

# Wszechświat w mojej kieszeni

## Wysokoenergetyczny Wszechświat



No. 9

**Mimoza Hafizi**  
**Uniwersytet Tirański**



W konstelacji Kasjopeji pięć najjaśniejszych gwiazd tworzy literę "W". Gwiazdy te są tysiące razy jaśniejsze od naszego Słońca. Jednak nie emitują one promieniowania w zakresie wysokich energii.

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

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

Wiele spośród obiektów emitujących w zakresie wysokich energii nie daje się dostrzec w zakresie optycznym.

2

**Nawet nieuzbrojonym 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 wyznaczać 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\*), cząstki (neutrino, promieniowanie kosmiczne) oraz fale grawitacyjne.**

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

\*zobacz TUIMP 2

3

# Supernowe

Coż za niespodzianka, gdy patrząc na niebo nagle dostrzegasz 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 uwalniana jest energia porównywalna do tej emitowanej przez Słońce w ciągu 10 miliardów lat! Później błysk słabnie i gwiazda staje się znowu niewidoczna. To co pozostaje jest gwiazda neutronowa lub czarna dziura. Teleskopy ukazują ogromną ilość wyrzuconej materii.

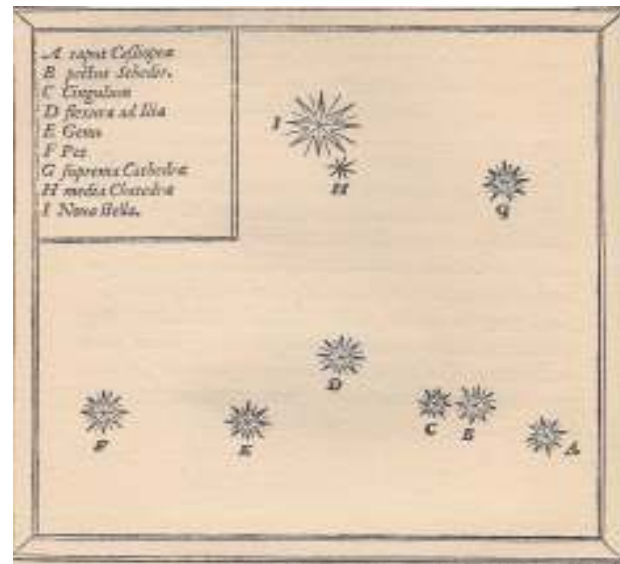
\*zobacz TUIMP 10

5

Lewa: 11 listopada 1572 roku, na mapie konstelacji Kasjopea astronom Tycho Brahe zaznaczył przez 'I' 'nowopowstałą gwiazdę', nazwaną później supernową Tychona. 'F', 'E', 'D', 'C', 'B', 'A', 'G' są to normalne gwiazdy, które widać na zdjęciu tej konstelacji na stronie 2, ale gwiazda 'I' jest już nie widoczna.

Lewa: Supernova 2010i, odkryta przez 10-ciolatkę Kathryn Gray. Wybuch miał miejsce w odległości 240 milionów lat świetlnych.

4



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



## Czarne dziury



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 uwalniania podczas takiej kolizji odpowiada energii przewyższającej tą 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.

6

Gdy gwiazda o masie powyżej 30 mas Słońca wybucha 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.

7

## Neutrino

Neutrino to cząstki elementarne, które nie posiadają ładunku, a ich mała masa nie jest, jak dotąd, określona.

Oddziałują one bardzo słabo z materią, co utrudnia ich detekcję. Ogromne eksperymenty powstały na Ziemi celem zdetektowania neutrin.

Neutrino powstają w reakcjach jądrowych, takich jak te zachodzące w jądrach gwiazd lub w eksperymentach jądrowych. W wybuchach supernowych, ponad 99% uwalnianej energii stanowią neutrino.

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

Prawa: IceCube

Obserwatorium Neutrino: Tysiące czujników rozmieszczonych na powierzchni 1 km<sup>2</sup> pod antarktycznym lodem celem wykrycia neutrin.



8

## Gwiazdy neutronowe

Gdy gwiazda o masie między 8 a 30 mas Słońca wybucha jako supernowa, powstaje gwiazda neutronowa.

Jest ona tak gęsta, że łyżeczka 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 światłu i generując wąski strumień światła. Czasami, strumień ten skierowany jest ku Ziemi, wówczas gwiazdy te nazywamy pulsarami\*. Najszybszy pulsar, PSR J1748-2446ad, obraca się 716 razy w ciągu sekundy!

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

9

\*zobacz TUIMP 10

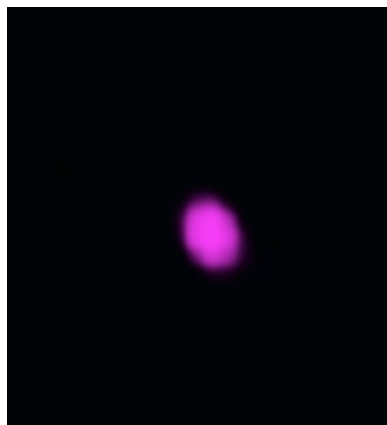


Lewa: Teleskop kosmiczny Fermi, detektuje promieniowanie gamma. Jest to najbardziej energetyczna forma promieniowania, o energii milion razy większej od światła widzialnego.

17 sierpnia 2017, teleskop Fermi zdetektował błysk gamma, jedyne 1,7 sekundy po tym jak sygnał fali grawitacyjnej dotarł do obserwatoriów naziemnych. Obydwa sygnały były związane z tym samym zdarzeniem, zlanie 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 Chandra w zakresie rentgenowskim, 9 dni po błysku gamma.

