

Promieniowanie kosmiczne

Jacek Pabis, Maciej Borowiec

Politechnika Krakowska, Instytut Fizyki

31 Czerwiec 2016

Co to jest promieniowanie kosmiczne?

Mniej więcej co sekundę w ziemską atmosferę wpada subatomowa cząstka o takiej energii jak kamień wrzucony do studni. Wynika z tego, że gdzieś we Wszechświecie są siły zdolne przekazać pojedynczemu protonowi energię 100 mln razy większą niż osiągalna przez najpotężniejsze akceleratory ziemskie. Gdzie i w jaki sposób?

Co to jest promieniowanie kosmiczne?

Promieniowanie kosmiczne – promieniowanie złożone, zarówno korpuskularne jak i elektromagnetyczne, docierające do Ziemi z otaczającej ją przestrzeni kosmicznej. Korpuskularna część promieniowania składa się głównie z protonów, cząstek alfa, elektronów i nielicznych cięższych jąder.

Promieniowanie kosmiczne dzielimy na:

- Pierwotne - promieniowanie docierające bezpośrednio z przestrzeni kosmicznej.
- Wtórne - promieniowanie docierające do ziemi w wyniku reakcji promieniowania kosmicznego pierwotnego z jądrami atomów gazów atmosferycznych.

Odkrycie promieniowania kosmicznego

Promieniowanie kosmiczne odkrył Victor Franz Hess w 1928 r. Podczas lotu balonem odkrył zwiększanie się jonizacji powietrza z wysokością.

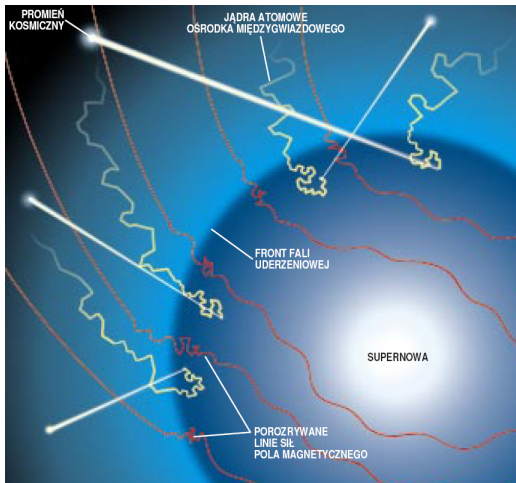


W 1960 roku Bernard Peters z Tata Institute w Bombaju wysunął hipotezę, że promienie kosmiczne o niższej energii powstają przeważnie w naszej Galaktyce, podczas gdy te o wyższej energii pochodzą z odleglejszych źródeł.

Hipoteza “Supernowe jako pompy”

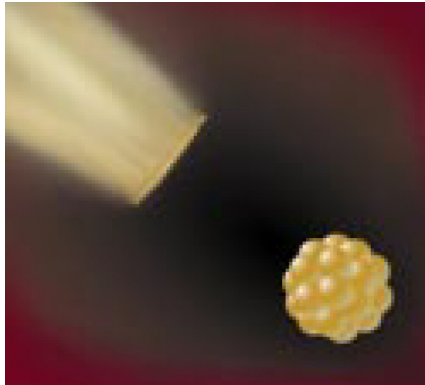
Gdy zapada się gwiazda o dużej masie, jej zewnętrzne części eksplodują, osiągając prędkość ponad 10 000 km/s. Podobna ilość energii jest wyzwolana podczas całkowitego rozpadu białego karła w wybuchu termojądrowym. W obydwu typach supernowych wyrzucana materia rozprasza się z prędkością naddźwiękową, powodując w otaczającym ją ośrodku powstanie silnej fali uderzeniowej. Przypuszcza się, że takie fale uderzeniowe przyspieszają jądra materii, przez którą przechodzą, przekształcając je w promienie kosmiczne.

