poszczególnych osiągnięć podnoszących jakość naszego życia. Badanie struktury materii – cel istnienia CERN-u, to tylko wierzchołek góry lodowej. CERN jest przede wszystkim jednym z najnowocześniejszych centrów technologicznych świata – miejscem, w którym na zasadzie symbiozy współpracują specjaliści z najprzeróżniejszych dyscyplin. Fizyka cząstek elementarnych stawia bardzo wysokie wymagania co do zaawansowania, niezawodności, ale też opłacalności ekonomicznej stosowanych rozwiązań technicznych. Trudno dostrzec na pierwszy rzut oka, co łączy fabrykę produkującą rękawiczki gumowe z laboratorium cząstek elementarnych. A jednak: w obu działają akceleratory. Przyjrzyjmy się więc technologiom wykorzystującym instrumenty wynalezione na potrzeby badania struktury materii.

### Przemysłowe naświetlanie promieniowaniem jonizującym

Naświetlanie wiązką elektronów jest używane w przemyśle w celu polepszenia jakości lub zmniejszenia kosztów produkcji. Właściwości bakteriobójcze wiązek wykorzystuje się do sterylizacji kosmetyków, produktów medycznych i żywności. Promieniowanie jonizujące jest używane do zmieniania właściwości związków chemicznych, na przykład w procesach polimeryzacji. Stosowane jest przy produkcji dysków komputerowych, opakowań, opon, kabli, rur kanalizacyjnych i samolotów. Prowadzone są pionierskie prace nad utylizacją odpadów i redukcją zanieczyszczeń spalin elektrowni ciepłych tlenkami azotu i siarki.

### Aktywacja powierzchniowa

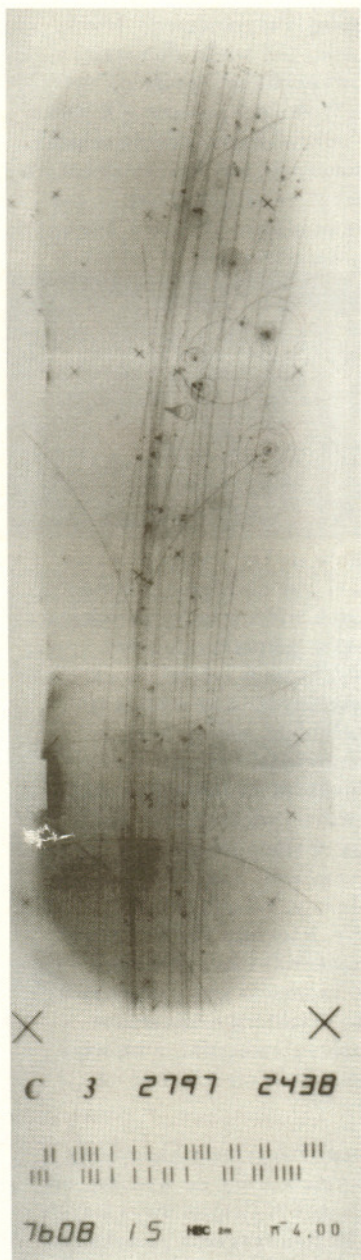
Zużycie i korozja materiałów jest jednym z poważnych problemów przemysłu maszynowego. Aktywacja powierzchniowa za pomocą akceleratora jonowego lub protonowego pozwala na kontrolę zużycia części maszyn z nanometrową dokładnością. W wyniku zabiegu cienka warstwa badanej powierzchni staje się radioaktywna. Zaawansowane techniki detekcji promieniowania umożliwiają dokonywanie pomiarów jej zużycia bez potrzeby rozmontowania badanego urządzenia. Technologie te są wykorzystywane, na przykład, w przemyśle samochodowym, lotniczym czy energetycznym.

### Mikrolitografia promieniami X

Dzięki o wiele mniejszej długości fali promieniowanie X pozwala na znaczące zwiększenie dokładności w porównaniu z technologią wykorzystującą światło widzialne lub nadfioletowe. Obecnie rutynowo używa się promieniowania synchrotronowego emitowanego przez zakrzywiane w silnym polu magnetycznym wiązki elektronów. Uzyskuje się rozdzielczość rzędu 100 nanometrów. Technologia ta jest podstawą produkcji układów scalonych najnowszej generacji. Jest również używana do wytwarzania mikroskopijnych detali precyzyjnych przyrządów.

