

Neutrtrina to cząstki elementarne, które nie posiadają ładunku, a ich masa nie jest, jak dotąd, określona. Oddziałują one bardzo słabo z materią, co utrudnia ich detekcję. Ogromne eksperymenty powstały na Ziemi celem zdetektowania neutrtriny.

Neutrtrina powstają w reakcjach jądrowych, takich jak te zachodzące w jądrach gwiazd lub w eksperymentach jądrowych. W wybuchach supernowych, ponad 99% uwolnionej energii stanowią neutrtrina.

Pomimo ich małej masy, neutrtrina są, tak liczne, że uważa się iż mogą mieć wpływ na historię Wszechświata.

Źródło: IceCube

Obserwatorium Neutrtriny: Tytałące czujnikiów rozmieszczone na powierzchni 1 km<sup>2</sup> pod antarktycznym lodem

celem wykrycia neutrtriny.



8

## Neutrtrina

## Wszehświat w mojej kieszeni



Wysokoenergetyczny Wszehświat

Mimoza Hafizi  
Uniwersytet Tirański



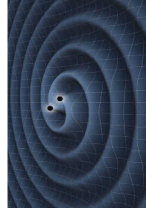
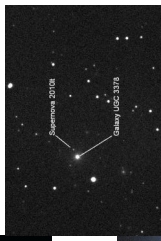
3

3

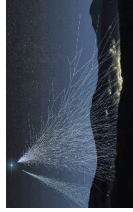
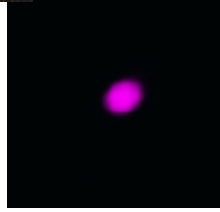
Odpowiedzi na odwrócie

Wysokoenergetyczny Wszehświat

Wysokoenergetyczny Wszehświat



## Quiz



## Gwiazdy neutronowe

Gdy gwiazda o masie między 8 a 30 mas Słońca wybuchła jako supernowa, powstaje gwiazda neutronowa. Jest ona tak gęsta, że tyżeczka jej materii ważyłaby milion ton!

Gwiazdy neutronowe składają się z neutronów i obracają się z prędkością kilkuset razy na sekundę przyspieszając cząstki w swojej atmosferze do prędkości bliskich światła i generując wąski strumień światła. Czasami, strumień ten skierowany jest ku Ziemi, wówczas gwiazdy te nazywamy pulsarami\*. Najwyższy pulsar, PSR J1748-2446, obraca się 716 razy w ciągu sekundy!

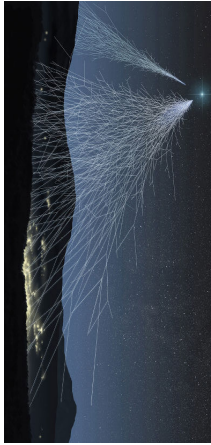
Podczas wybuchu supernowej, przed powstaniem gwiazdy neutronowej, emitowana jest oprócz światła ogromna ilość neutrtriny o podobnych prędkościach. Część z nich dociera do Ziemi.

\*zobacz TUIMP 10

9

13

## Promieniowanie kosmiczne



Widza artystyczna oddziaływania cząstek promieniowania kosmicznego z ziemską atmosferą.

Na skutek oddziaływania z cząstkami atmosfery, powstają kaszady cząstek elementarnych. Niektóre z tych cząstek mogą dotrzeć do terytorii sąsiadów tyła detektorów rozłożonych na przetrzeni kilku tyśięcy kilometrów kwadratowych.

Dane zebrane przez przeszło wiek eksperymentów wskazują, iż znaczna część promieniowania kosmicznego produkowana jest poza Galaktyką, w wybuchach supernowych lub w Aktywnych Jądach Galaktycznych\*.

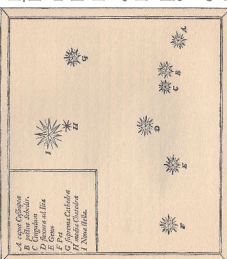
\*zobacz TUIMP 6 12

## Supernowe

Coż za niespodzianka, gdy patrząc na niebo nagle dostrzeżasz gwiazdę w miejscu, gdzie wcześniej jej nie było! Może krzyknąłbyś: To nowa gwiazda! Nova, po łacinie. Albo, supernowa, jeśli jej blask jest niezwykle silny! Pierwszym takim zdarzeniem była gwiazda-gość dostrzeżona przez chińskich astronomów w 1054 roku\*. Zdarzenie to w rzeczywistości nie oznacza narodzin gwiazdy. Supernowa to eksplozja istniejącej gwiazdy. Wybuch jest tak ogromny, że w przeciągu kilku minut uwolniona jest energia porównywalna do tej emitowanej przez Słońce w ciągu 10 miliardów lat! Później blysk słabnie i gwiazda staje się znów niewidoczna. To co pozostaje jest gwiazda neutronowa lub czarna dziura. Teleskopy ukazują ogromną ilość wyrzuconej materii.

