

A satellite view of Earth from space, showing a curved horizon and a blue ocean with white clouds. A satellite is visible in orbit above the horizon.

KOSMOS

źródłem fal elektromagnetycznych

Troche historii

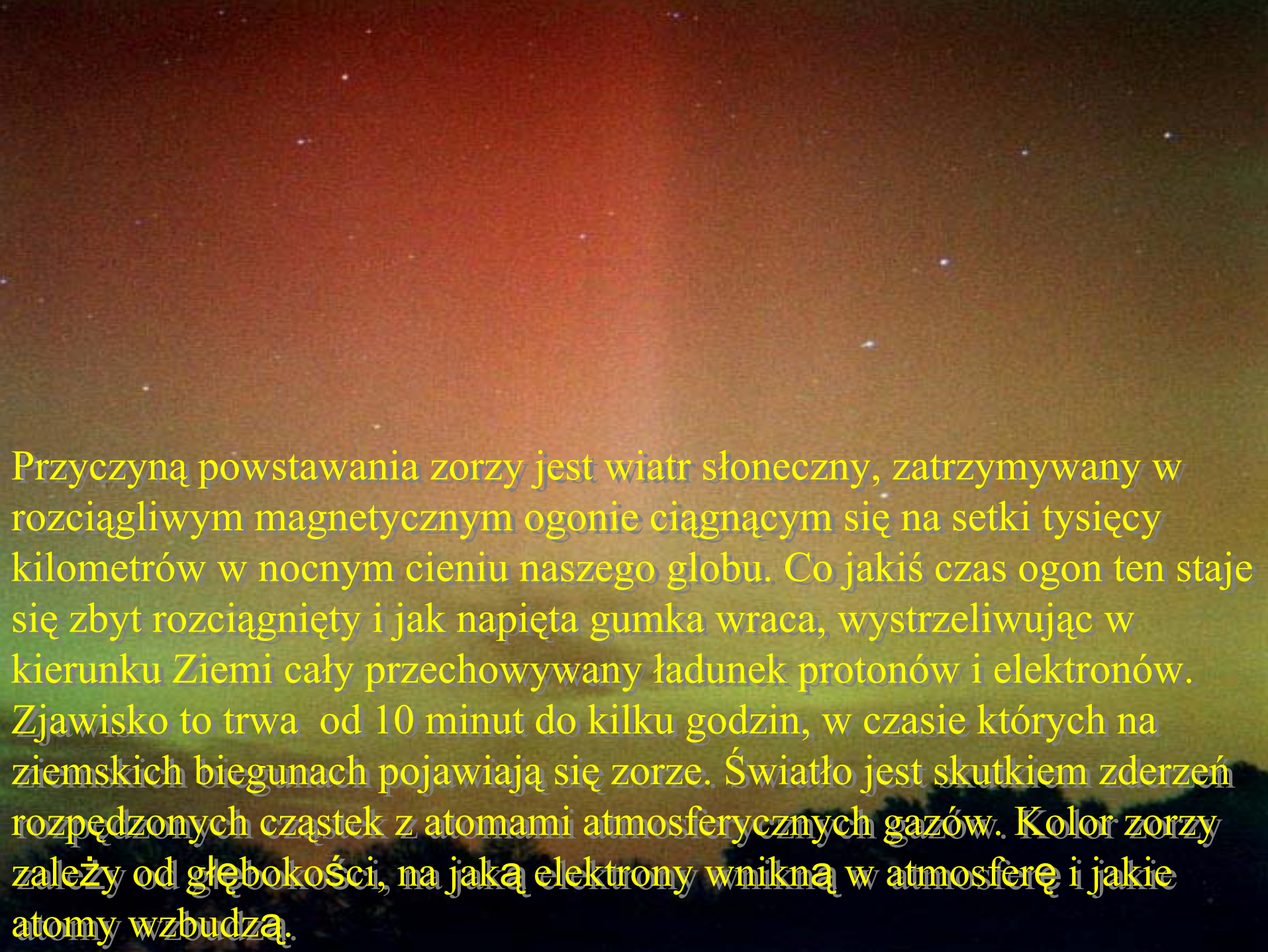
Zjawisko to badano przez ponad 10 lat, aż do roku 1911, kiedy to fizyk austriacki Wiktor Hess wykonał kilka lotów balonem, badając rozładowywanie się elektrostatu na różnych wysokościach nad ziemią. Okazało się, że początkowo nie traci swój ładunek nawet w przywzrostach wysokości jonizacji powietrza. Początkowo myślano, że źródłem są gazowe ciała nad ziemią, ale od 800 m zaczyna się systematycznie zmniejszać, a równocześnie, że jest ono źródłem, którego źródło znajduje się poza atmosferą ziemską, a równocześnie, że jest ono źródłem, którego źródło znajduje się poza powierzchnią Ziemi. Za te badania, stwierdzające istnienie nowego rodzaju promieniowania, nazwanego promieniowaniem kosmicznym, otrzymał Hess nagrodę Nobla.