### Implantacja jonów

Trudno sobie wyobrazić współczesny przemysł półprzewodników bez akceleratorów jonowych. Od dwudziestu lat są one używane do domieszkowania płytek krzemowych atomami boru, fosforu czy arsenu. Metoda implantacji jonów pozwala na uzyskiwanie bardzo szerokiej gamy parametrów domieszkowanych warstw. Przy zastosowaniu większych intensywności wiązki jonowe służą





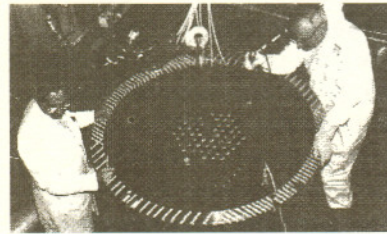


**Rozwiązanie zadania M 775**  
(anonimowi studenci I roku matematyki UW). Nie. Jak łatwo sprawdzić, podstawiając  $x = y = 0$ , mamy  $\varphi(0) \leq \varphi(0)^2$ . Stąd i z założenia  $\varphi : \mathbf{R} \rightarrow [0, 1]$  wynika, że  $\varphi(0) \in \{0, 1\}$ . Gdyby  $\varphi(0) = 0$ , to funkcja  $\varphi$  musiałaby być tożsamościowo równa zeru.

Jeśli zaś  $\varphi(0) = 1$ , to podstawiając  $x = y$  stwierdzamy, że

$$\varphi(2x) + 1 \leq 2\varphi(x)^2$$

dla każdej liczby rzeczywistej  $x$ . Oznaczmy  $\lim_{x \rightarrow \infty} \varphi(x) = g$  (granica istnieje, ponieważ funkcja  $\varphi$  jest monotoniczna i ograniczona na przedziale  $[0, \infty)$ ). Wówczas, oczywiście, także  $\lim_{x \rightarrow \infty} \varphi(2x) = g$ , a zatem  $g + 1 \leq 2g^2$ , czyli  $(g - 1)(2g + 1) \geq 0$ . Ponieważ  $g \in [0, 1]$ , wynika stąd, że  $g = 1$ , więc funkcja  $\varphi$  musiałaby być tożsamościowo równa 1.



Wzmacniacz energii w budowie.



**Rozwiązanie zadania M 776.** Tak. Warunki zadania spełnia np. funkcja

$$\varphi(x) = \begin{cases} \cos x, & \text{gdy } |x| \leq \pi, \\ -1, & \text{gdy } |x| > \pi. \end{cases}$$

Istotnie, gdy  $|x|, |y| > \pi$ , to  $2\varphi(x)\varphi(y) = 2 \geq \varphi(x+y) + \varphi(x-y)$ . Gdy  $|x|, |y| \leq \pi$ , to  $2\varphi(x)\varphi(y) = 2 \cos x \cos y = \cos(x+y) + \cos(x-y) \geq \varphi(x+y) + \varphi(x-y)$ . Z parzystości funkcji  $\varphi$  wynika, że wystarczy jeszcze zbadać przypadek, gdy  $x > \pi \geq y \geq 0$ , co sprowadza się do wykazania, iż

$$-1 + 2\varphi(x-y) \leq -2 \cos y.$$

Jeśli  $x - y > \pi$ , to powyższa nierówność jest oczywista. Pozostaje wykazać, że gdy  $y + \pi > x > \pi \geq y \geq 0$ , to  $1 - \cos(x-y) \geq 2 \cos y$ . Ponieważ jednak funkcja kosinus maleje na  $[0, \pi]$ , to w tym przypadku mamy

$$\begin{aligned} \cos(x-y) &\leq \cos(\pi - y) = \\ &= -\cos y \leq 1 - 2 \cos y, \end{aligned}$$

co kończy dowód.

do uszlachetniania powierzchni metali. Pozwalają na uzyskanie zwiększonej odporności na ścieranie, korozję czy wysoką temperaturę. Warstwa uszlachetniona jest wytwarzana na powierzchni gotowego elementu. Technika ta pozwala na uzyskiwanie części maszyn o różnych parametrach w zależności od głębokości. Eliminuje to konieczność obróbki uszlachetnionych powierzchni pozwalając jednocześnie na uzyskanie warstwy integralnie związanej z podłożem. Przykładem zastosowań może być wytwarzanie protez stawów, w których jedynie powierzchnie trące powinny charakteryzować się dużą odpornością na ścieranie, a reszta protezy powinna umożliwiać dobre zrośnięcie jej z kośćmi.

