

Wszechświat w mojej kieszeni



Kosmiczni goście



Laurent Pagani
CNRS & Observatoire de
Paris



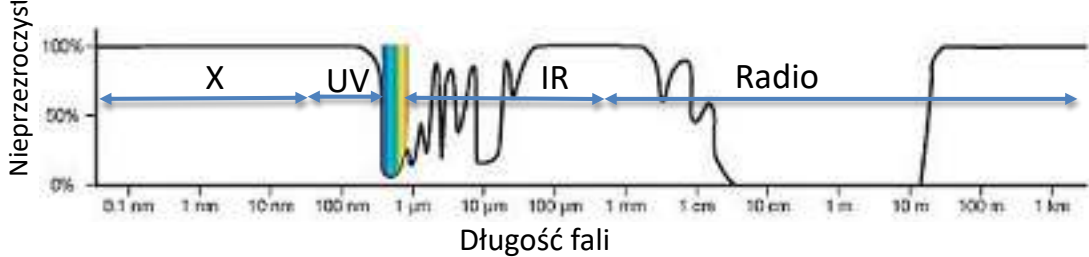
Wielki Teleskop Obserwatorium Parysko-Meudońskiego (wycofany z eksploatacji)



VIRGO (©The virgo collaboration)
Detektor fal grawitacyjnych

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 postrzega 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. tuimp 1 1): największe z nich przetrwają przejście przez atmosferę i docierają do powierzchni Ziemi, gdzie są zbierane.
- 5) Fale grawitacyjne (zob. tuimp 1 8): przewidziane przez Einsteina i wykryte w 2015 roku.



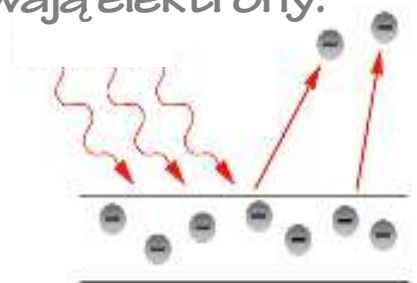
Przezroczystość nieba w funkcji długości fali. Niebo jest głównie przezroczyste w zakresie długości fal światła widzialnego, od 0,4 do 0,8 μm ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$), oraz w falach radiowych od 1 cm do 20 m. Promienie gamma nie są tutaj przedstawione, znajdują się poniżej 0,01 nm ($1 \text{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



Aspekt falowej natury światła: niebieski kolor nieba wynika z rozpraszania światła słonecznego przez cząstki w atmosferze (zob. tuimp 24).



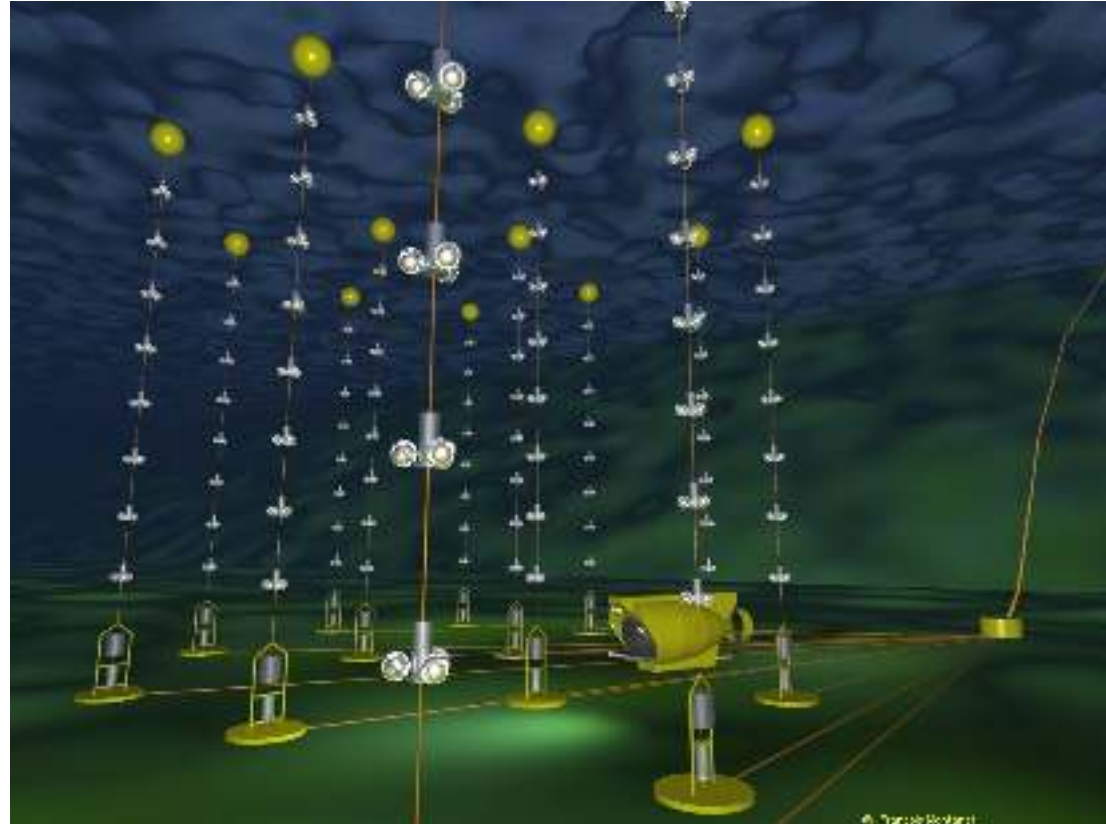
Aspekt korpuskularnej natury światła: panele fotowoltaiczne absorbują ziarna światła, które wyrzucają elektrony.



