

Pod ziemią, pod wodą i pod lodem

Poniższa mapa przedstawia umiejscowienie ciekawszych ośrodków, w których prowadzone są (lub będą) eksperymenty zgłębiające tajemnice mikroświata. Stopień komplikacji wykorzystywanych urządzeń już dawno doprowadził do powstania zespołów badawczych złożonych ze specjalistów różnych dziedzin pracujących w najodleglejszych zakątkach świata.

Największe i stale wzrastające znaczenie ma CERN, czyli Europejski Ośrodek Fizyki Jądrowej. Polska, jako współwłaściciel CERNu, jest w posiadaniu największego kompleksu akceleratorów z kończącym w tym roku swoją działalność LEPem i konstruowanym w tym samym tunelu LHC na czele.

Drugim pod względem wielkości ośrodkiem w Europie jest DESY pod Hamburgiem, gdzie działa HERA, unikalny akcelerator zderzający (anty)elektrony z protonami. Prowadzi się tam współczesne badania à la Rutherford oraz prace koncepcyjne nad liniowym zderzaczem elektronów i pozytonów TESLA (konkurencyjne projekty tzw. liniaków przygotowywane są w Stanach Zjednoczonych, Japonii i CERNie).

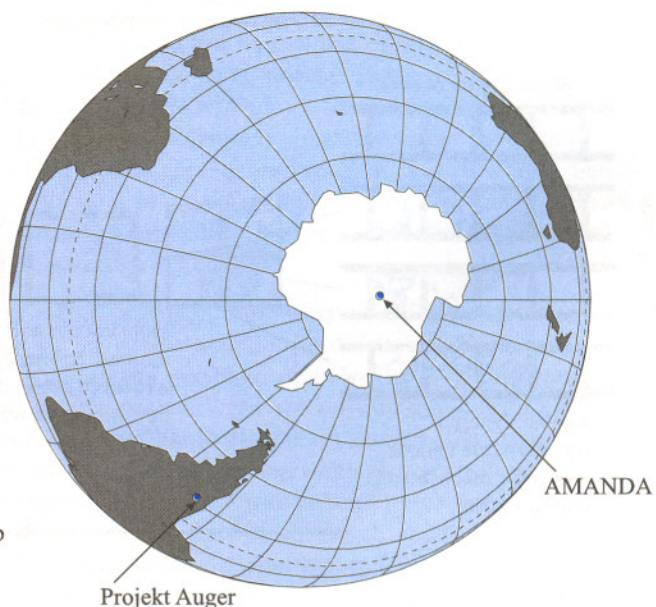
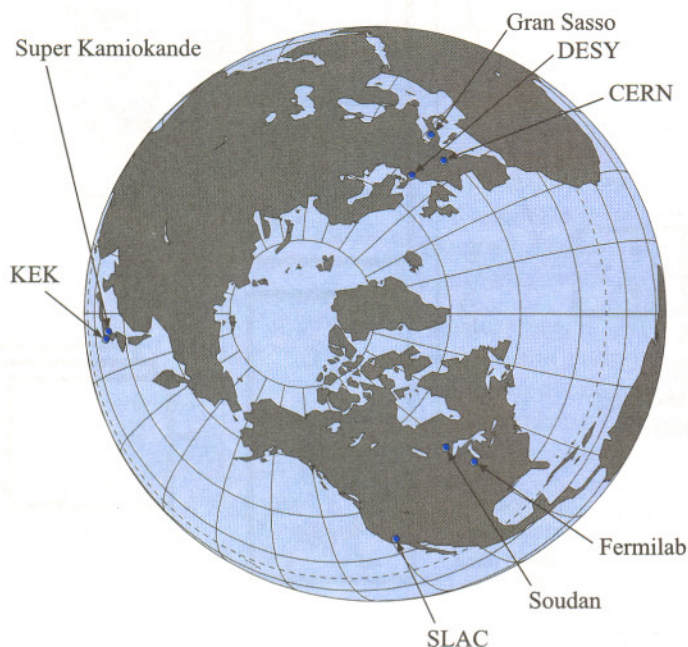
Najbardziej znanym ośrodkiem w Stanach Zjednoczonych jest Fermilab pod Chicago, gdzie działa Tevatron, najpotężniejsza obecnie maszyna zderzająca protony z antyprotonami, wślawiona odkryciem najcięższego kwarku t. Ostatnio wzbogaciła się o nowy pierścień zasilający oraz recykler antyprotonów (ciekawostką jest, że ten ostatni wykorzystuje nie wymagające zasilania magnesy trwałe), co pozwoli na istotne zwiększenie intensywności wiązek. Jeżeli w tym roku nie odkryjemy higgsa w LEPie, to Tevatron ma pewne szanse na dokonanie tego przed LHC.