## Wykrywanie narkotyków i materiałów wybuchowych

System kontroli oparty na akceleratorze pracującym w trybie impulsowej produkcji szybkich neutronów pozwala na automatyczne sprawdzanie zawartości całych kontenerów. Neutrony wzbudzają atomy badanego towaru. Sygnałem obecności narkotyków lub materiałów wybuchowych jest emisja kwantów gamma powstających w wyniku nieelastycznej dyfuzji neutronów na jądrach atomów węgla i tlenu. Analiza czasu przelotu pozwala na określenie miejsca znajdowania się podejrzanego materiału, a spektroskopia gamma umożliwia określenie jego składu.

## Nowe źródła energii

Następną badaną obecnie możliwością zastosowania akceleratorów jest tzw. „wzmacniacz energii” – projekt, w który zaangażował się laureat Nagrody Nobla i były dyrektor generalny CERN-u, Carlo Rubbia. Pomysł polega na użyciu wiązki protonowej do inicjowania reakcji w nowym typie reaktorów jądrowych. Zaletą tego rozwiązania byłoby wyeliminowanie możliwości wymknięcia się reaktora spod kontroli, możliwość stosowania powszechnie dostępnego uranu 238 lub toru 232, zminimalizowanie ilości odpadów jądrowych oraz wyeliminowanie powstawania plutonu używanego do produkcji broni jądrowej. Pierwsze próby doświadczalnego sprawdzenia tej koncepcji są obiecujące. Według wcześniejszego pomysłu naukowców z Los Alamos podobny układ miałby służyć jedynie do utylizacji odpadów z klasycznych elektrowni jądrowych doprowadzając do rozpadu długożyciowych izotopów.

## Nadprzewodnictwo

Chociaż zjawisko nadprzewodnictwa zostało odkryte na początku stulecia, to zostało wykorzystane w praktyce dopiero 30 lat temu, przy budowie magnesów do olbrzymich komór pęcherzykowych. Następnym krokiem były magnesy nadprzewodzące pracujące cyklicznie, wynalezione na zamówienie fizyki akceleratorów. W miarę rozwoju techniki przyspieszania cząstek rozwiązywano kolejne problemy. W rezultacie tych prac pojawiły się magnesy nadprzewodzące produkowane przemysłowo, które znalazły zastosowanie w wielu gałęziach techniki. Magnesy nadprzewodzące są niezbędne w badaniach nad fuzją jądrową, rozważane jest ich wykorzystanie do akumulowania energii na wyjściu konwencjonalnych elektrowni czy wreszcie stanowią one podstawę instrumentów służących do tomografii przy użyciu jądrowego rezonansu magnetycznego.

## Inne technologie

Fizyka cząstek elementarnych miała istotny wpływ na wiele innych technologii. Wiele technik dotyczących: wysokiej próżni, wykorzystania niekonwencjonalnych materiałów, geodezji, drążenia tuneli, instrumentów pomiarowych, elektroniki, gromadzenia, przesyłania i analizowania dużych zbiorów danych zostało wynalezionych lub udoskonalonych przez naukowców i inżynierów pracujących w dziedzinie badań nad strukturą materii. Jak widać, jest to nie tylko „czysta”, ale też bardzo praktyczna nauka.



## Pro medicina

(na podstawie *CERN Courier* i raportu OECD pt. *Particle physics*)

Medycyna jest chyba tą dziedziną, na którą badania struktury materii wpłynęły najbardziej. Akceleratory i detektory cząstek oraz metody rekonstrukcji przestrzennej są obecnie kluczowe w diagnostyce i terapii radiologicznej i jądrowej. Rozwój fizyki akceleratorów ma wpływ na obniżenie cen instrumentów medycznych wymienionych działów medycyny i, co za tym idzie, zwiększenie ich dostępności. Postęp w dziedzinie detekcji promieniowania pozwoli na zwiększenie bezpieczeństwa pacjentów i personelu medycznego poprzez obniżenie dawek promieniowania.