Promieniowanie kosmiczne

Promieniowanie kosmiczne, jak sama nazwa wskazuje, jest promieniowaniem, które dociera do nas z przestrzeni pozaziemskiej. Jest to strumień cząstek naładowanych o wielkiej energii - głównie protonów, charakteryzujący się najmniejszą ze wszystkich fal elektromagnetycznych długością fali (poniżej $1 \cdot 10^{-15}$ m).

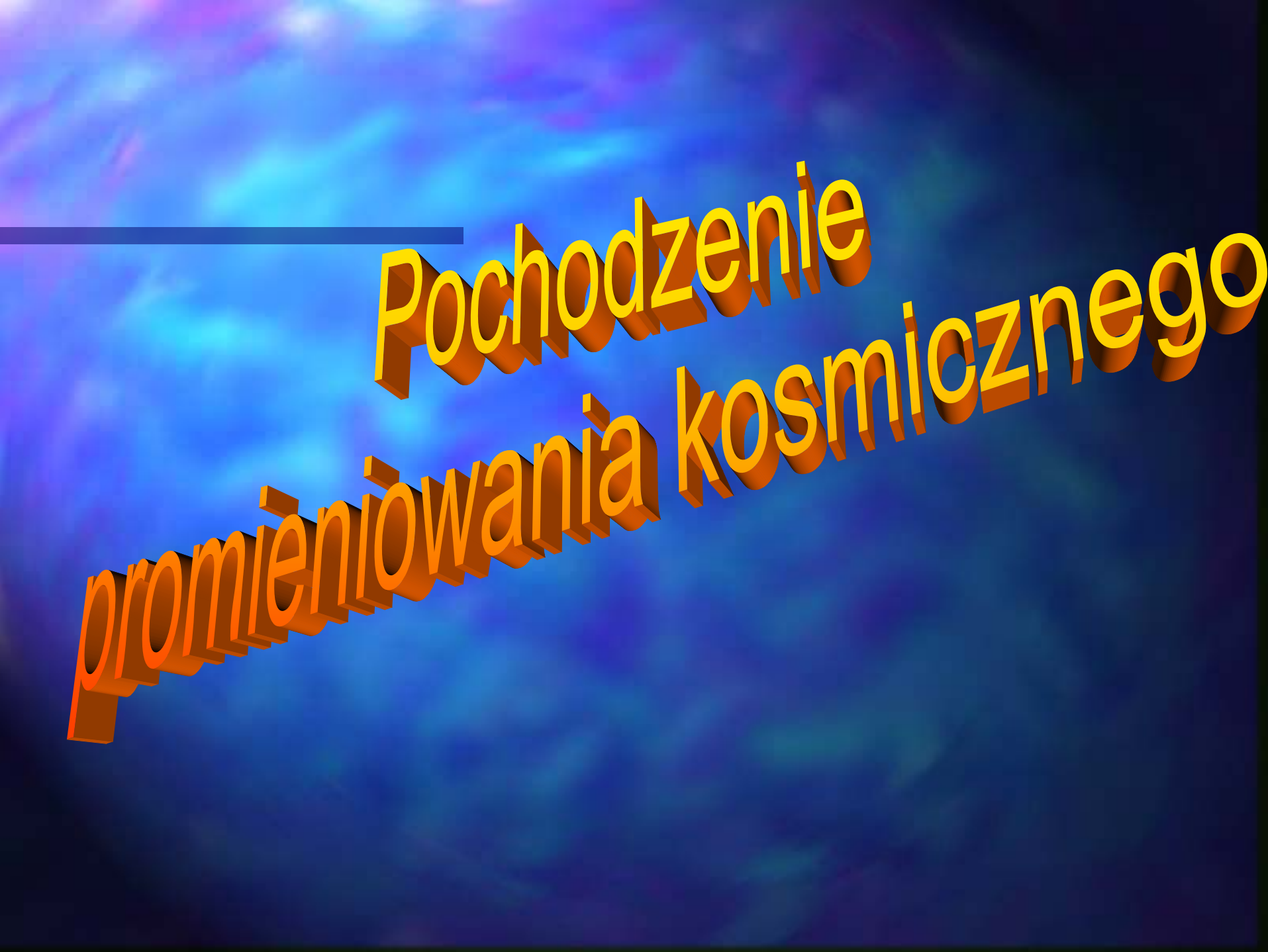
O istnieniu promieni kosmicznych wiemy, bo czasami uderzają w atmosferę ziemską i oddziałują z atmosferą wywołując mierzalną radioaktywność. Większą na pokładach samolotów; małą na poziomie morza. Dodatkowo, te o niższych energiach ($E_{CR} < 10^{10}$ eV) odchylane są przez pole magnetyczne Ziemi w kierunku biegunów ziemskich i to one są odpowiedzialne za powstawanie zorzy polarnej.



Przyczyną powstawania zorzy jest wiatr słoneczny, zatrzymywany w rozciągliwym magnetycznym ogonie ciągnącym się na setki tysięcy kilometrów w nocnym cieniu naszego globu. Co jakiś czas ogon ten staje się zbyt rozciągnięty i jak napięta gumka wraca, wystrzeliwując w kierunku Ziemi cały przechowywany ładunek protonów i elektronów. Zjawisko to trwa od 10 minut do kilku godzin, w czasie których na ziemskich biegunach pojawiają się zorze. Światło jest skutkiem zderzeń rozprędzonych cząstek z atomami atmosferycznych gazów. Kolor zorzy zależy od głębokości, na jaką elektrony wnikną w atmosferę i jakie atomy wzbudzą.

