

od Regulusa. Gdzieś w obrębie tych dwóch obszarów istnieje 90% szansa na znalezienie źródła fal grawitacyjnych. Jednak ten obszar poszukiwań nadal wynosi około 600 stopni kwadratowych, czyli około 3 tys. księżyców w pełni, i wciąż jest to zbyt duży obszar nieba, aby z dużą nadzieją na sukces polować na źródło {10} GW150914 przy użyciu światła, fal radiowych, promieni gamma itd. W chwili pisania tego tekstu położenie na niebie źródła {10} GW150914 pozostaje zatem nieznanne. Niemniej jednak na podstawie zarejestrowanych fal grawitacyjnych sporo wiemy o ich źródle.

Kształt sygnału fali grawitacyjnej (rys. 1.2) nazywa się „ćwierkiem”, to znaczy, że jego częstotliwość i amplituda wzrasta w czasie trwania sygnału – gdybyśmy mogli usłyszeć falę, brzmiałaby ona jak bardzo krótkie ćwierknięcie ptaka. W rzeczywistości możemy posłuchać fali grawitacyjnej przekształconej w dźwięk i spowolnionej (szybkie poszukiwanie w Internecie hasła „dźwięk {10} GW150914” spowoduje wyświetlenie kilku witryn). Sygnał typu ćwierk jest charakterystyczny dla łączenia się dwóch obiektów w ciasnym układzie podwójnym, gdy bowiem obiekty zbliżają się do siebie, skraca się ich okres orbitalny, a zatem wzrasta częstotliwość powstałej fali grawitacyjnej (rozdział 5).

Dla {10} GW150914 źródłem fal były dwie masywne czarne dziury tworzące układ podwójny (dalsze omówienie czarnych dziur i ich spinów, innych własności oraz tego, czy w ogóle istnieją, znajduje się w rozdziałach 1 i 5, ramce ☆☆ 4.3 i dodatku ☆☆ B.3), które zderzyły się i połączyły tworząc pojedynczą, jeszcze masywniejszą czarną dziurę. Wiemy, że źródło musiało być podwójne, ponieważ sygnał miał postać ćwierku. Szczegóły ćwierku zawierają znacznie więcej informacji niż tylko to. Nawet jeśli nie można było określić położenia źródła na niebie i nie można go powiązać z ewentualną emisją promieniowania elektromagnetycznego, promieniowania kosmicznego czy neutrin pochodzących z tego połączenia, nadal możemy określić jego odległość, masę początkową i końcową czarnej dziury oraz ilość materii, która została przekształcona w promieniowanie grawitacyjne.

Ramka ☆☆ 4.3. Nigdzie we Wszechświecie nie ma czarnych dziur

Ponieważ czarne dziury wspomniane są wiele razy w tej książce, szeroko w innych miejscach literatury naukowej i często w popularnych gazetach i telewizji, zaskoczyć może fakt, że prawdopodobnie nie istnieją one nigdzie w widzialnym Wszechświecie. Jak zobaczymy za chwilę, pod pewnymi względami jest to zbyt drobiazgowe stwierdzenie, ale ma jedną wielką zaletę, przynajmniej dla fizyków. Zaletą jest to, że jeśli czarne dziury nie istnieją, to nie istnieją też osobliwości (rozdział 3), które według ogólnej teorii względności będą znajdować się w ich centrum, a fizycy czują się bardzo nieswojo z osobliwościami.

Nieistnienie rzeczywistych czarnych dziur wynika ze spowolnienia zegarów w polach grawitacyjnych, które omawialiśmy wcześniej (rozdział 3, w części zatytułowanej „Testy doświadczalne ogólnej teorii względności”). Tam widzieliśmy, że obserwator na szczycie Everestu uważałaby, że zegar na poziomie morza odmierza czas wolniej niż jego własny, ponieważ grawitacja Ziemi jest nieco silniejsza na poziomie morza niż na szczycie Everestu.