Hipoteza “Supernowe jako pompy”

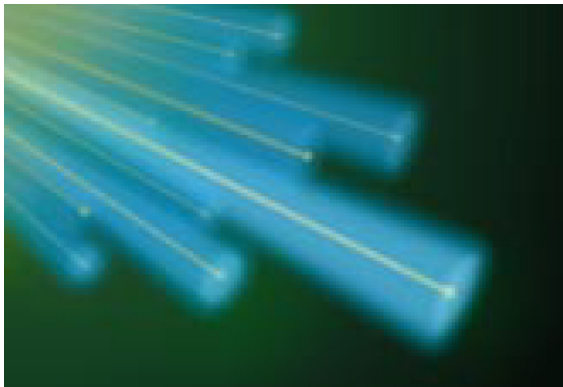


Życie promienia kosmicznego

Promienie kosmiczne - jądra atomowe wędrujące z podświetlną prędkością przemierzają dziwaczny, skrócony relatywistycznie kosmos, zanim uderzą w jądra atomów gazu atmosferycznego wysoko nad Ziemią. Znaczna część energii zostaje przekształcona w materię - subatomowe cząstki takie jak miony.



Życie promienia kosmicznego



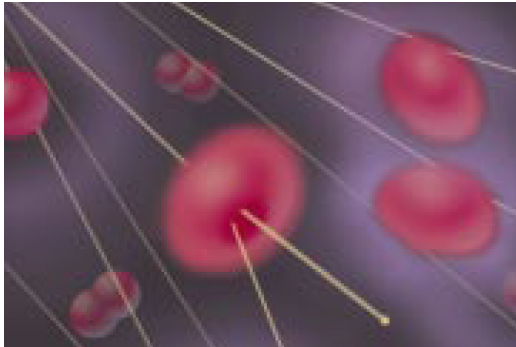
Cząstki na początkowym etapie rozwoju kaskady poruszają się tak szybko, że przewyższają w rozrzedzonych górnych warstwach atmosfery prędkość światła (nieznacznie niższą niż prędkość światła w próżni), i dlatego emitują promieniowanie Czerenkowa.

Życie promienia kosmicznego

Gdy cząstki powstałe w wyniku początkowego zderzenia wpadną na jądra atomowe atmosfery, kosztem ich energii mogą powstać inne cząstki oraz wysokoenergetyczne promieniowanie.



Życie promienia kosmicznego



Miony i inne resztki na końcu pęku atmosferycznego rozproszyły już swoją energię na tyle, że ich oddziaływanie z atmosferą generuje głównie promieniowanie ultrafioletowe. Światło to może być wykrywane przez czułe fotomnożniki. W przypadku szczególnie wysokiej energii niektóre cząstki pęku osiągają poziom gruntu i tam również mogą zostać wykryte.

Jak obecnie badamy promieniowanie kosmiczne?

Występowanie promieniowania kosmicznego na Ziemi jest utrudnione ponieważ jest ono w dość skuteczny sposób tłumione przez Ziemią atmosferę. Jednak istnieje kilka przedsięwzięć mających na celu odkrycie natury tego zjawiska.

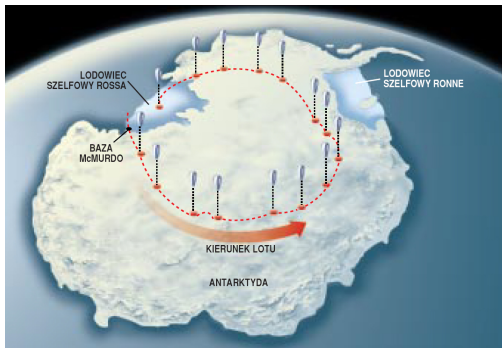
Detektory pęku atmosferycznego



Detektor pęku atmosferycznego poszukuje śladów promieni kosmicznych w górnych warstwach atmosfery. Fotodetektory mogą śledzić błyski światła powodowane przez cząstki oddziałujące z cząsteczkami powietrza i określać energię oraz prawdopodobną tożsamość dochodzących promieni. Detektor Fly's Eye usytuowany jest w Utah.