Kolejnym ośrodkiem jest SLAC w Kalifornii, w którym zbudowano największy akcelerator liniowy, dzięki

któremu pojedynczy eksperyment SLD mógł (pod pewnymi względami) konkurować z czterema detektorami działającymi przy LEPie w CERNie (było to możliwe dzięki uzyskaniu w SLACu silnie spolaryzowanych wiązek, umożliwiających mierzenie pewnych dodatkowych zależności między parametrami modelu standardowego). W zeszłym roku uruchomiono tam eksperyment BaBar, w którym badane będą efekty łamania parzystości CP w sektorze kwarków b. Dziedzina ta będzie jedną z dominujących w fizyce cząstek w najbliższych latach i na pewno nieraz zagości na naszych łamach.

Konkurencyjnym dla BaBara eksperymentem jest japoński Belle uruchomiony również w zeszłym roku w KEK koło Tokio. Największym japońskim hitem jest jednak Super-Kamiokande, eksperyment, który dowiódł, że przynajmniej jedno neutrino ma masę (*Delta* 9/1998 i 2/1999).

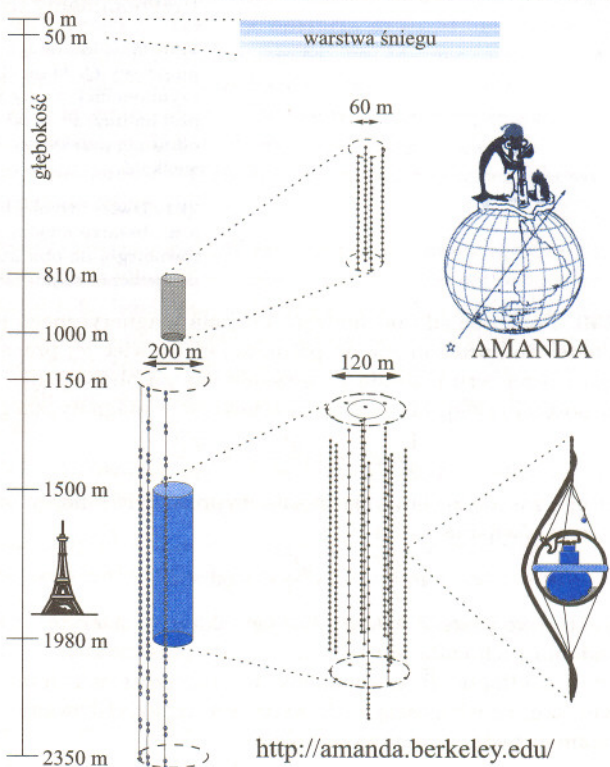
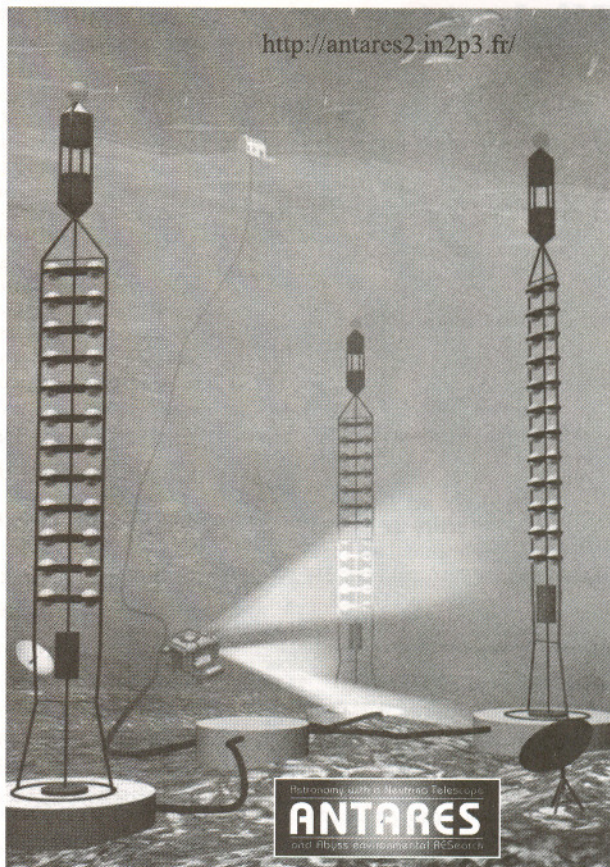
W ten sposób dochodzimy do eksperymentów nieakceleratorowych, które (głównie) dzięki fizyce neutrin przeżywają drugą młodość. Wszystkie one wykorzystują naturalne źródła sygnałów. Zazwyczaj poszukują sygnałów rzadkich, bardzo rzadkich lub wręcz hipotetycznych efektów przewidywanych przez teorie wybiegające poza model standardowy. Sposobem na zwiększenie czułości jest dążenie do jak największej objętości (masy) obserwowanej materii. Głównym źródłem tła jest promieniowanie kosmiczne oraz naturalna promieniotwórczość. Dlatego eksperymenty takie schowane są zazwyczaj głęboko pod ziemią i wykorzystują materiały o wysokiej czystości. Na powierzchni można znaleźć tylko eksperymenty nastawione, jak Projekt Auger, na rejestrację promieniowania kosmicznego o najwyższych energiach.