### Początki

Rura Crookesa, pierwsze urządzenie służące do przyspieszania naładowanych elektrycznie cząstek elementarnych, jest starsza od samego pojęcia „cząstka elementarna”; wyprzedza nawet ugruntowanie pojęcia atomu. Z jej pomocą w 1895 roku Wilhelm Konrad Roentgen odkrył promienie X. Ich zastosowanie zrewolucjonizowało diagnostykę medyczną. Rok później Henri Becquerel stwierdził naturalną radioaktywność uranu. Dwa lata później Pierre i Maria Curie odkryli dwa nieznanne wcześniej pierwiastki: polon i rad. Oba są promieniotwórcze, a rad, milion razy bardziej aktywny od uranu, stał się pierwszą bronią przeciwko nowotworom złośliwym. W 1914 roku nasza rodaczka stanęła na czele paryskiego Instytutu Radowego, którego głównym celem był rozwój terapii za pomocą izotopów promieniotwórczych.

Od roku 1932, dzięki cyklotronowi Ernesta Lawrence'a, akceleratory stały się głównym narzędziem badania materii. Na pełną gamę ich zastosowań medycznych, od produkcji radionuklidów do terapii neutronowej, nie trzeba było czekać nawet dziesięciolecia. W 1938 roku matka Lawrence'a stała się pierwszą pacjentką wyleconą z choroby nowotworowej dzięki zastosowaniu strumienia neutronów otrzymanego za pomocą cyklotronu.

### Produkcja izotopów promieniotwórczych

Co piąty środek farmakologiczny zawierający pierwiastki promieniotwórcze powstaje przy użyciu cyklotronów. Prawie jedna trzecia wszystkich akceleratorów tego typu służy do produkcji radionuklidów potrzebnych medycynie. Cyklotrony potrafią wytwarzać ponad 30 potrzebnych medycynie izotopów. Dobrym przykładem może być tal 201, który służy do badania niedokrwienia mięśnia sercowego w diagnostyce choroby wieńcowej. Otrzymywany jest przez bombardowanie talu 203 protonami o energii 25–28 MeV. Jego półokres rozpadu wynosi 73 godziny, a energia emitowanych kwantów gamma wynosi 80 keV.

Rozwój techniki wytwarzania, przyspieszania, prowadzenia i ogniskowania wiązek cząstek elementarnych, stymulowany przez fizykę wysokich energii, doprowadził do powstania akceleratorów przemysłowych. Wymagania są bardzo podobne: wysoka sprawność magnesów i elementów przyspieszających, jak największa intensywność wiązek o regulowanej energii, niezawodność, sterowanie automatyczne, możliwość szybkiego włączania i wyłączania. Nie jest natomiast potrzebna wysoka energia, co pozwala konstruować instalacje stosunkowo małe i tanie.

### Tomografia przez emisję pozytonów

Tomografia przez emisję pozytonów (ang: PET, *positron-electron tomography*) jest wyrafinowaną techniką diagnostyczną używaną przez najnowocześniejsze ośrodki medyczne. Lokalizacja przestrzenna zmian biochemicznych i fizjologicznych w badanych tkankach pozwala na diagnozowanie stadium początkowego choroby, przed uwidocznieniem się objawów anatomicznych. Wykorzystuje się do tego celu radionuklidy emitujące pozytony (antyelektrony) o niskiej energii. Pozytony zatrzymują się w tkance (praktycznie w miejscu kreacji) i anihilują z obecnymi tam elektronami, powodując emisję dwóch, przeciwnie skierowanych kwantów gamma o energii 511 keV (odpowiadającej masie spoczynkowej elektronów i pozytonów). Ich jednoczesna rejestracja (koincydencja) pozwala na bardzo dokładne odtworzenie przestrzennego rozkładu radionuklidu w badanej tkance. Używa się izotopów o krótkim półokresie rozpadu, takich jak węgiel 11 (półokres rozpadu 20 minut), azot 13 (10 minut), tlen 15 (2 minuty) i fluor 18 (110 minut). Są one produkowane na miejscu, bezpośrednio przed badaniem. Aparatura diagnostyczna PET składa się z trzech elementów: akceleratora produkującego radionuklidy, aparatury chemicznej wytwarzającej odpowiedni środek farmakologiczny i specjalnej kamery rejestrującej kwanty gamma.