\*zobacz TUIMP 10

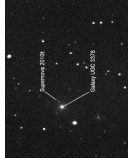
5



Lewa: 11 listopada 1572 roku, na mapie konstelacji Kasjopea astronom Tycho Brahe zaznaczył przez 'i' nowopowstałą gwiazdę, nazwaną później supernową.

Supernowa Tychona, w momencie jej pojawienia miała jaeność przewyższającą jaeność Wenus, pomimo, iż znajduje się 9 lat świetlnych od nas. Jej jaeność malała każdego dnia, aż po 2 latach nie mogła już być dostrzeżona nieuzbrojonym okiem.

Lewa: Supernowa 2010td, odkryta przez 10-letnią Kathryn Gray. Wybuch miał miejsce w odległości 240 milionów lat świetlnych.



4

3

4

+



Przełożyła Anna Wętkowicz  
TUIMP Creative Commons



Aby dowiedzieć się więcej o tej serii oraz o tematyce przedstawionej w tej książeczce, odwiedź stronę:  
<http://www.tuimp.org>

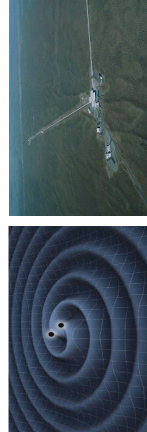
\*zobacz TUIMP 2

Niektóre obiekty jak np. Supernowa, czy Aktywne Jądra Galaktyczne w zakresie wysokich energii emitują milion razy więcej energii, niż całe nasze Słońce.

Nawet niezauważonym okiem jesteś w stanie zauważyć, że niektóre obiekty są jaśniejsze od innych. Czy są one bliżej i dlatego wydają się jaśniejsze? A może emitują więcej energii? Astronomowie wiedzą, jak wyznaczyć odległości do ciał niebieskich, dzięki temu mogą szacować emitowaną ilość energii.

Z wykorzystaniem specjalnych detektorów mogą oni również określić jaka część energii pozostaje niewidoczna dla oka, przenoszona przez wysokoenergetyczne fotony (UV, X oraz gamma<sup>\*)</sup>, cząstki (neutrina, promieniowanie kosmiczne) oraz fale grawitacyjne.

Nawet niezauważonym okiem jesteś w stanie zauważyć, że niektóre obiekty są jaśniejsze od innych. Czy są one bliżej i dlatego wydają się jaśniejsze? A może emitują więcej energii? Astronomowie wiedzą, jak wyznaczyć odległości do ciał niebieskich, dzięki temu mogą szacować emitowaną ilość energii.

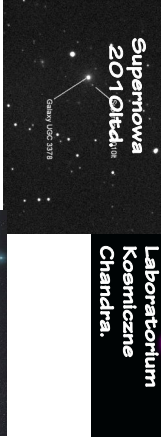


Z lewej: Wykres ukazujący kolizję dwóch czarnych dziur. Zmarszczki propagujące niczym fale w basenie reprezentują fale grawitacyjne.

Pierwsza detekcja, która miała miejsce 14 sierpnia 2015 dostarczyła informacji o kolizji pary czarnych dziur o masach 36 oraz 20 mas Słońca, która miała miejsce 1.3 miliarda lat temu. Energia uwalniana podczas takiej kolizji odpowiada energii przewyższającej tę emitowaną przez wszystkie gwiazdy we Wszechświecie!

Z prawej: Fotografia stacji LIGO Hanford, jednego z obserwatoriów fal grawitacyjnych. Obserwowany kształt fali odpowiada temu przewidywanemu przez Ogólną Teorię Względności Alberta Einsteina.

Oddziaływanie promieniowania kosmicznego z atmosferą ziemską.



