

Światło składa się z bezmasowych cząstek zwanych fotonami, które czasami zachowują się tak, jakby były falami. Interferencja i dyfrakcja ujawniają falowy aspekt światła, natomiast efekt fotoelektryczny i kamery CCD ujawniają jego cząstkowy aspekt. Mówiąc „światło”, myślimy o świetle widzialnym, które widzimy w tęczy, ale to tylko bardzo mała część widna światła.

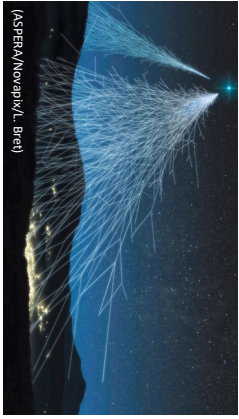
Światło charakteryzuje się częstotliwością drgań, ν , lub długością fali, λ , powiązanymi zależnością $\nu \times \lambda = c$ (gdzie c to prędkość światła). Długości fal tęczy znajdują się między 0,4 a 0,8 μm . Poniżej czerwieni (0,8 μm) znajduje się podczerwień, która rozciąga się do około 300 μm , a następnie fale radiowe do fal kilometrów i dłuższych. Powyżej fioletu (0,4 μm) znajduje się ultrafiolet, a następnie promienie rentgenowskie i promienie gamma.

Zdjęcie H.E.S.S. II, detektora deszczów światła widzialnego wykorzystywany do badań promieni kosmicznych.



(Wikipedia)

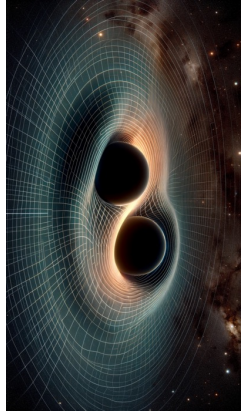
Artystyczna wizja zderzenia promienia kosmicznego z atmosferą Ziemi, wywołującego świetlną kaskadę cząstek.



(ASPERA/Novapix, Brei)

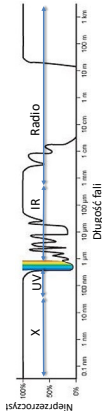
Promienie kosmiczne

Promienie kosmiczne to niaładowane cząstki materii (protony, elektrony, jądra helu), które poruszają się z prędkościami bliskimi prędkości światła, a zatem mają ogromną energię kinetyczną. Ich źródło jest słabo zrozumiane. Mogą pochodzić z supernowych lub z łączenia się czarnych dziur. Wykrywa się je dzięki słabemu światłu emitowanemu przy ich oddziaływaniu z atmosferą Ziemi, kiedy tworzą kaskady cząstek świetlnych. W bardzo ciemnych miejscach światło to rejestrują teleskopy przeznaczane do obserwacji takich zjawisk, m.in. H.E.S.S. w Namibii oraz obserwatorium Auger w Argentynie, które łączy teleskopy i detektory cząstek. Umożliwia to badanie niezwykle rzadkich promieni kosmicznych — średnio tylko jeden taki przypadek przepadła na kilometr kwadratowy Ziemi w ciągu stulecia.



Artystyczna wizja połączenia dwóch czarnych dziur wraz z wizualizacją deformacji czasoprzestrzeni wokół nich. Deformacja ta, ogromna w pobliżu czarnych dziur, ma bardzo małą amplitudę w momencie dotarcia do Ziemi i może być wykryta jedynie przez niezwykle czułe instrumenty, takie jak LIGO i VIRGO.

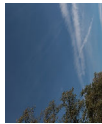
(Obraz: Gianluca Inguglia, wygenerowany przez DALL-E; filmy OpenAI)



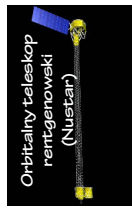
Przezroczystość nieba w funkcji długości fali. Niebo jest głównie przezroczyste w zakresie długości fal światła widzialnego, od 0,4 do 0,8 μm (1 $\mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$), oraz w falach radiowych od 1 cm do 20 m. Promienie gamma nie są tutaj przedstawione, znajdują się poniżej 0,01 mm (1 mm = 0,000001 m).



Aspekt kulistej natury światła: fale światła rozpraszają się, absorbuja ziarna światła, które wywołują elektrony.

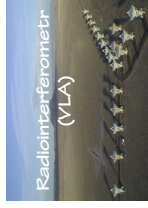


Aspekt falowej natury światła: fale światła rozpraszają się, absorbuja ziarna światła, które wywołują elektrony.



Quiz

Który z tych teleskopów nie wykrywa fotonów?



Odpowiedź na odwrocie

Wszehświat w mojej kieszeni



Kosmiczni posłańcy



Laurent Pagani
CNRS & Observatoire de Paris

Fale grawitacyjne

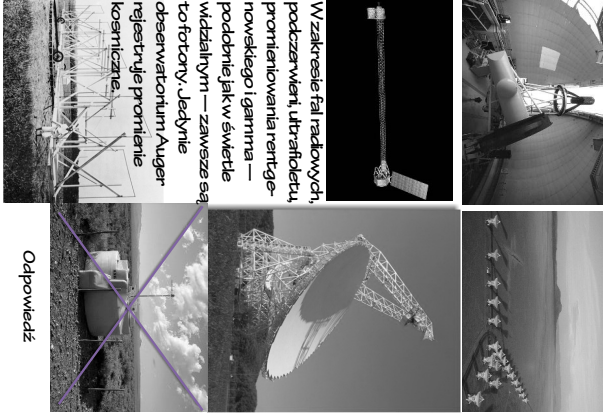
Rok 2015 był rokiem pierwszej detekcji fal grawitacyjnych (zob. tuimp 18). Przewidziane sto lat wcześniej przez A. Einsteina, mają one tak małą intensywność, że fizyk był przekonany, iż nigdy nie uda się ich wykryć.