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 widma 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 $0,8 \mu\text{m}$. Poniżej czerwieni ($0,8 \mu\text{m}$) znajduje się podczerwień, która rozciąga się do około $300 \mu\text{m}$, a następnie fale radiowe do fal kilometrowych i dłuższych. Powyżej fioletu ($0,4 \mu\text{m}$) znajduje się ultrafiolet, a następnie promienie rentgenowskie i promienie gamma.



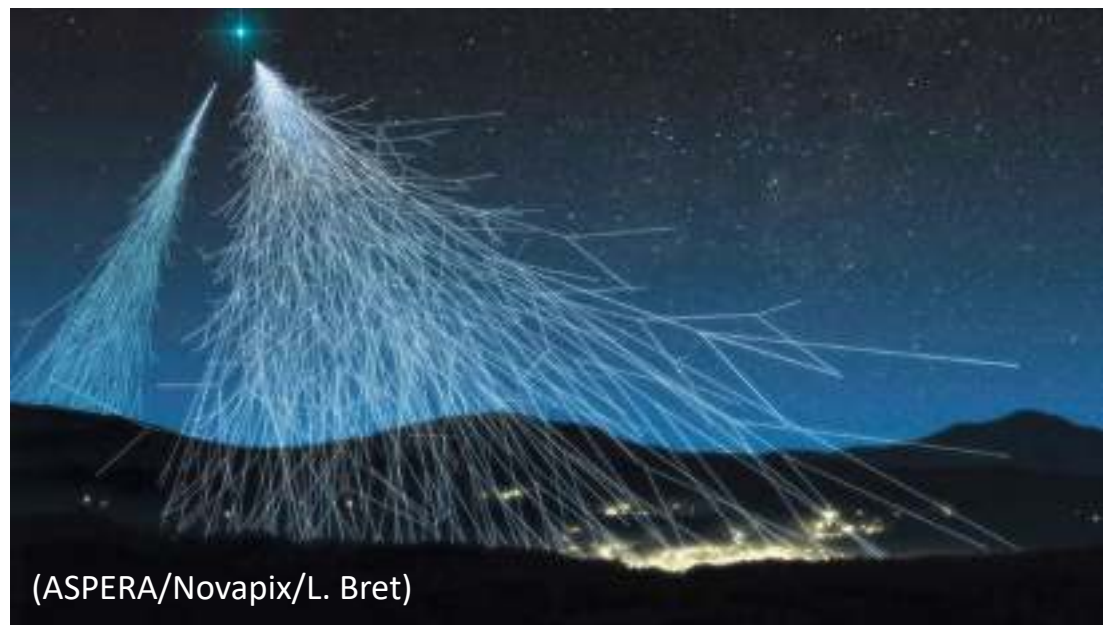
Teleskop neutrinowy ANTARES: tysiące kamer zanurzonych na głębokości do 2500 m w Morzu Śródziemnym monitorują występowanie scyntytacji (małych błysków światła) spowodowanych oddziaływaniem neutrin z wodą.

Źródło: François Montanet

Neutrino

Neutrino to cząstki wytwarzane przez niektóre reakcje jądrowe. Istnieją trzy „smaki” neutrin, powiązane z trzema rodzinami leptonów, z których najbardziej znanym jest elektron, a następnie bardziej masywny mion 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 neutrin. Większość z nich przechodzi przez Ziemię, niemal nie oddziałując z materią. Niektórym eksperymentom udaje się wychwycić kilka neutrin 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 wnętrze Słońca i supernowe.



(ASPERA/Novapix/L. Bret)

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



(Wikipedia)

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

Promienie kosmiczne

Promienie kosmiczne to naładowane 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 przeznaczone 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 najbardziej energetycznych, a zarazem niezwykle rzadkich promieni kosmicznych — średnio tylko jeden taki przypadek przypada na kilometr kwadratowy Ziemi w ciągu stulecia.