Promieniowanie kosmiczne jest silnie pochłaniane przez atmosferę Ziemi. Tylko niewielkie ilości promieniowania przedostają się przez atmosferę zmieniając swój pierwotny charakter. W związku z tym promienie kosmiczne dzielą się na dwa rodzaje: promienie pierwotne i promienie wtórne.

Promieniowanie kosmiczne wtórne wytwarzane jest przez promieniowanie pierwotne. Cząstki pierwotnego promieniowania kosmicznego, wpadając w atmosferę ziemską z dużą energią, wywołują w niej procesy wtórne, polegające na rozbijaniu napotykanych jąder oraz na wytwarzaniu nowych cząstek naładowanych i fotonów. Foton ten przy współdziałaniu z jądrem wytwarza parę elektron-pozyton. Te z kolei wytwarzają nowe fotony itd.



Pochodzenie promieniowania kosmicznego

Nie potrafimy dziś odpowiedzieć na pytanie, gdzie we Wszechświecie znajdują się obiekty zdolne wysyłać i przyspieszać cząstki do tak gigantycznych energii i jaki proces fizyczny jest za to odpowiedzialny. Istnieje kilka różnych teorii co do pochodzenia pierwotnego promieniowania kosmicznego. Pewne jest to, że dochodzi ono do górnych granic atmosfery z przestrzeni międzyplanetarnej i, że składa się z cząstek naładowanych dodatnio. Cząstki te lecą w różnych kierunkach po liniach prostych z bardzo dużymi prędkościami, zbliżonymi do prędkości światła; ich energie sięgają do 10^{19} eV . W pobliżu Ziemi na cząstki działa ziemskie pole magnetyczne, które odchyła je ku biegunom. Wskutek tego natężenie promieni kosmicznych jest w pobliżu równika nieco mniejsze niż w większych szerokościach geograficznych.

Pole magnetyczne Ziemi możemy w przybliżeniu przyrównać do dipola magnetycznego, o momencie magnetycznym $8,1 \cdot 10^{25} \text{ Gs} \cdot \text{cm}^3$ nachylonego pod kątem $11,5^\circ$ do osi ziemskiej i przesuniętego względem niej o 342 km.

Potencjalne źródła promieni kosmicznych:

Galaktyka:

■ Gwiazdy:

mgławice (otoczki supernowych):

- Mgławica Krab

- Kasjopeja A

- Mgławica Włóknista

- centralny obszar radiacyjny Galaktyki

■ Słońce:

Wiatr słoneczny

Mgławica Kraba



Zdjęcie w promieniach Roentgena. W centrum tej mgławicy znajduje się ultragęsta gwiazda neutronowa, która rotuje 30 razy na sekundę. Gwiazda ta, zwalniając, wydziela energię, która odpowiada energii wysyłanej przez mgławicę Kraba. Na zdjęciu widoczne są pierścienie naładowanych cząstek, wyrzucane z centrum na zewnątrz z prędkością bliską prędkości światła, i potężne strumienie wyłaniające się z biegunów.

Mgławica Włóknista

Fala uderzeniowa powstała po wybuchu supernowej w gwiazdozbiorze Łabędzia, rozchodzi się i przy tym koliduje z chmurą materii, ogrzewając ją i pobudzając do świecenia. W ten sposób powstała mgławica zwana pętlą Łabędzia, znajdująca się 2,5 tys. lat świetlnych od nas. Różnymi kolorami zaznaczono emisję promieniowania przez atomy różnych pierwiastków: niebieski - tlen, czerwony - siarka, zielony - wodór.