Metoda PET jest dokładniejsza od tradycyjnej tomografii radioizotopowej. Pozwala na mierzenie nowych parametrów biochemicznych, takich jak natężenie przepływu krwi, zużycie kwasów tłuszczowych i glukozy, transport tlenu i aminokwasów, jak również aktywność systemu nerwowego. Obiecujące zastosowania istnieją w onkologii, neurologii czy kardiologii. W onkologii metoda PET służy do określania typu nowotworów, ich wielkości, stopnia złośliwości oraz skuteczności chemioterapii i zabiegów chirurgicznych. Do zastosowań neurologicznych należy lokalizacja ognisk epileptycznych czy wczesne rozpoznawanie choroby Alzheimerera. Jeżeli chodzi o kardiologię, jest to najlepsza metoda określenia żywotności tkanki mięśnia sercowego, pozwalająca na uniknięcie niepotrzebnych operacji.



## Detekcja promieniowania i wizualizacja przestrzenna

Użycie promieniowania w medycynie prawie zawsze wymaga jego detekcji, a często również określenia przestrzennego rozkładu źródeł jego emisji. Wpływ fizyki wysokich energii na ten aspekt zastosowań medycznych jest bardzo silny. Na przykład, zastosowanie komór proporcjonalnych, wynalezionych i ulepszanych przez ostatnie 20 lat na potrzeby badań podstawowych, pozwala na wielokrotne zmniejszenie dawek promieniowania przy jednoczesnym zwiększeniu jakości obrazu. Wyjście tego typu detektorów ze sfery czystej nauki do zastosowań praktycznych było jednym z powodów przyznania wynalazcy wielodrutowej komory proporcjonalnej, George'owi Charpakowi, Nagrody Nobla z fizyki w roku 1992. Wykorzystanie doświadczenia fizyków wysokich energii w dziedzinie systemów zbierania i przetwarzania danych pozwala na skrócenie czasu potrzebnego do otrzymania wyników badań medycznych czy uzyskanie pełnej trójwymiarowej informacji. Często postęp w medycynie dokonuje się dzięki ludziom, którzy przeszli wcześniej trening w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych. Najlepszym chyba tego przykładem jest Allan Cormack, który za wynalezienie tomografii komputerowej (ang: CAT) otrzymał w 1979 roku Nagrodę Nobla z medycyny.

