

Załóżmy, że jakieś bardzo bliskie zdarzenie wytworzyło intensywne fale grawitacyjne, czy możemy zostać ranni?

Nie, chociaż gdyby to był rozbłysk gamma, moglibyśmy nie zauważyć, że fale grawitacyjne nie wyrządzają nam żadnej szkody, ponieważ zostalibyśmy upieczeni przez promienie gamma z rozbłysku w tej samej chwili, w której dotarłyby do nas fale grawitacyjne.

OK, ale czy w takim razie może to mieć wpływ na Ziemię/Słońce/ Układ Słoneczny?

Można z całą pewnością stwierdzić, że nie ma to negatywnych ani też pozytywnych skutków.

{10} GW150914 było jednym z dotychczas zaobserwowanych silniejszych zdarzeń związanych z falami grawitacyjnymi (tab. 6.1) i zdołało zmienić długość jednego z 4-kilometrowych ramion AdvLIGO o zaledwie 0,25% średnicy protonu, tj. około 4×10^{-18} m. Odległość {10} GW150914 wynosiła około 430 megaparseków, a amplituda sygnału fali grawitacyjnej jest odwrotnie proporcjonalna do odległości od jej źródła. Gdyby więc {10} GW150914 wystąpiło w odległości Proximy Cen (1,3 parseka), fala grawitacyjna zmieniłaby długość 4-kilometrowego ramienia AdvLIGO o ~ 1 nm. To jest szerokość około 100 atomów wodoru. Prawdopodobnie przepaliłyby się wszystkie bezpieczniki AdvLIGO, ale nie miałyby to innych efektów makroskopowych.

W temperaturze pokojowej atomy, nawet w materiałach stałych, poruszają się 10 bilionów razy na sekundę o maksymalnie około 0,1 nm. W gazach atomy pomiędzy zderzeniami poruszają się swobodnie z prędkością 100 metrów na sekundę, te zderzenia zaś występują w przypadku gazów atmosferycznych co około 100 nm. Zazwyczaj więc każdy atom w gazie po jednej sekundzie przesunie się o około ~ 10 mm (10^7 nm) od punktu początkowego. Tak więc ruchy atomów spowodowane falami grawitacyjnymi będą trywialne w porównaniu z normalnymi termicznymi ruchami atomów, których doświadczamy przez cały czas.

Inny powód braku efektów makroskopowych w przypadku fal grawitacyjnych to ich długość. Przy 100 Hz odległość od jednego maksimum fali grawitacyjnej do następnego wyniesie 3 tys. km. Zakładając zatem, że mamy 2 m wzrostu i fala grawitacyjna wędruje pionowo w górę lub w dół naszego ciała, wtedy całe nasze ciało oraz całe otoczenie w zasięgu kilkudziesięciu kilometrów w danym momencie będzie doświadczać prawie dokładnie takiego samego przemieszczenia.

Gdyby częstotliwość fal grawitacyjnych wynosiła np. 1 GHz (obecnie nie znamy źródła fal o takiej wysokiej częstotliwości) wtedy niektóre części naszego ciała mogłyby się unosić, a inne spadać i potencjalnie takie naprężenia pływowe mogły spowodować uszkodzenia, ale przy różnicy ruchów wynoszącej zaledwie 1 nm niczego nie poczujemy.

Większe obiekty mogłyby być bardziej podatne na uszkodzenia pływowe powodowane przez fale grawitacyjne. Przechodząca przez Ziemię fala o częstotliwości 100 Hz spowodo-

wałaby, że jednocześnie na planetę oddziaływałyby cztery lub pięć fal. Dla fali o amplitudzie 10^{-21} różnice w przemieszczeniu materii pomiędzy szczytami i dolinami tych fal wyniosłyby od około $\pm 10^{-14}$ do około $\pm 10^{-15}$ m. Dla porównania, trzęsienie ziemi o sile zero w skali Richtera, występujące w odległości 100 km od nas, spowodowałoby, że grunt, na którym stoimy, poruszałby się o 10^{-6} m, a zatem Ziemia prawdopodobnie przetrwałaby bez większych trudności zdarzenie słabsze o jakieś 100 milionów razy niż takie trzęsienie ziemi. Podobnie Słońce przejdzie bez szwanku przez efekty bardzo bliskiej fuzji czarnych dziur i wynikające z tego fale grawitacyjne.

Możliwe jedynie, że w całym Układzie Słonecznym orbity niektórych obiektów mogłyby się bardzo nieznacznie zmienić i kilka wieków po zdarzeniu fali grawitacyjnej będziemy mogli zauważyć, że obiekty te znajdują się kilka metrów od miejsca, w którym myśleliśmy, że powinny być.

Źródła fali grawitacyjnej: pierwsza Nagroda Nobla

Żadna liczba przeprowadzonych eksperymentów nigdy nie udowodni, że mam rację. Pojedynczy eksperyment może dowieść, że się myliłem. (Powiedzenie szeroko przypisywane Albertowi Einsteinowi, ale jego autorstwo nie jest potwierdzone. Prawdopodobnie sparafrazowane z notatki wyrażającej podobne przemyślenia, którą napisał w 1922 w księdze pamiątkowej dla fizyka Heike Kamerlingh Onnesa).

10 grudnia 1993 w trakcie bankietu w Sztokholmie Russell Hulse i Joseph Taylor otrzymują Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za odkrycie fal grawitacyjnych. Po przystawce z marynowanego łososia na ikrze łososiowej zaserwowano polędwicę z renifera i kurki, a uwieńczeniem kolacji był sorbet z poziomek. Temu wszystkiemu towarzyszyło Moët & Chandon, St Emilion i Sauternes Baron Rothschild, po którym podano digestif. Obaj właśnie otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w 1993 roku. W swoim przemówieniu na bankiecie Joseph Taylor powiedział:

(...) Russell Hulse i ja nie wyruszyliśmy w 1973 roku po to, aby zacząć wykrywać fale grawitacyjne ani nawet by przeprowadzać eksperymenty nad fundamentalną naturą grawitacji. Zamiast tego postanowiliśmy stworzyć mapę globu niebieskiego z nowym typem gwiazdy (...). [Joseph Taylor. Stockholm, 1993. Joseph H. Taylor Jr.–Banquet speech. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2019. Thu. 10 Jan 2019. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1993/taylor/speech/>].

Ale w rozdziale 3 dowiedzieliśmy się, że 10 grudnia 2017 roku Rainer Weiss, Barry Barish i Kip Torne w trakcie bankietu w Sztokholmie otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za odkrycie fal grawitacyjnych. Czy król Karol XVI Gustaw w tym drugim przypadku przyniósł ze sobą niewłaściwe notatki z przemówieniem?