Słońce

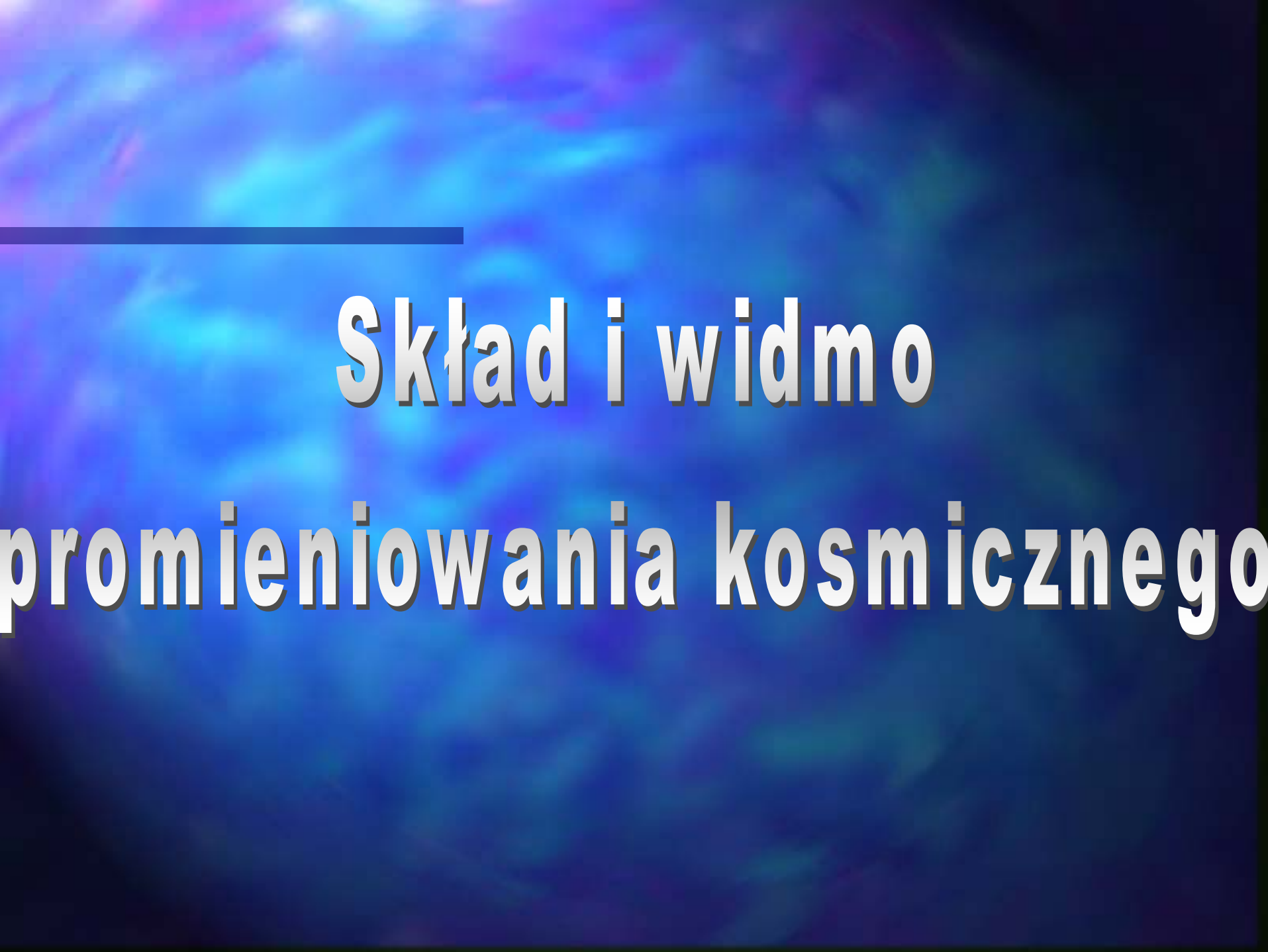
Dziś wiadomo, że w ciągu tych 11 lat dziwne i nie do końca zrozumiałe rzeczy dzieją się z polem magnetycznym Słońca. Co 11 lat zmienia się jego kierunek, a każdej zmianie towarzyszy silna aktywność na widocznej jego powierzchni objawiająca się między innymi: rozbłyskami i wybuchami, wyrzucaniem w przestrzeń strumieni materii, co powoduje niemałe zaburzenia w całym układzie słonecznym.

Od czasu, gdy Słońce przestało być bogiem, nie ma powodów, aby przyjmować, że jest ono doskonałe i niezmiennie w swej wielkości. Wykrycie plam na Słońcu i ich obserwacje przyczyniły się do odkrycia, że gwiazda nasza z całkiem dobrą dokładnością podlega okresowym zmianom i okres ten jest z grubsza równy 11 latom.

Wiatr Słoneczny



Elektrony i jony rozpędzone do prędkości 400-640 km na sekundę, wygotowujące się z gorącej i cienkiej korony słonecznej. Wiatr słoneczny oddziałuje na Ziemię i inne planety Układu Słonecznego. Na zdjęciu korona słoneczna, jej ciemne obszary, znane jako dziury korony słonecznej, są miejscami, gdzie powstaje wiatr słoneczny o największej prędkości.

The background of the slide is a Cosmic Microwave Background (CMB) fluctuation map, showing a complex pattern of blue and purple hues representing temperature variations in the early universe. A solid dark blue horizontal line is positioned above the text.

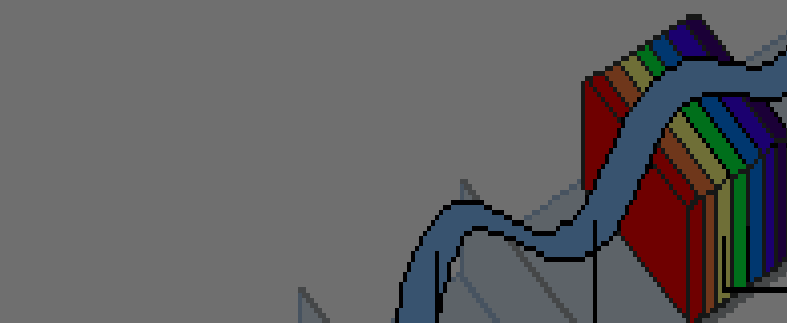
Skład i widmo promieniowania kosmicznego