Zdarzenie GW170817 obserwowane przez Laboratorium Kosmiczne Chandrą.

Pięć najbliższych gwiazd Kasjopeji jest 1000 razy jaśniejszych od Słońca. Ale nie to nazywamy wysokimi energiami!

Ilustracja pokazuje, że zdarzenie się dwóch czarnych dziur.

W konstelacji Kasjopeji pięć najbliższych gwiazd tworzy litere „W”. Gwiazdy te są tygielce razy jaśniejsze od naszego Słońca. Jednak nie emitują one promieniowania w zakresie wysokich energii.

Specjalne instrumenty wykorzystywane w astrofizyce wysokich energii umożliwiają detekcję promieniowania UV, rentgenowskiego oraz gamma.

Fotometry mierzą ilość światła pochodzącą od tych obiektów oraz dostarczają nam informacji o całkowitej energii przez nich uwalnianych.



Supernowa 2010td.



Teleskop kosmiczny Fermi, detektuje promieniowanie gamma. Jest to najbardziej energetyczna forma promieniowania, o energii milion razy większej od światła widzialnego.

17 sierpnia 2017, teleskop Fermi zdetektował blysk gamma, jedynie 1,7 sekundy po tym jak sygnał fali grawitacyjnej dotarł do obserwatoriów naziemnych. Obydwa sygnały były związane z tym samym zdarzeniem, złaniem się dwóch gwiazd neutronowych, w odległości 130 mln lat świetlnych. Później zdarzenie to zostało zaobserwowane w zakresie rentgenowskim, UV, oraz w innych zakresach widma elektromagnetycznego.



Prawa: To samo zdarzenie widziane przez Laboratorium Kosmiczne Chandrą w zakresie rentgenowskim, 9 dni po blysku gamma.



### Rozblyski Gamma

Rozblyski gamma (GRB) należą do najpotężniejszych zdarzeń elektromagnetycznych zachodzących we Wszechświecie. Ich energia, głównie przenoszona przez fotony gamma<sup>\*</sup>, może tysiące razy przekraczać tę uwalnianą przez supernowę. Fizyka tych obiektów pozostaje zagadką, pomimo 50-ciu lat od ich odkrycia. GRB mogą być krótkie (od milisekund do sekund) lub długie (od sekund do godzin). Długie blyski utożsamiane są z wybuchami supernowych. Z kolei krótkie powstają w procesie zlewania się gwiazd neutronowych, lub gwiazdy neutronowej z czarną dziurą.

Każdego dnia teleskopy satelitarne obserwują średnio jedno takie zdarzenie.

\*zobacz TUIMP 2

Lewa: Teleskop kosmiczny Fermi, detektuje promieniowanie gamma. Jest to najbardziej energetyczna forma promieniowania, o energii milion razy większej od światła widzialnego.



17 sierpnia 2017, teleskop Fermi zdetektował blysk gamma, jedynie 1,7 sekundy po tym jak sygnał fali grawitacyjnej dotarł do obserwatoriów naziemnych. Obydwa sygnały były związane z tym samym zdarzeniem, złaniem się dwóch gwiazd neutronowych, w odległości 130 mln lat świetlnych. Później zdarzenie to zostało zaobserwowane w zakresie rentgenowskim, UV, oraz w innych zakresach widma elektromagnetycznego.



Prawa: To samo zdarzenie widziane przez Laboratorium Kosmiczne Chandrą w zakresie rentgenowskim, 9 dni po blysku gamma.

### Czarne dziury

Gdy gwiazda o masie powyżej 30 mas Słońca wybuchła jako supernowa, w jej centrum powstaje czarna dziura o rozmiarze kilku kilometrów i masie odpowiadającej liku masom Słońca. Czemuż taka niecodzienna nazwa? Ponieważ grawitacja czarnej dziury jest tak silna, że nic nie może uciec z jej powierzchni. Nawet światło czy cząstki! W jaki sposób możemy zatem je obserwować? Przez ich wpływ na otoczenie! Ich energia grawitacyjna jest taka ogromna, bo cała ich masa skoncentrowana jest na niewielkiej przestrzeni. Energia ta może być uwalniana w formie fali grawitacyjnych.

Fale grawitacyjne zostały zaobserwowane po raz pierwszy w sierpniu 2015 roku. Zostały one wyemitowane w skutek kolizji dwóch czarnych dziur.