Można wyróżnić trzy podstawowe tematy badawcze tego typu eksperymentów. Pierwszym z nich jest poszukiwanie bardzo rzadkich rozpadów promieniotwórczych, wśród których najbardziej wyczekiwany jest rozpad protonu przewidywany przez teorie wielkiej unifikacji. Obecnie wiemy już, że czas połowicznego rozpadu protonu przekracza o kilkanaście rzędów wielkości wiek Wszechświata. Zbliżamy się do granicy, za którą proponowane scenariusze wielkiej unifikacji będą miały poważne kłopoty.

Drugim tematem jest fizyka neutrin, a trzecim poszukiwanie hipotetycznych obiektów, takich jak WIMPy (angielski akronim dla Słabo Oddziałujących Masywnych Cząstek), które są przewidywane np. przez teorie supersymetryczne, a jednocześnie pozwalają na wyjaśnienie tajemnicy brakującej masy Wszechświata. Pochodzić miałyby one z pierwszych chwil po Wielkim Wybuchu, a obecnie stanowią halo galaktyk lub gromadzić się we wnętrzu gwiazd i planet. Galaktyczny wiatr WIMPów stara się np. wykryć eksperyment DAMA, wyznaczając sezonową różnicę liczby rejestrowanych przypadków zgodnych z hipotezą oddziaływania takich hipotetycznych cząstek z materią detektora. Różnica byłaby wynikiem składania ruchu Ziemi wokół Słońca i Układu Słonecznego wokół centrum Galaktyki zmieniającego się wiatru własnego Ziemi względem halo WIMPów (DAMA twierdzi, że widzi to, czego szuka! – napiszemy o tym za miesiąc). Uwięzione w jądrze Ziemi lub Słońca WIMPy mogłyby dawać znać o sobie przez anihilację pary takich cząstek, prowadzącą do powstania energetycznych neutrin. Do łapania takich neutrin potrzebne są bardzo duże detektory, większe niż te służące do mierzenia oscylacji neutrin. W tej ostatniej dziedzinie doszło ostatnio do połączenia technik akceleratorowych i nieakceleratorowych. Postanowiono przeprowadzić kontrolowane eksperymenty, wysyłając wiązki neutrin produkowane przez akceleratory (lub reaktory) do detektorów neutrinowych. I tak w eksperymencie K2K już wysyłana jest wiązka z KEKu do Super-Kamiokande, budowany w kopalni Soudan MINOS będzie odbierał wiązkę z Fermilabu, a 15 maja 2005 roku wiązka z CERNu ma poszybować pod Alpami i Apeninami do Grand Sasso, gdzie oczekiwane będą detektory ICANOE i OPERA. Jak jednak zbudować detektory o objętości rzędu 1 km^3 potrzebne do łapania WIMPów, ale również do astronomii neutrinowej? Okazuje się, że nie trzeba ich budować – wystarczy zaopatrzyć w czujniki. W eksperymencie ANTARES (rycina) postanowiono wykorzystać ocean (próbny detektor zakotwiczono w Morzu Śródziemnym koło Toulonu we Francji), a AMANDA (rycina) wykorzystuje warstwę lodu pokrywającą biegun południowy. W obydwu przypadkach rejestrowane będzie promieniowanie Czerenkowa wysyłane przez miony wyprodukowane w oddziaływaniu neutrin mionowych z H_2O . Rekonstrukcję toru mionu umożliwi pomiar różnicy czasów przyjscia sygnałów do poszczególnych fotopowielaczy.

Piotr ZALEWSKI



Po dodatkowe informacje jeszcze raz zapraszamy na stronę <http://info.fuw.edu.pl/HEP/cms/edu>. Warto przypomnieć, że w *Delcie* 6/1996 (w całości poświęconej CERNowi) zamieściliśmy bogatą informację na temat znaczenia badań mikroświata dla medycyny, techniki czy ogólnoludzkiej kultury. Zainteresowanym polecamy ten numer, tym bardziej że oprócz zamówienia go w redakcji *Delty*, można go znaleźć na wyżej podanej stronie sieci WWW. W końcu tę sieć wymyślono właśnie w CERNie!