promieniowanie kosmiczne

promieniowanie gamma

promieniowanie rentgenowskie

promieniowanie ultrafioletowe



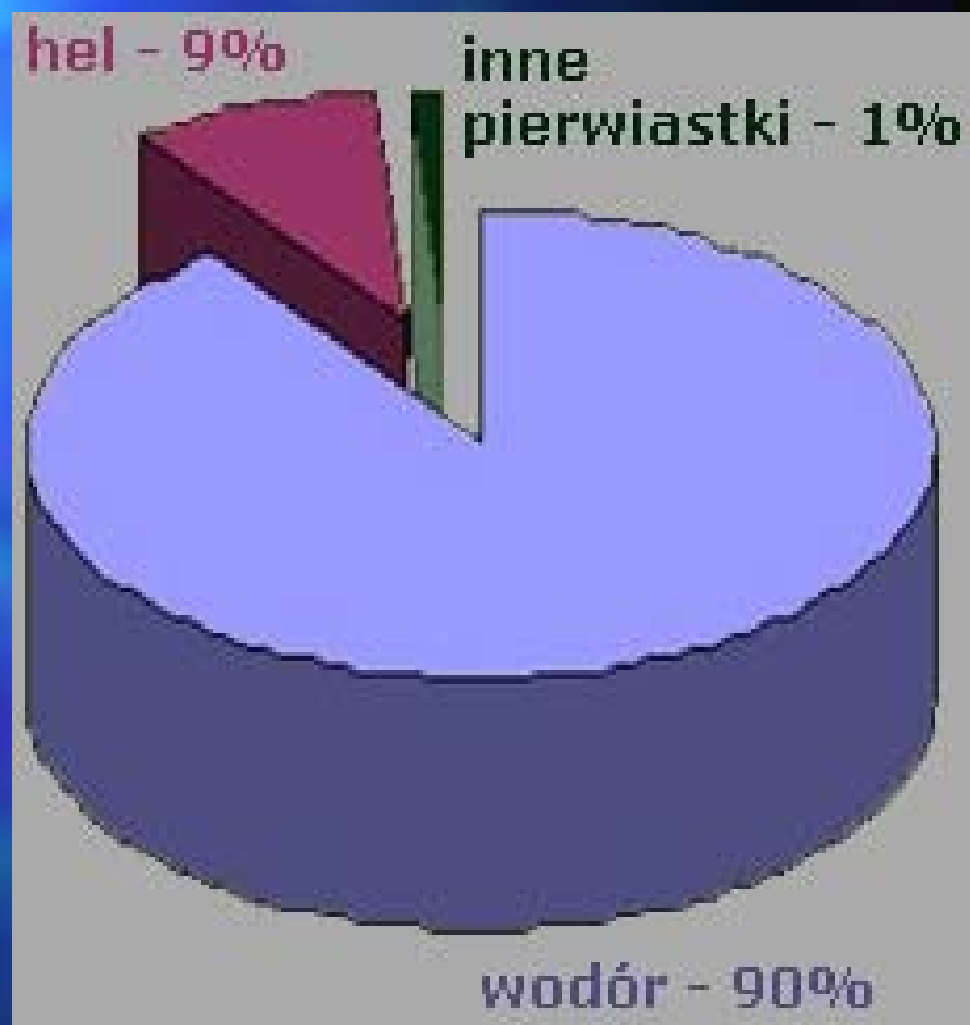
fale widzialne

fale podczerwone

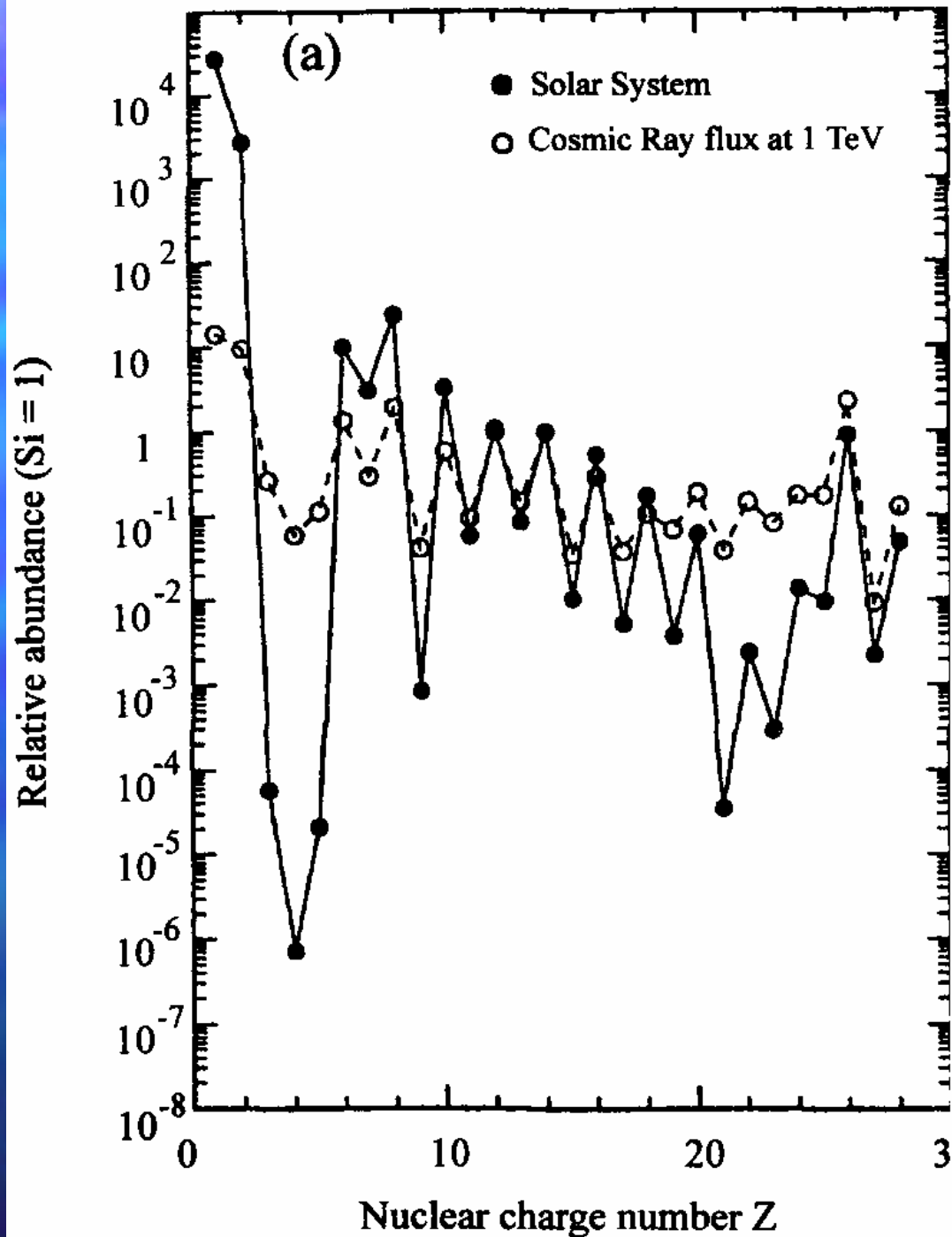
mikrofale

fale radiowe

W pobliżu Ziemi promieniowanie kosmiczne składa się prawie w 100% z protonów (jąder wodoru) i w 90% z tzw. cząstek alfa (jąder helu). Najlżejsze pierwiastki - wodor i hel. Zaledwie 1% stanowią elektrony i jadra cięższych pierwiastków. W Układzie Słonecznym, natomiast ponadprzeciętnie reprezentowane są takie pierwiastki, jak: lit, beryl, bor, skand, tytan czy wanad. Nadwyżkę tych pierwiastków tłumaczy się oddziaływaniami cząstek z materią międzygwiazdową, w wyniku czego jądra ciężkie ulegają rozbiciu na lżejsze, zwiększając przez to ich względną obfitość.



Porównanie względnej zawartości pierwiastków w promieniach kosmicznych (linia przerywana) i w Układzie Słonecznym (linia ciągła). Wykresy są uformowane względem punktu odpowiadającego zawartości wodoru.



Peki atmosferyczne

Peki atmosferyczne powstają wskutek zderzeń cząstek promieniowania kosmicznego o dużych energiach z jądrami atomów tworzących atmosferę.

Odkrywcami Wielkich Pęków atmosferycznych byli dwaj naukowcy: Dmitri W. Skobelcyński i Pierre Auger. Auger obserwował koincydencje między pojawieniem się cząstek w dwóch komorach pokoju; zainicjował szereg badań promieni kosmicznych i dlatego największy projektowany eksperyment (dedykowany do badania promieni lub na kosmicznych) o największych energiach nosi jego imię (Pierre Auger, 1905-1992).

Pierwsze wielkie peki o energiach przekraczających energię 10^{19} eV zmierzono w latach 60-tych w detektorze zbudowanym z plastikowych scyntylatorów rozłożonych na powierzchni 7 km^2 w Volcano Ranch w Nowym Meksyku.