Aby zobaczyć, jak to obala istnienie prawdziwych czarnych dziur, wyobraźmy sobie najpierw siebie w odległym zakątku przestrzeni międzygalaktycznej, gdzie siła lokalnej grawitacji będzie możliwie bliska zeru. Wyobraźmy sobie również, że mamy ze sobą dwa zegary i teleskop, a w bezpiecznej odległości znajduje się czarna dziura. Następnie pozwólmy, aby jeden z zegarów zaczął spadać w kierunku czarnej dziury i śledźmy upływający na nim czas, obserwując go przez nasz teleskop. Gdy zegar będzie spadał, zacznie się przemieszczać w rejony o silniejszej grawitacji, ponieważ będzie zbliżał się do czarnej dziury. Porównując czas na nim z czasem zegara, który mamy przy sobie, czas na spadającym zegarze będzie upływał coraz wolniej, im bardziej będzie się on zbliżał do czarnej dziury. Gdy zegar dotrze do powierzchni czarnej dziury, tj. jej promienia Schwarzschilda (rozdział 1), całkowicie się zatrzyma. To znaczy, na powierzchni czarnej dziury czas przestanie upływać.

Prędkość spadającego zegara jest mierzona w metrach na sekundę, przy upływie zero sekund przebyty zostanie zerowy dystans. Innymi słowy, my, jako odlegli obserwatorzy zewnątrz, zobaczymy, że w naszych ramach czasowych spadający zegar zatrzyma się na zawsze, gdy dotrze do powierzchni czarnej dziury.

Ale zegar to jedynie trochę materii, być może bardziej skomplikowanej niż inne jej fragmenty, ale wciąż to tylko trochę materii. Każdy inny jej fragment wpadający do czarnej dziury będzie zatem zachowywać się tak samo jak zegar – zatrzyma się na powierzchni czarnej dziury – i dotyczy to całej materii, która tworzy samą czarną dziurę.

Tak więc cała materia, o której myśleliśmy, że znajduje się wewnątrz czarnej dziury, w rzeczywistości wciąż jest nieruchoma na jej zewnętrznej krawędzi, a więc czarna dziura nigdy tak naprawdę nie powstaje.

To ostatnie stwierdzenie nie oznacza, że wszystkie teoretyczne i obserwacyjne badania czarnych dziur z ostatnich lat są błędne – ponieważ obiekt o promieniu prawie czarnej dziury, którego masa prawie przekracza promień Schwarzschilda, będzie miał prawie identyczne właściwości jak „prawdziwa” czarna dziura i dla większości celów może tak być traktowany.

Żałujemy teraz, że na początku powyższego eksperymentu myślowego poślizgnęliśmy się i to my zamiast zegara spadliśmy w kierunku czarnej dziury. Dla innego zewnętrznego obserwatora nadal nastąpi ta sama sekwencja zdarzeń i będzie widział nas lub nasze bardzo niekształcone szczątki, zatrzymane w odległości promienia Schwarzschilda.

A jak doświadczenie my odbierzemy podczas naszego spadania? Gdybyśmy mogli zachować świadomość podczas wpadania do czarnej dziury, wówczas odkrylibyśmy, że spadamy w jej kierunku z coraz większą prędkością i wydaje się, że przechodzimy gładko przez promień Schwarzschilda, osiągając wtedy prędkość światła w odniesieniu do czarnej dziury.

Innymi słowy, mamy dwóch obserwatorów, którzy dysponują zupełnie różnymi relacjami z tego, co się wydarzyło. A więc ogólna teoria względności nie musi być zła, prawda?

To jeszcze nie całkiem jest koniec, ponieważ nasza dotychczasowa relacja z naszego doświadczenia jest niekompletna. Gdybyśmy podczas spadania spojrzeli z powrotem na resztę Wszechświata, a nie w kierunku czarnej dziury, zobaczylibyśmy, że w pozostałej części Wszechświata czas upływa coraz szybciej. W momencie wchodzenia do czarnej dziury, w ostatniej marniejszej chwili przed jej przekroczeniem zobaczylibyśmy, jak reszta istnienia Wszechświata przemija przed naszymi oczami. Zewnętrzny obserwator i reszta Wszechświata nie istniełby zatem, gdybyśmy weszli do wnętrza czarnej dziury. Nie ma zatem żadnej sprzeczności między relacjami obserwatorów, ponieważ zewnętrznego obserwatora nie było w pobliżu, gdy wchodziliśmy do czarnej dziury, a więc ogólna teoria względności żyje i nie poddaje się.