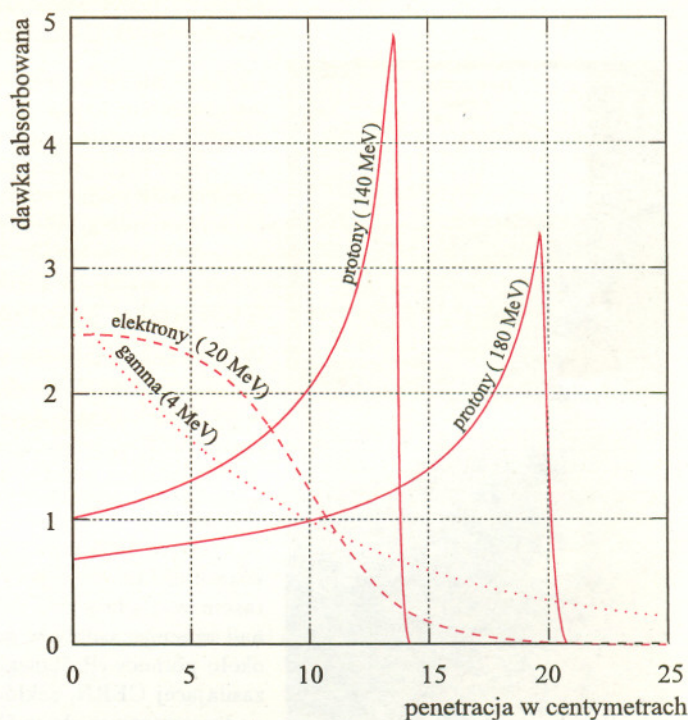
## Rentgenoterapia

Jest to najczęściej stosowana i jednocześnie najstarsza metoda terapeutyczna oparta na wykorzystaniu wrażliwości DNA na promieniowanie jonizujące. W napromieniowanych komórkach niszczone są wiązania chemiczne, co prowadzi do utraty informacji niezbędnej do ich funkcjonowania, przy czym chodzi o jak najmniejsze naruszenie otaczającej je zdrowej tkanki. Emiterem promieniowania są obecnie najczęściej miniaturowe, liniowe akceleratory elektronów, które zastąpiły lub zastępują używane wcześniej tzw. bomby kobaltowe, gdyż są skuteczniejsze, wygodniejsze i bezpieczniejsze, a przy uwzględnieniu pełnych kosztów eksploatacji również konkurencyjne ekonomicznie. Wiązka elektronów o energii kilku lub kilkunastu MeV (czyli mniej więcej tysiąc razy większej od uzyskiwanej w „domowych akceleratorach liniowych” – kineskopach) jest zamieniana na wiązkę promieniowania X w tarczy wykonanej z wolframu. Mniej więcej w co dziesiątym zabiegu używa się wiązki elektronów, głównie do „płytkich” napromieniowań. Energia wiązki jest wtedy dobierana odpowiednio do wymaganej głębokości penetracji wzrastającej w tempie 0,5 cm/MeV. Należy dodać, że przy ustalaniu odpowiedniej dawki promieniowania wykorzystywane są symulacyjne programy komputerowe opisujące w sposób statystyczny bardzo skomplikowany proces oddziaływania fotonów i elektronów z materią.

Pierwotne wersje takich programów zostały napisane przez fizyków cząstek elementarnych.

## Hadronoterapia

Produktem ubocznym badań nad strukturą materii jest głębokie zrozumienie oddziaływania promieniowania jonizującego z materią. Energia powszechnie używanych wiązek promieni X i elektronów jest ograniczona do około 20 MeV, powyżej której znacząca jej część tracona jest poprzez wywoływanie tak zwanych kaskad elektronowo-fotonowych, co zamiast poprawiać możliwości terapeutyczne, wzmagając niepożądane skutki uboczne w zdrowych tkankach. Efektywna głębokość penetracji elektronów jest przez to ograniczona do kilku centymetrów (krzywa przerywana na rysunku), a wielkość dawki wywołanej promieniami X wykazuje niepożądaną cechę wykładniczego zmniejszania się z głębokością penetracji (krzywa kropkowana na rysunku).



Poglądowe przedstawienie zależności zaabsorbowanej dawki od głębokości penetracji różnych rodzajów promieniowania stosowanych w terapii (w nawiasach podana energia kinetyczna wiązki). Jako przybliżenie przenikalności tkanki przyjęto wodę. Poła powierzchni pod krzywymi (w obrębie rysunku) są równe.

Zamiast tego chcielibyśmy, aby jonizacja miała maksimum dla pewnej, łatwo regulowanej głębokości penetracji. Okazuje się, że tak oddziałują z materią naładowane hadrony, na przykład protony (krzywe ciągłe na rysunku), lub jądra atomowe (które są zbudowane z hadronów). Stąd też nazwa – hadronoterapia. Widoczne na rysunku maksimum (tzw. maksimum Bragga) jest związane ze wzrostem



strat jonizacyjnych przy zmniejszaniu się prędkości ciężkiej cząstki naładowanej. W ten sposób największy przekaz energii następuje tuż przed zatrzymaniem się hadronu (spowolnieniem do prędkości termicznych). Zasięg ten jest regulowany początkową energią, niestety, relatywnie dużą.

W ostatnich latach notuje się ożywiony rozwój hadronoterapii neutronowej, protonowej i jonowej. W stadium eksperymentalnym znajduje się

hadronoterapia przy użyciu naładowanych mezonów  $\pi$ . Pod koniec listopada 1995 roku we współpracującym z CERN-em Europejskim Instytucie Naukowym we francuskiej miejscowości Archamps (kilkanaście kilometrów od Genewy) odbyła się interdyscyplinarna konferencja naukowa w całości poświęcona hadronoterapii. Rozwój tego obiecującego narzędzia medycyny XXI wieku jest ściśle związany z postępem fizyki akceleratorów hadronowych, dziedziny, w której CERN ma od lat rolę wiodącą.