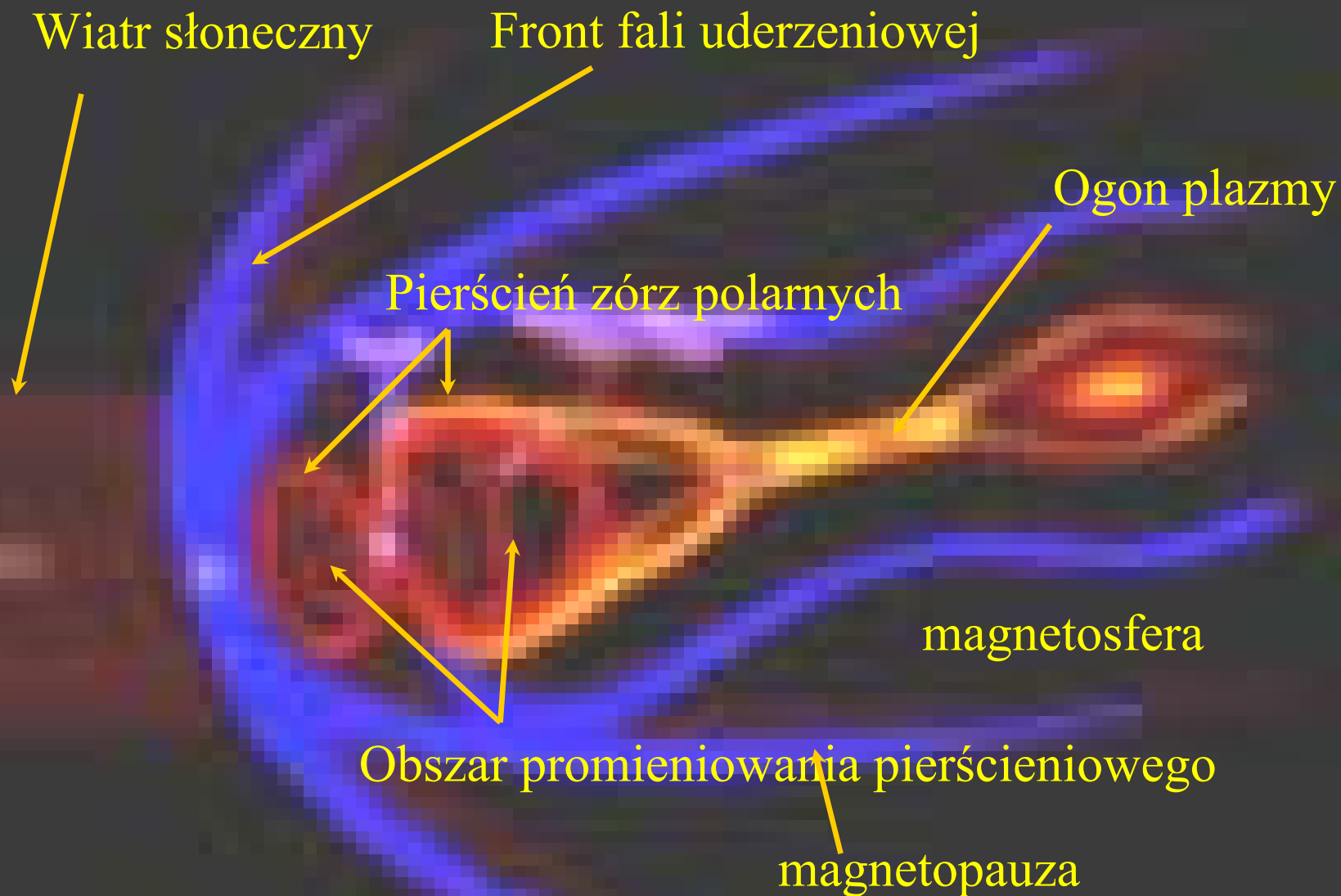
Promieniowanie pierścieniowe ziemi

Wysyłając pierwsze sztuczne satelity Ziemi podjęto pionierskie badania, zmierzające do poznania charakteru i własności pierwotnego promieniowania kosmicznego na znacznych wysokościach ponad powierzchnią Ziemi. Stwierdzono wówczas, że poczynając od wysokości około 200 km, w miarę dalszego wznoszenia się strumień cząstek naładowanych wzrasta. Korzystając z aparatury dużego radzieckiego satelity geofizycznego "Sputnik 3", S. N. Wiernow i jego współpracownicy przekonali się, że w odległości ponad tysiąca kilometrów od naszej planety strumień ten zwiększa się gwałtownie. Obszar otaczający Ziemię, wypełniony naładowanymi elektrycznie cząstkami nosi nazwę **magnetosfery ziemskiej**. Podobne badania prowadzili w owym czasie fizycy amerykańscy, kierowani przez J. Van Allena, którzy mieli do dyspozycji pierwsze sztuczne satelity serii "Explorer".

W magnetosferze ziemskiej występują trzy pierścienie radiacyjne:

- Pierwszy z nich tzw. pierścień wewnętrzny zawierający protony i elektrony z energią 108 eV zaczyna się na wysokości około 2400 km i kończy się w odległości 5000 km nad powierzchnią Ziemi.
- Drugi, zewnętrzny pierścień radiacyjny, leży w odległości od 12000 do 20000 km od powierzchni Ziemi i składa się z elektronów i protonów o mniejszych energiach.
- Trzeci pierścień radiacyjny położony w odległości 50000-60000 km od powierzchni Ziemi składa się z elektronów o energii 200 eV.

Schemat ziemskiej magnetosfery



Zjawiska geomagnetyczne

Z badań wpływu pola magnetycznego Ziemi na ruch naładowanych cząstek wynika, że istnieją dozwolone i zabronione kierunki padania cząstek kosmicznych na dany punkt powierzchni Ziemi.

Obszary te mają kształt współosiowych stożków o kącie rozwarcia określonym przez stosunek pędu i ładunku cząstek.