Aby fale te mogły zostać zarejestrowane przez współczesne instrumenty, konieczne są niezwykle energetyczne zjawiska, takie jak połączenie dwóch czarnych dziur. Dopiero bardzo charakterystyczny kształt sygnału pozwala wyłobyc go z szumu (wynikającego m.in. z resztkowych drgań luster detektora, powodujących przesunięcia znaczące większe niż te wywołane przejściem fali). Liczne połączenia czarnych dziur i gwiazd neutronowych zarejestrowane od 2015 roku ujawniają Wszehświat, który do tej pory pozostawał niewidoczny.



Aby dowiedzieć się więcej o tej kolekcji i tematach przedstawionych w tej książeczce odwiedź <http://www.tlumip.org>

Odpowiedź



2



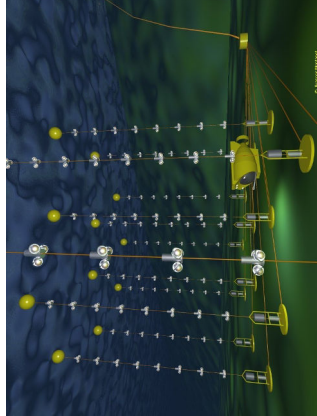
Wielki Teleskop Obserwatorium Parysko-Meudonńskiego (wzwołany z eksploatacji)



3

Trudno jest opuścić Ziemię, aby badać Wszechświat. Poza kilkoma sondami kosmicznymi do badania Układu Słonecznego, musimy zadowolić się obserwacją sygnałów, które wysyła nam niebo. Znamy 5 rodzajów kosmicznych posłańców:

- 1) Światło, które jest znacznie bogatsze niż to, co postrzegają nasze oko.
- 2) Neutrino: cząstki o bardzo małej masie, które prawie nie oddziałują z materią.
- 3) Promienie kosmiczne: zjonizowane cząstki materii o bardzo wysokiej energii, ujawniające się przy wejściu w ziemską atmosferę.
- 4) Meteoryty (zob. tłumip 1.1): największe z nich przetwarzają przejście przez atmosferę i docierają do powierzchni Ziemi, gdzie są zbierane.
- 5) Fale grawitacyjne (zob. tłumip 1.8): przewidziane przez Einsteina i wykryte w 2015 roku.



Teleskop neutronowy ANTARES: tysiące kamer zanurzonych na głębokości do 2500 m w Morzu Śródziemnym monitorują występowanie scyntylacji (małych błysków światła) spowodowanych oddziaływaniem neutron z wodą.
Źródło: François Montanet

6

Meteoryty

Meteoryty mogą pochodzić z różnych źródeł (zob. tłumip 1.1): z pyłu pozostawionego przez komety, z kolizji asteroid w pasie między Marsem a Jowiszem, a także ze skał wyrzucanych z powierzchni Marsa lub Księżyca w wyniku uderzeń asteroid. W tym ostatnim przypadku meteoryty dostarczają bezpośrednich informacji o składzie Księżyca, Marsa oraz samych asteroid, które zachowują ślady warunków panujących w mgławicy słonecznej podczas formowania się planet, około 4,5 miliarda lat temu. Najmniejsze meteoryty spalają się całkowicie w atmosferze, tworząc zjawisko „spadających gwiazd”, natomiast największe gwiazd, przelot przez atmosferę i docierają do powierzchni Ziemi. Można je odnaleźć i przeanalizować ich skład chemiczny.

11



Fragment meteorytu Murchison i pojedyncze izolowane cząstki (w probówce).
Poniżej: krater Meteor w Arizonie. Największe meteoryty tworzą w Ziemi krater podobne do tego. Większość kraterów zniknęła na Ziemi. Natomiast Księżyć, który nie ma aktywnej erozji, zachował ich bardzo wiele (zob. tłumip 2.7).

10

Neutrino

Neutrino to cząstki wytwarzane przez niektóre reakcje jądrowe. Istnieją trzy „smaki” neutron, powiązane z trzema rodzajami leptonów, z których najbardziej znanym jest elektron, a następnie bardziej masywny muon i tau. Podczas ruchu neutrino oscylują między tymi trzema smakami, co oznacza, że mają masę. Ale jest ona tak mała, że jeszcze nie udało nam się jej zmierzyć.

Słońce, ze względu na niezwykle dużą liczbę reakcji jądrowych w swoim jądrze, emituje dużą liczbę neutron. Większość z nich przechodzi przez Ziemię, niemal nie oddziałując z materią. Niektórym eksperymentom udaje się wychwycić kilka neutron spośród miliardów, które zasypują Ziemię w każdej chwili. Ponieważ neutrino prawie nie oddziałują z materią, trudno je badać i są nadal słabo poznane, ale pozwalają nam one badać wnętrza Słońca i supernowe.

7