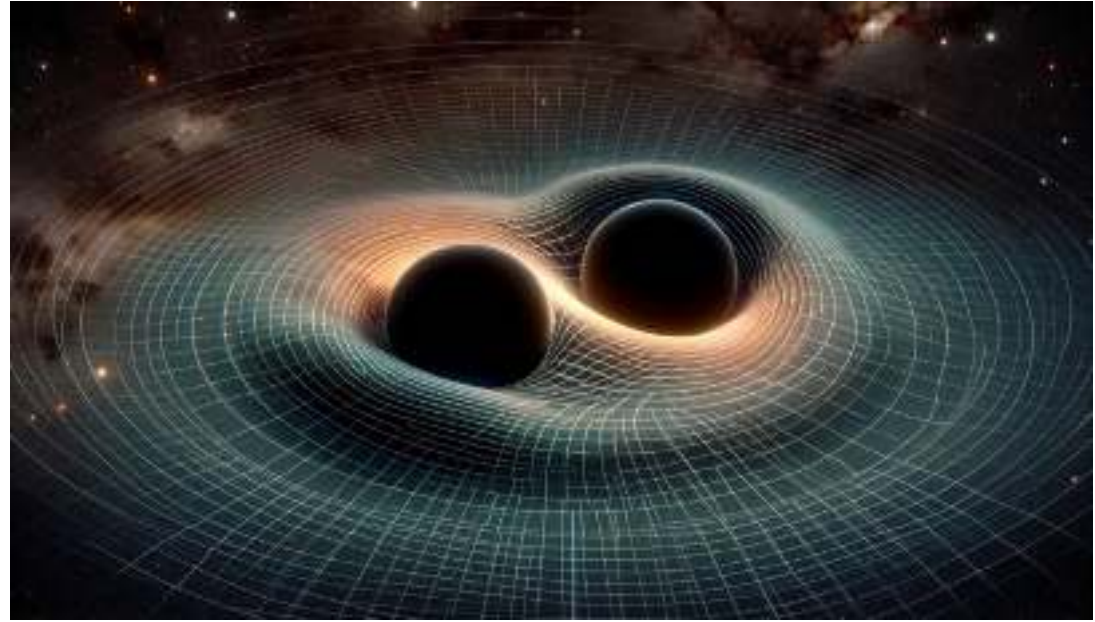
Fragment
meteorytu
Murchison i
pojedyncze
izolowane cząstki
(w probówce).

Poniżej: krater Meteor w Arizonie.
Największe meteoryty tworzą w Ziemi
kratery podobne do tego. Większość
kraterek zniknęła na Ziemi. Natomiast
Księżyc, który nie ma aktywnej erozji,
zachował ich bardzo wiele (zob. tuimp 27).



Meteoryty

Meteoryty mogą pochodzić z różnych źródeł (zob. tuimp 1 1): z pyłu pozostawionego przez komety, z kolizji asteroid w pasie między Marsem a Jowiszem, a także ze skał wyrzuconych 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 przetrwają przelot przez atmosferę i docierają do powierzchni Ziemi. Można je odnaleźć i przeanalizować ich skład chemiczny.



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.

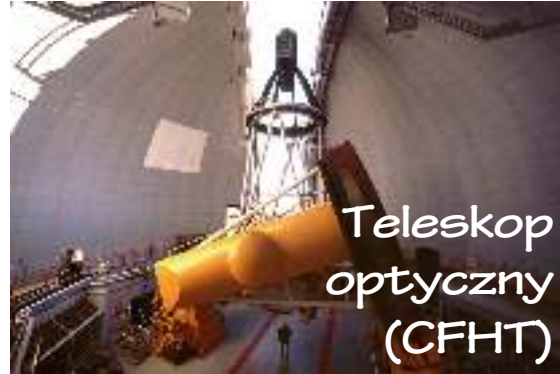
(Obraz: Gianluca Inguglia, wygenerowany przez DALL·E firmy OpenAI)

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 wydobyć go z szumu (wynikającego m.in. z resztkowych drgań luster detektora, powodujących przemieszczenia znacznie większe niż te wywołane przejściem fali). Liczne połączenia czarnych dziur i gwiazd neutronowych zarejestrowane od 2015 roku ujawniają Wszechświat, który do tej pory pozostawał niewidoczny.



Teleskop
optyczny
(CFHT)



Radiointerferometr
(VLA)



Orbitalny teleskop
rentgenowski
(Nustar)



Radioteleskop
(GBT)

Quiz
Który z tych
teleskopów nie
wykrywa
fotonów?



Pierwszy radioteleskop
(Jansky)



Detektor
promieniowania
kosmicznego (Auger)

Odpowiedź na odwrocie



W zakresie fal radiowych, podczerwieni, ultrafioletu, promieniowania rentgenowskiego i gamma — podobnie jak w świetle widzialnym — zawsze są to fotony. Jedynie obserwatorium Auger rejestruje promienie kosmiczne.



Odpowiedź

Wszechświat w mojej kieszeni nr 43

Ta książeczka została napisana w 2025 roku przez Laurenta Pagani z Obserwatorium Paryskiego i CNRS i zrecenzowana przez Grażynę Stasińską (z Obserwatorium Paryskiego) i Stana Kurtza (z IRYA, Meksyk).

Zdjęcie na okładce: Rój meteorów znany jako Perseidy. Orbita Ziemi regularnie przecina strumień szczątków pozostawionych przez komety. Liczne drobiny pyłu wchodzą do atmosfery w grupach, zapalają się i wydają się pochodzić z tego samego kierunku. Rój obserwowany w sierpniu wydaje się pochodzić z gwiazdozbioru Perseusza. (Fot: CGTN).



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

Tłumaczenie: Grażyna Stasińska
TUIMP Creative Commons