Obszar dozwolonych kierunków zwany jest stożkiem głównym, a niedozwolonych stożkiem Störmera. Pomiedzy nimi rozciąga się obszar leżących na przemian dozwolonych i zabronionych kierunków, tzw. obszary półcieni.

Minimalny pęd cząstki padającej pionowo na punkt powierzchni Ziemi na szerokość geomagnetyczną λ wynosi: $p_{\min} = 14,9 \cdot 10^9 \cos^4 \lambda \text{ eV/s}$. Pole magnetyczne Ziemi nie wywiera wpływu na natężenie cząstek kosmicznych o pędzie większym od pędu minimalnego.

efekt szerokościowy

Zależność natężenia promieniowania kosmicznego od szerokości geograficznej.

Ilościowo wyraża je stosunek $[I(90^\circ) - I(0^\circ)] / I(90^\circ)$.

Odchylający wpływ pola magnetycznego najbardziej przejawia się w obszarze równikowym, efekt szerokościowy wynosi 10% na poziomie morza i osiąga 36% na wysokości 10km, jest to spowodowane tym, że cząstki promieniowania kosmicznego na poziomie morza pochodzą od pierwotnych p.k. o bardzo dużych energiach, które są słabo odchylane przez pole magnetyczne Ziemi. Stałość tego efektu poczynając od $\lambda = 55^\circ$ wskazuje na brak cząstek o pędzie $p < 1,2 - 1,4 \cdot 10^9$ eV/s w pierwotnym promieniowaniu kosmicznym. Zjawisko to wiąże się z aktywnością Słońca.

efekt długościowy

Związany jest z przesunięciem dipola magnetycznego, w związku z tym natężenie promieniowania kosmicznego zależy też od długości geograficznej punktu obserwacji.

asymetria azymutalna

Przejawia się zależnością natężenia promieniowania kosmicznego od ustawienia przyrządu rejestrującego względem stron Świata.

Charakteryzuje ją efekt wschód-zachód $2(I_z - I_w)/(I_z + I_w)$ efekt ten jest związany również z wpływem pola magnetycznego Ziemi, które odchyła cząstki naładowane dodatnio na wschód, a ujemnie naładowane na zachód. Wielkość efektu wschód-zachód rośnie z wysokością z tych samych powodów, co efekt szerokościowy.

Promieniowanie kosmiczne a klimat

Okazuje się, że cykl 11 letni aktywności Słońca nie jest jedynym. Okres minimum zbiega się z tak zwaną epoką lodową, znaną z zapisów historycznych. Poprzedzającą minimum epoką dużej aktywności Słońca przypada na „cieple średniowiecze”. Wtedy to Wikingowie nazwali Ale jak to może wpływać na temperaturę na Ziemi? Jak nazwa nie Już starożytni Grecy zastanawiali się jak powstają chmury. Dziś wiemy, że składają się one głównie z wody w postaci małych kropelek, jakie powstały w zwartej atmosferze pary wodnej. Aby para mogła się skroplić, potrzebne są 2 rzeczy: odpowiednio niska temperatura i tak zwane zarodki kondensacji. Okazuje się, że doskonałymi zarodkami dla skraplania się pary mogą być zjonizowane atomy powietrza. Jony powstają przede wszystkim, gdy z jakiegoś neutralnego atomu strząsniesz elektron. Wemicznej zsiady brutalnej siły (cząstki promieniowania kosmicznego) wybijesz go obijając elektronem się, ile jest radioaktywnego węgla w szczątkach organizmów z odległych epok, możemy z grubsza powiedzieć, jaki strumień promieniowania kosmicznego docierał wtedy do Ziemi.

Zastosowanie

Z zastosowaniem promieni kosmicznych jest pewien problem, ponieważ tak naprawdę niewiele jest dziedzin, gdzie promieniowanie to jest wykorzystywane. Jedno jest pewne. Promieniowanie kosmiczne jest chyba najbardziej niezbadanym rodzajem promieniowania z całego spectrum falowego. Jest ono ciągłym przedmiotem badań uczonych na całym świecie. Coraz lepsze metody detekcji promieni kosmicznych, a co za tym idzie - pełniejsza znajomość widma energetycznego, jak również zależność składu chemicznego promieni kosmicznych od ich energii ma zasadnicze znaczenie dla zrozumienia procesów akceleracji i propagacji promieni kosmicznych we Wszechświecie. Promienie kosmiczne dostarczają dodatkowych informacji o procesach ewolucji gwiazd, a także o własnościach przestrzeni międzygwiazdowej. W przeszłości promieniowanie kosmiczne było jedynym źródłem cząstek o wysokich energiach, umożliwiając badanie cząstek i ich oddziaływań. Większość początkowych odkryć w fizyce cząstek została dokonana przy użyciu promieni kosmicznych. Obecnie badania w zakresie fizyki cząstek są prowadzone głównie przy użyciu akceleratorów, aczkolwiek promieniowanie kosmiczne wciąż dostarcza cząstek o energiach wyższych niż osiągane w akceleratorach.

L i t e r a t u r a

- „Astronomia ogólna” E. Rybka (1983r.)
- Encyklopedia Fizyki (1979r.)
- Internet