10



## Rozbłyski Gamma

Rozbłyski gamma (GRB) należą do najpotężniejszych zdarzeń elektromagnetycznych zachodzących we Wszechświecie. Ich energia, głównie przenoszona przez fotony gamma\*, może tysiące razy przekraczać tę uwalnianą przez supernową. 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 błyski 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.

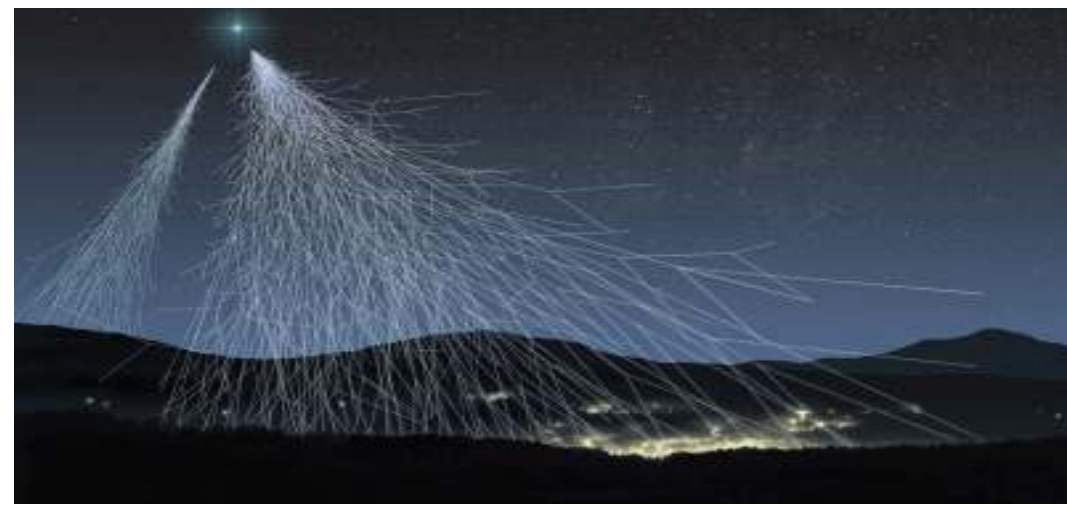
\*zobacz TUIMP 2

11

## Promieniowanie kosmiczne

Nie tylko fotony, neutrino i fale grawitacyjne docierają do nas z Kosmosu. Wysokoenergetyczny Wszechświat wysyła ku nam również naładowane cząstki, głównie protony, ale również elektrony oraz jądra atomowe; nazywamy je promieniowaniem kosmicznym. Ziemia jest bombardowana przez miliardy takich cząstek w każdej sekundzie. Choć zostały odkryte z początkiem 20-tego wieku ich pochodzenie pozostaje niejasne.

Cząstki promieniowania kosmicznego przenoszą ogromne energie, oraz poruszają się z prędkościami bliskimi prędkości światła. Ich energia kinetyczna może być aż miliardy miliardów razy większa od ich energii spoczynkowej.



Wizja artystyczna oddziaływania cząstek promieniowania kosmicznego z ziemską atmosferą.

Na skutek oddziaływania z cząstkami atmosfery, powstają kaskady cząstek elementarnych. Niektóre z tych cząstek mogą dotrzeć do któregoś spośród tysiąca detektorów rozłożonych na przestrzeni kilku tysięcy kilometrów kwadratowych .

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

\*zobacz TUIMP 6 1 2

13



# Quiz

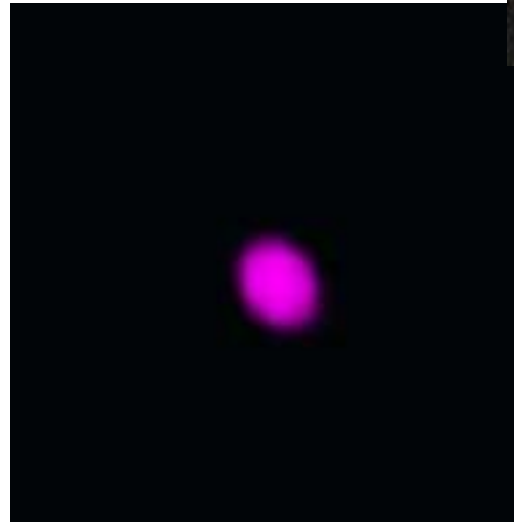


Pięć najjaśniejszych gwiazd Kasjopeji jest 1000 razy jaśniejszych od Słońca. **Ale nie to nazywanymy wysokimi energiami!**

Ilustracja pokazuje zderzenie się dwóch czarnych dziur.

Który z tych obrazków **nie jest** związany z procesami wysokenergetycznymi ?

Zdarzenie GW170817 obserwowane przez Laboratorium Kosmiczne Chandra.



Supernowa 2010ld



Oddziaływanie promieniowania kosmicznego z atmosferą ziemską.

Odpowiedzi na odwrocie





# Wszechświat w mojej kieszeni Nr. 9

Książeczka ta została napisana przez Mimoszę Hafizi z Uniwersytetu Tirańskiego (Albania) w 2018 i zrewidowana przez Stana Kurtz z Instytutu Radioastronomii UNAM w Morelii (Meksyk).

Okładka: Zderzenie gwiazd neutronowych - wizja artystyczna. [Prawa autorskie: NSF/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet]



Aby dowiedzieć się więcej o tej serii oraz o tematyce przedstawionej w tej książeczce, odwiedź stronę:

<http://www.tuimp.org>

Przełożyła Anna Wójtowicz  
TUIMP Creative Commons

