

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ GW150914 и SUPERNOVA SN1987A

Никитин А.П.

Россия, г. Набережные Челны,
Московский проспект, д.98, тел. 8-919-620-53-81,
E-mail: anikitinaaa@mail.ru

Abstract

В этой статье рассмотрены два грандиозных космологических события: взрыв голубого сверхгиганта - звезды Sanduleak-69° 202 с образованием сверхновой SN1987A, которое осталось необъяснённым, в сравнении с не менее грандиозным событием слияния чёрных дыр GW150914, от которого коллаборацией LIGO зарегистрированы гравитационные волны. С точки зрения энергетической теории - энергодинамики, разрабатываемой автором, в физическом плане эти два события ничем принципиально не отличаются: во всех случаях движения материи должны излучаться гравитационные волны в составе всего спектра излучений. Прогнозируется, наряду с гравитационным, нейтринное и фотонное излучение от слияния чёрных дыр GW150914. По аналогии с SN1987A, в случае со слиянием чёрных дыр GW150914 после гравитационного сигнала через $10720s \pm 4000s$ ($\sim 3^h 00^m 00^s \pm 1^h 06^m 40^s$) должен прийти на Землю первый нейтринный сигнал (не исключается и вариант, что первый нейтринный сигнал пришёл раньше гравитационного), через $112,9 \cdot 10^6 s$ ($\sim 3,6$ лет) после гравитационного сигнала — второй нейтринный сигнал, а через $66,031 \cdot 10^6 s$ ($\sim 2,0924$ лет) после которого должна наблюдаться фотонная вспышка.

Нейтринные сигналы могут быть зарегистрированы на IceCube Neutrino Observatory и на других нейтринных обсерваториях.

Ключевые слова и фразы: гравитационные волны, слияние чёрных дыр GW150914, сверхновая SN1987A, энерго-гравитационный потенциал, нейтрино.

Content

1. Введение.
2. Supernova SN1987A.
3. Слияние чёрных дыр GW150914.
4. Заключение.
5. Список литературы.

«Нас может интересовать только одно: познание взаимной зависимости элементов»
Эрнст Мах

«Никаким количеством экспериментов доказать теорию нельзя, но достаточно одного, чтобы её опровергнуть»
Альберт Эйнштейн

1. Introduction

В связи с регистрацией гравитационных волн от слияния двух чёрных дыр коллаборацией LIGO on Sept. 14th, 2015 at 09:50:45 UTC (объявлено 11 февраля 2016 года), обозначенной как событие GW150914 [1], возникают новые вопросы. В этом кратком исследовании попытаемся обозначить их и наметить пути объяснения и решения.

Форма GW сигнала события GW150914, пришедшего с южного полушария неба, совпала с предсказаниями общей теории относительности (GRT) для слияния двух чёрных дыр массами 36 и 29 солнечных на расстоянии $D_{GW} = 410$ Мpc. Масса возникшей чёрной дыры оценивается в 62 солнечных; значит, при слиянии двух чёрных дыр за $\sim 0,2$ s превратилось в излучение три массы Солнца $3M_{\odot}$ (4,62% от суммы масс двух чёрных дыр). Этот гравитационный дефект масс примерно за 20 миллисекунд ($20 \text{ ms} = 0,02 \text{ s}$) полностью перешел в энергию излучения, в том числе гравитационных волн. Изначально две черные дыры находились чрезвычайно близко друг от друга – на расстоянии 350 км (при том что радиус Шварцшильда для них порядка 210 км). Расчеты показали, что пиковая гравитационно-волновая мощность достигала $N = 3,6 \cdot 10^{56} \text{ erg/s} = 3,6 \cdot 10^{49} \text{ J/s}$, или, в пересчете на массу, примерно 200 солнечных масс в секунду. Временная задержка между двумя детекторами в Hanford, WA and Livingston, LA (расстояние между ними 3002 km) составила примерно 7 ms. На Земле это событие наблюдалось с «гравитационно-волновой» амплитудой $1 \cdot 10^{-21}$ и частотой от 35 до 350 Hz [1]. Через 0,4 s после того, как через Землю прошли gravitational wave (GW), космическим телескопом «Fermi» зафиксированы вспышки гамма-излучения также в южном полушарии неба.

С точки зрения энергетической теории - энергодинамики, разрабатываемой автором, любое относительное движение материи происходит при изменении массы с переходом в излучение, то есть любое событие, происходящее в природе, должно излучать весь спектр излучений: гравитационное, нейтринное и электромагнитное, то есть движение материи «происходит» во всём диапазоне взаимодействий, регистрация которых есть только вопрос их экспериментального обнаружения. Происходят, конечно, и обратные процессы — процессы образования, конденсации, поглощения барионной материи, которые мы рассматриваем в других статьях. Случай со слиянием чёрных дыр GW150914, от которого зарегистрированы гравитационные волны, в физическом плане принципиально ничем не отличается, например, от взрыва сверхновой SN1987A: во всех подобных случаях движения материи должны излучаться гравитационные волны в составе всего спектра излучений, и, возможно, в результате гравитационного коллапса предсверхновой SN1987A также образовалась чёрная дыра или нейтронная звезда меньшей массы, которые пока не обнаружены.

