



Promieniowanie kosmiczne – od zagadki do... zagadek

Wielkie odkrycia miewają skromne początki. Nie inaczej było z promieniowaniem kosmicznym. Gdy naładujemy elektrostatycznie elektroskop, jego listki się rozchylą. W 1875 roku francuski fizyk Charles Augustin de Coulomb zwrócił uwagę na tylko pozornie oczywisty fakt: po pewnym czasie listki naładowanego elektroskopu samoczynnie się skleją. Gdzie i w jaki sposób znika zgromadzony na nich ładunek elektryczny? W 1850 roku włoski badacz Cano Matteucci pokazał, że czas rozładowywania elektroskopu wydłuża się w powietrzu o obniżonym ciśnieniu. W drugiej połowie XIX wieku, już po odkryciu promieniotwórczości, pojawiła się sugestia, że ucieczka ładunków elektrycznych z listków elektroskopu jest możliwa dzięki zjonizowanym ścieżkom, tworzonym w powietrzu przez promieniowanie emitowane ze skał skorupy ziemskiej. Lecz izolowanie elektroskopów od podłoża warstwami wody czy ołowiu w najlepszym przypadku tylko spowalniało opadanie listków. W 1901 roku brytyjski fizyk Charles Wilson uznał więc, że przynajmniej część promieniowania jonizującego powietrze musi pochodzić spoza Ziemi.

W 1912 roku austriacki naukowiec Victor Hess w eksperymentach przeprowadzonych z użyciem balonów dowiódł, że jonizacja atmosfery ze wzrostem wysokości nie maleje (jak można byłoby oczekiwać, gdyby promieniowanie pochodziło ze skał), lecz rośnie i pięć kilometrów nad powierzchnią jest trzykrotnie większa niż przy niej. Na potwierdzenie wyników przyszło czekać do przełomu lat 1932/33, kiedy to Amerykanin Carl Anderson odkrył nową cząstkę elementarną pochodzenia kosmicznego: pozyton, czyli antymaterialny odpowiednik elektronu. W 1936 roku Hess i Anderson za swe dokonania otrzymali Nagrodę Nobla. Zaledwie dwa lata później Francuzi Pierre Auger i Roland Maze wykazali, że cząstki promieniowania kosmicznego mogą mieć gigantyczne energie i zderzając się z ziemską atmosferą inicjują w niej wielkie kaskady cząstek wtórnych.

Cząstki promieniowania kosmicznego, trafiające w okolice Ziemi spoza Układu Słonecznego, to pierwotne promieniowanie kosmiczne. Prawdopodobnie wypełnia ono cały Wszechświat. Składa się głównie z protonów i jąder atomowych od helu (czyli cząstek alfa) do żelaza, a nawet tak masywnych jak ołów i uran. W pierwotnym promieniowaniu kosmicznym rejestruje się też elektrony, pozytony, a nawet antyprotony, a także fotony i neutrino o wielkich energiach. Wzajemne proporcje między poszczególnymi rodzajami cząstek mogą się znacząco zmieniać w zależności od przedziału energetycznego.

Pierwotne promieniowanie kosmiczne nie dociera do powierzchni Ziemi. Jego cząstki zwykle „giną” w zderzeniach z cząsteczkami atmosfery. Powstają wtedy cząstki wtórne, o mniejszych energiach, poruszające się w kierunku zbliżonym do kierunku ruchu pierwotnej cząstki. W kolejnych zderzeniach cząstki te rozpadają się na następne, o coraz mniejszych i mniejszych energiach. Tak rozwijające się kaskady są nazywane wielkimi pękami atmosferycznymi i składają się na wtórne promieniowanie kosmiczne. Gdy kaskada dociera do powierzchni naszej planety, może pokryć nawet obszar wielkości miasta.

