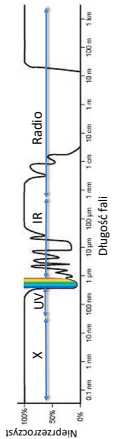
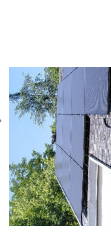


Światło składa się z beznasowy czas-
tek zwanych fotonami, które czasami
zachowują się tak, jakby były falami.
Interferencja i dyfrakcja ujawniają falowy
aspekt światła, natomiast efekt
fotoelektryczny i kamery CCD ujawniają
jego cząstkowy aspekt. Mówiąc
„światło”, myślimy o świetle widzialnym,
które widzimy w tęczy, ale to tylko
bardzo mała część widna światła.
Światło charakteryzuje się częstotli-
wością drgań, ν , lub długością fali, λ ,
powiązanymi zależnością $\nu \lambda = c$ (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.

Światło



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



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

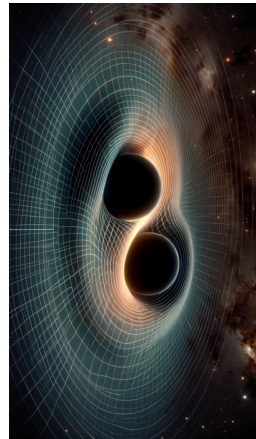


Aspekt falowej
natury światła:
niebieski kolor
nieba wynika z
rozpraszania
światła
słonecznego
przez cząstki w
atmosferze (zob.
tłum. 24).

Fale grawitacyjne

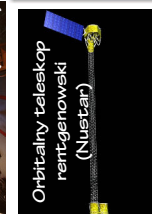
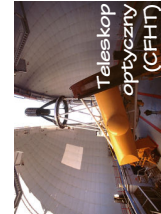
Rok 2015 był rokiem pierwszej detekcji
fal grawitacyjnych (zob. tłum. 18).
Przewidziane sto lat wcześniej przez A.
Einsteina, mają one tak małą intensy-
wność, że fizyk był przekonany, iż nigdy
nie uda się ich wykryć.

Aby fale te mogły zostać zarejestro-
wane przez współczesne instrumenty,
konieczne są niezwykle energetyczne
zjawiska, takie jak połączenie dwóch
czarnych dziur. Dopiero bardzo charak-
terystyczny kształt sygnału pozwala
wydobyć go z szumu (wynikającego m.in.
z resztkowych drgań luster detektora,
powodujących przesieszczenia znacz-
nie 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.



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
niezwykłe czułe instrumenty, takie jak
LIGO i VIRGO.
(Obraz: Gianluca Inguglia, wygenerowany
przez DALL-E firmy OpenAI)

Promienie kosmiczne
Promienie kosmiczne to natładowane
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 i zazwyczaj
niezwykłych rzadkich promieni kosmicznych —
średnio tylko jeden taki przypadek
przypada na kilometr-kwadratowy Ziemi w
ciągu stulecia.



Quiz

Który z tych
teleskopów nie
wykrywa
fotonów?



Odpowiedz na odwołanie



Laurent Pagani
CNRS & Observatoire de
Paris

Wszechświat w mojej kieszeni



Kosmiczni goście



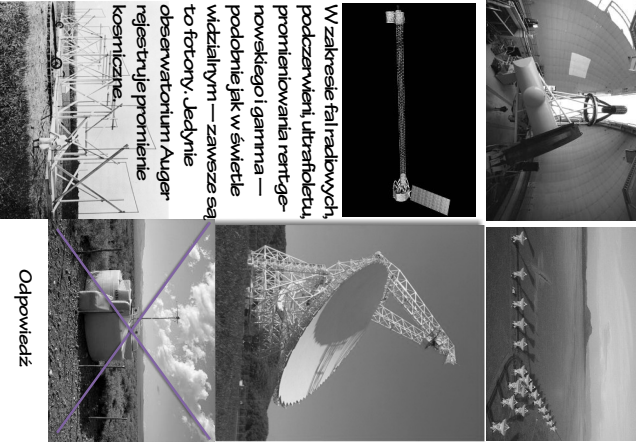
Zdjęcie H.E.S.S. II, detektora deszczów
światła widzialnego wykorzystywanego do
badań promieni kosmicznych.



Aby dowiedzieć się więcej o tej kolekcji tematycznych przedmiotów w tej książeczce odwiedź <http://www.tuimp.org>

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 pośłańców:

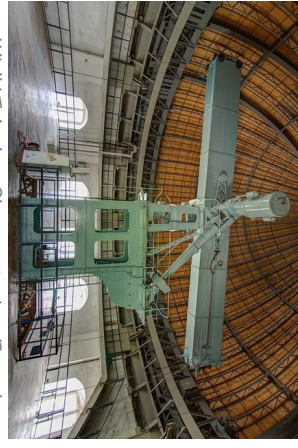
- 1) Światło, które jest znacznie bogatsze niż to, co postępuje nasze oko.
- 2) Neutrino: cząstki o bardzo małej masie, które prawie nie oddziałują z materią.
- 3) Promienie kosmiczne: zjonizowane cząstki materii o bardzo wysokiej energii, ujawniające się przy wejściu w ziemską atmosferę.
- 4) Meteoryty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



Odpowiedz

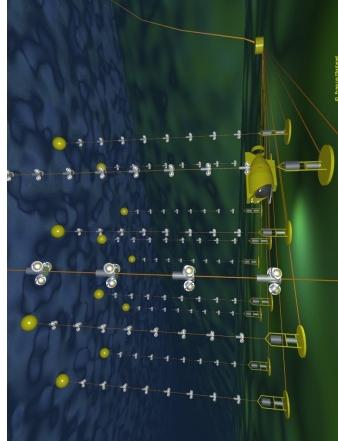


Wielki Teleskop Obserwatorium Parysko-Meudonńskiego (wycofany z eksploatacji)



Meteoryty

Meteoryty mogą pochodzić z różnych źródeł (zob. tuimp 1 1): z pyłu pozostawionego przez komety, z komet 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 przetwarzają przelot przez atmosferę i docierają do powierzchni Ziemi. Można je odnaleźć i przeanalizować ich skład chemiczny.



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



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

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. tuimp 2 7).



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 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.

Stońce, 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.