2. Сверхновая SN1987A.

Рассмотрим грандиозное событие взрыва голубого сверхгиганта - звезды Sanduleak -69° 202, которое произошло на расстоянии ~ 168 thousand light years ($\sim 51,5$ кpc) с образованием сверхновой SN1987A, затем сравним его с не менее грандиозным событием слияния двух чёрных дыр GW150914, обращая внимание только на интегральные характеристики указанных событий.

В событии SN1987A, описанном в статьях [5] [6] [8] [13], если отвлечься от физического объяснения самого гравитационного коллапса, поражает целый спектр зарегистрированных на Земле сигналов, разнесённых по времени на несколько часов, которые, на наш взгляд, необходимо однозначно рассматривать как принадлежащие одному событию. Регистрация двухстадийного нейтринного сигнала, несоответствующего теории стандартного коллапса сверхновой звезды, толкает к разработке теорий двухстадийного коллапса [7], но, на наш взгляд, не обращается внимание на регистрацию в $2^h 25^m 35,45^s$ UT гравитационного сигнала антенной «GEOGRAV» в Римской группе [3], пусть небольшого и неопределённого, но в 6 раз превышающего средний шум, и, что удивительно, на $1,34s \pm 0,5s$ опередившего первый нейтринный сигнал на Монбланской нейтринной обсерватории LSD (Liquid Scintillation Detector) в туннеле под горой Mont Blanc, зарегистрированного с большой точностью в $2^h 52^m 36,79^s$ UT [2, 3] (сообщения E. Amaldi и M. Aglietta). Перед первым нейтринным сигналом и после второго наблюдались аномальные гравитационные сигналы [4]. Чувствительность гравитационной антенны в Риме принималась равной $h = 10^{-18}$ [7, p.1130]. Известно, что связать пока зарегистрированные гравитационный сигнал в Риме и нейтринный сигнал LSD от SN1987A не удастся, потому что это приводит в расчётах к энергии в сотни раз (в 2400 раз) превышающую энергию гравитационного излучения при стандартном коллапсе звёзд, но это не может нас остановить в попытках объяснить фактически происшедшее нестандартным способом. Точность привязки к абсолютному времени UT в этом эксперименте LSD оценивается ± 2 ms [2]. J. Weber (University of Maryland, USA) также сообщил о регистрации повышенного уровня гравитационного сигнала, совпадающего по времени с первой нейтринной вспышкой SN1987A, на гравитационной антенне с чувствительностью $\Delta l/l \sim 10^{-16}$ в полосе $\Delta f \sim 10$ Hz. []
Имеется также сообщение о влиянии SN1987A на увеличение скорости альфа-распада плутония-239 на 1%, совпадающее по времени с гравитационным и первым нейтринным сигналом [11].

Второй нейтринный сигнал зарегистрирован в LSD в $7^h 36^m 01^s$ UT через 17004 s после первого в $2^h 52^m 36,79^s$ UT.

Ко времени $9^h 21^m 36^s$ [Feb. 23,39 UT] A. Jones (New Zealand) ещё не заметил какого-либо нового объекта на звёздном небе с помощью своего поискового телескопа [8, p.563].

Первый оптический сигнал от SN1987A был зарегистрирован на фотопластинках камерами слежения за спутниками в Австралии:

в $10^{\text{h}} 23^{\text{m}} 31^{\text{s}}$ [23.433UT] (через $7^{\text{h}} 30^{\text{m}} 54^{\text{s}} = 27054 \text{ s}$ после первого нейтринного сигнала в LSD и через $2^{\text{h}} 47^{\text{m}} 30^{\text{s}} = 10050 \text{ s}$ после второй нейтринной вспышки в LSD) Supernova SN1987A достигает звёздной величины $V=6,0$, а

в $10^{\text{h}} 40^{\text{m}} 48^{\text{s}}$ [23.445UT] (через $3^{\text{h}} 04^{\text{m}} 47^{\text{s}} = 11087 \text{ s}$ после «второй» нейтринной вспышки в LSD) Supernova SN1987A достигает звёздной величины $V=6,2 - G$. Gerrard и McNaught R.H. обнаружили SN1987A на фотоплёнках. [9], [6, p.726].

Учитывая взрывной характер роста светимости SN1987A (звёздной величины с 12.0 до 6.0), можно с большой точностью установить, что фотоны начали «прилетать» на Землю за несколько минут до первой регистрации SN1987A на первой фотографии в $10^{\text{h}} 23^{\text{m}} 31^{\text{s}}$ [23.433UT].