Badanie śladu pierwiastków przyspieszanych

Balon wysokościowy wypuszczony w pobliżu Bazy McMurdo na Antarkydzie wnosi detektory promieniowania kosmicznego ponad atmosferę. Na wysokości 40 km nad czapą polarną wiatry zataczają wokół bieguna południowego okręgi, odsyłając na powrót balon w okolice punktu startowego po mniej więcej 10 dniach.



Pomiar rozkładu elektronów i mionów przy powierzchni Ziemi

W eksperymencie o nazwie CASA-MIA-DICE przeprowadzonym w Utah, dokonuje się pomiarów rozkładu elektronów i mionów przy powierzchni Ziemi. Wykrywane jest także promieniowanie Czerenkowa (rodzaj optycznej fali uderzeniowej wytwarzanej przez cząstki poruszające się z prędkością większą niż światło w otaczającym je ośrodku), generowane przez cząstki pęku w różnych warstwach atmosfery.



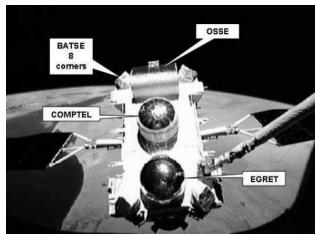
AMANDA

Thomas K. Gaisser wraz zespołem mierzy własności pęków osiagających powierzchnię Ziemi na biegunie południowym. Eksperymentatorzy współpracują z AMANDA (Antarctic Muon and Neutrino Detector Array – antarktycznym układem detektorów mionów i neutrin) wykrywającym miony o wysokiej energii, powstające w tych samych pękach w wyniku obserwacji promieniowania Czerenkowa generowanego głęboko w lodowej czapie polarnej.



Detektor EGRET

Detektor EGRET, umieszczony na pokładzie Compton Gamma Ray Observatory, został użyty do badania punktowych źródeł promieniowania γ utożsamianych z pozostałościami po supernowych. Obserwowane natężenia promieniowania i ich widma (aż do miliarda elektronowoltów) wskazują, że pochodzi ono z rozpadu cząstek zwanych pionami neutralnymi, które mogłyby powstawać w efekcie zderzenia promieni kosmicznych stanowiących resztki eksplodującej gwiazdy z otaczającym ją gazem międzygwiazdowym.



Naziemne obserwatorium Whipple Observatory



Obserwatorium imienia Freda Lawrence'a Whipple'a (ang. Fred Lawrence Whipple Observatory) – obserwatorium astronomiczne znajdujące się na górze Mount Hopkins w pobliżu miejscowości Amado w Arizonie. Znajduje się na wysokości ok. 2606 m n.p.m. Prowadzone są tu obserwacje astronomiczne, zarówno w zakresie optycznym jak i promieniowania γ .

Cząstki o gigantycznych energiach = gigantyczna zagadka



Podczas gdy naukowcy zmagają się z problemami budowy i obsługi gigantycznych sieci detektorów, nadal nie ma odpowiedzi na podstawowe pytanie:

Czy natura może wytworzyć cząstki o jeszcze większej energii od zarejestrowanych do tej pory?

Dziękujemy za uwagę!

Bibliografia:

- 1 "Promieniowanie kosmiczne", James W. Cronin, Thomas K. Gaisser i Simon P. Swordy, ŚWIAT NAUKI (Marzec 1997)
- 2 <http://www.astro.ucla.edu/~rene/talks/Cronin-Fest-Ong-Writeup.pdf>
- 3 <https://arxiv.org/pdf/0811.0738.pdf>
- 4 https://pl.wikipedia.org/wiki/Observatorium_Whipple
- 5 <http://slideplayer.com/slide/8726871/>