Najbardziej energetyczne pojedyncze cząstki promieniowania kosmicznego niosą energię mniej więcej odpowiadającą energii silnie uderzonej piłki tenisowej (dla porównania: protony w akceleratorze LHC osiągają energie miliard razy mniejsze). Kaskady inicjowane przez pojedyncze cząstki o energiach ponad 1000 TeV (milion miliardów elektronowoltów) składają się głównie z fotonów, elektronów i pozytonów, których liczba przy powierzchni Ziemi może sięgać nawet kilkudziesięciu miliardów. Jeśli pierwotna cząstka miała energię mniejszą niż 1 TeV (tysiąc

miliardów elektronowoltów), do powierzchni docierają już tylko fotony (w tym promieniowanie Czerenkowa, które pojawia się, gdy cząstka naładowana porusza się z prędkością większą od prędkości światła w powietrzu) oraz miony (ok. 200 razy bardziej masywne odpowiedniki elektronów, charakteryzujące się krótkim czasem życia). Przyjmuje się, że przez głowę dorosłego człowieka w każdej sekundzie przelatuje średnio pięć takich mionów. Miony wtórnego promieniowania kosmicznego są tak przenikliwe, że docierają nawet na głębokość kilkuset metrów pod powierzchnię naszej planety – i tam też się je obserwuje.

Pochodzenie cząstek o największych energiach nie jest znane. Za ich narodziny mogą być odpowiedzialne zderzenia galaktyk, supermasywne czarne dziury w aktywnych jądrach galaktyk lub procesy formowania się czarnych dziur wskutek kolapsu grawitacyjnego masywnych gwiazd. Inne wyjaśnienia wiążą ich istnienie z pozostałościami po Wielkim Wybuchu, a nawet z rozpadami jeszcze nieznanymi, supermasywnych cząstek elementarnych. Rozwikłanie zagadki utrudnia fakt, że z wyjątkiem fotonów wszystkie cząstki pierwotnego promieniowania kosmicznego mają ładunki elektryczne. Wewnątrzgalaktyczne i międzygalaktyczne pola magnetyczne przez tysiące i miliony lat zakrzywiają więc ich tory, a to skutecznie utrudnia wytopienie źródeł.

Promieniowanie kosmiczne jest naturalnym i zaskakująco ważnym elementem ziemskiego środowiska. Zjonizowane kanały, powstające dzięki niemu w atmosferze, prawdopodobnie mają związek z formowaniem się chmur, a także z liczbą wyładowań atmosferycznych. Promieniowanie kosmiczne wpływa więc na klimat naszej planety. Jako przyczyna przynajmniej części mutacji genetycznych, jest ono także jedną z sił napędowych ewolucji. Być może odegrało nawet niebagatelną rolę w rozwoju ludzkiego gatunku. Badania izotopu żelaza 60, wytwarzanego przez supernowe, sugerują, że ok. 2-3 mln lat temu doszło do wybuchu nieodległej supernowej. Zwiększona ilość promieniowania kosmicznego, docierającego wówczas w okolice Ziemi, sprzyjała licznym wyładowaniom atmosferycznym, a te skutkowały częstszymi pożarami lasów. W obliczu zagrożenia niektóre gatunki małp mogły wybrać sawanny, które w naturalny sposób sprzyjały przyjmowaniu przez naszych przodków postawy dwunożnej, a ta z kolei ułatwiała użycie rąk do wykonywania coraz bardziej złożonych czynności.

Promieniowanie kosmiczne ma również wpływ na codzienne funkcjonowanie całej naszej cywilizacji, którą trudno już sobie wyobrazić bez elektroniki. Współczesne układy elektroniczne, zwłaszcza pamięci komputerowe, są jednak tak małe i tak złożone, że stają się wrażliwe na oddziaływanie z pojedynczymi cząstkami promieniowania kosmicznego. Jest ono szczególnie zagrożeniem dla urządzeń elektronicznych działających na pokładach samolotów, sond i załogowych statków kosmicznych. W oczywisty sposób oddziałuje też na coraz liczniejsze sztuczne satelity Ziemi, w tym na orbity odpowiedzialne za tak istotne dla naszego codziennego życia dziedziny jak telekomunikacja czy meteorologia.