## Pociąg do Paryża odjedzie z toru...

Jak nazywa się urządzenie o długości 27 km, którego budowa kosztowała ponad 1 mld dolarów i które może zarejestrować odjazd pociągu ze stacji w Genewie? Oczywiście – LEP – wielki kolajder elektronowo-pozytonowy pracujący w laboratorium CERN w Genewie.

LEP jest jednym z najpotężniejszych akceleratorów cząstek elementarnych. Usytuowany w tunelu kołowym o długości 27 km ponad 100 m pod powierzchnią ziemi na granicy szwajcarsko-francuskiej, służy do zderzania elektronów i pozytonów przyspieszonych do olbrzymich energii. Z analizy tych zderzeń międzynarodowe zespoły fizyków mają nadzieję uzyskać odpowiedź na zagadkę budowy i oddziaływań podstawowych składników materii.

LEP jest nie tylko potężnym, ale, jak się okazuje, także niezwykle czułym instrumentem naukowym. Przy jego konstrukcji nie podejrzewano, że tak wiele czynników będzie miało wpływ na jego pracę. W 1991 roku naukowcy stwierdzili, że energia przyspieszanych elektronów i pozytonów zmienia się nieznacznie w rytm przyływów i odpływów. Wytlumaczenie tych zmian okazało się zaskakujące. Oddziaływanie grawitacyjne Księżyca i Słońca, powodujące przyływy i odpływy oceanów, powoduje też deformacje skorupy ziemskiej, co z kolei prowadzi do zmian długości pierścienia LEP-u o 200  $\mu\text{m}$  i stąd zmiany energii przyspieszanych cząstek (patrz artykuł J. Królikowskiego w *Delcie* 6/1994).

W 1993 roku zaobserwowano ponownie zmiany energii, ale zgodne z porami roku. I tym razem wytłumaczenie zmian okazało się interesujące. Śniegi topniejące w pobliskich górach Jury wypełniając Jezioro Genewskie naciskają na ziemię z jednej strony LEP-u, powodując deformacje pierścienia. Ta hipoteza została potwierdzona doświadczalnie przez pomiar energii wiązek w trakcie kontrolnego obniżenia poziomu wody w jeziorze.

W czerwcu 1995 roku, w trakcie przygotowań do podwyższenia energii przyspieszanych wiązek elektronowo-pozytonowych, zauważono znowu fluktuacje energii, ale tym razem wyglądały one na zupełnie przypadkowe. Zaczynały się około godziny 4 nad ranem, nasilały w godzinach szczytu rannego i popołudniowego, by zaniknąć około północy. Próbowano to tłumaczyć niestabilnością sieci energetycznej zasilającej CERN, zakłóceniami wywoływanymi włączaniem się elektrycznych podgrzewaczy wody w Genewie w godzinach rannych itp., ale bezskutecznie. Tiziano Camporesi, odpowiedzialny za pracę LEP-u, zaoferował butelkę szampana temu, kto wytłumaczy zagadkowe zmiany energii. Butelkę wygrał pracownik szwajcarskich linii energetycznych sugerując, iż zmiany te wywoływane są przez linię kolejową przebiegającą w odległości 1 km od CERN-u, po której kursują superszybkie pociągi TGV na trasie Genewa-Paryż. Prąd zasilający TGV biegnie po liniach napowietrznych i wraca do elektrowni po szynach. Ale szyny połączone są z ziemią i część prądu „błądzi” w ziemi. Te „błądzące” prądy szukają dobrych przewodników w ziemi, a takim bardzo dobrym przewodnikiem jest rura aluminiowa, w której krążą przyspieszane cząstki. Równoczesne pomiary energii akceleratora i napięcia między torami i ziemią, przeprowadzone w listopadzie 1995 roku, potwierdziły tę hipotezę. Na rysunku przedstawione są wyniki tych pomiarów.

Niewiele można zrobić, żeby usunąć te zakłócenia w pracy LEP-u. Naukowcy muszą nauczyć się z nimi żyć. Można jedynie powiedzieć, że za pomocą LEP-u mogą sprawdzić, czy pociągi do Paryża odjeżdżają punktualnie.

Jan KALINOWSKI