В принятой нами парадигме, рассмотрим событие взрыва звезды Sanduleak-69° 202, как гравитационный коллапс, когда по Гамову Г.А. (George Gamow) часть барионной материи звезды в результате колоссального сжатия превратилась в гравитационное, нейтринное и фотонное излучения, которые одновременно оторвались от поверхности звезды, но прилетели на Землю с необъяснённой пока разницей между наблюдаемыми гравитационным сигналом, нейтринными вспышками и последующей оптической фотонной вспышкой.

J. Franson of University of Maryland в журнале New Journal of Physics опубликовал статью [10], в которой, ссылаясь на наблюдения за сверхновой звездой SN1987A, полагает, что фотоны могут замедляться на пути к Земле, и таким образом отстать от нейтрино, в связи с эффектом вакуумной поляризации; но J. Franson никак не объясняет регистрацию гравитационного сигнала и двух нейтринных сигналов.

В настоящей статье мы обращаем внимание на следующее решение этой проблемы, когда скорость любого излучения в соответствии с теорией относительности (GRT) является функцией от энерго-гравитационного потенциала Вселенной, что показано А. Einstein ещё в 1912 году:

«Если мы обозначим через c_0 скорость света в начале координат, то скорость света c в некотором месте с гравитационным потенциалом Φ будет равна

$$c = c_0(1 + \Phi/c^2) \quad [12, \text{p.172}].$$

«...я придерживаюсь мнения, что принцип постоянства скорости света можно сохранить до тех пор, пока мы ограничиваемся пространственно-временными областями с постоянным гравитационным потенциалом. По-моему, здесь лежит граница применимости не принципа относительности, а принципа постоянства скорости света и тем самым нашей теперешней теории относительности» [12, p.219].

В статье 1917 г. «О специальной и общей теории относительности» А. Einstein писал, что *«закон постоянства скорости света в пустоте, представляющий собой одну из основных предпосылок СТО, не может претендовать на неограниченную применимость...; ее результаты применимы лишь до тех пор, пока можно не учитывать влияние гравитационного поля на физические явления (например, световые)» [12, p.568].*

В нашем нелокальном мире, в котором нет ничего абсолютного, происходит несколько всеобъемлющих космических процессов, один из которых – образование барионной материи, результатом которого в космическом масштабе является изменение гравитационного потенциала Вселенной во времени, равного в настоящий момент $\varphi_t = c_t^2$. Соответственно, вместе с гравитационным потенциалом согласно GRT должно изменяться и значение скорости света, равное $c_t = (\varphi_t)^{1/2} \neq const$. Фундаментальный космический фактор изменения во времени всех процессов во Вселенной согласно современных наблюдений равен Hubble constant $H_0 = 2,3655 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$.

В соответствии с теорией относительности рассмотрим события взрыва сверхновой звезды SN1987A и регистрации гравитационной, нейтринной и фотонной вспышек от неё на Земле (Earth) в покоящейся системе отсчёта, принимая за начало координат пространства-

времени Supernova SN1987A с направлением оси x на Землю (Earth) ($t=0, x=0, y=0, z=0, \Delta\varphi$). В этом случае, принимая начало *одновременного* гравитационного, нейтринного и фотонного излучения за начало отсчёта времени, в синхронизации часов на SN1987A и на Земле нет необходимости, потому что единственное, что фактически мы можем измерить на Земле — это разницу во времени между «прилётом» на Землю гравитационного, нейтринного и фотонного сигналов, которую, естественно, будем измерять по земным часам; тогда событие регистрации фотонов на Земле будет иметь координаты ($t=T, x=R, y=0, z=0$).

Известно, что в настоящее время gravitational potential наблюдаемой барионной материи Вселенной составляет

$$\Delta\varphi_c = c^2.$$

Гравитационный потенциал Вселенной в момент взрыва сверхновой SN1987A обозначим через $\Delta\varphi_T$, который 168 тыс. лет назад, в галактике Большое Магелланово Облако (Large Magellanic Cloud) (LMC) составлял

$$\Delta\varphi_T = \Delta\varphi_c - \Delta\varphi_c T H_0 = c^2 (1 - T H_0)$$

где $T=168$ thousand years $= 5,3017 \cdot 10^{12}$ s – время, прошедшее по часам на Земле с момента взрыва SN1987A, $R_{SN}=51,5$ кpc – расстояние до SN1987A, $H_0=2,3655 \cdot 10^{-18}$ s⁻¹ – Hubble constant.

Энерго-гравитационный потенциал «тёмной материи» составляет

$$\varphi_{dm} = 4\pi/3 \cdot c^2 = 4,18879 \cdot c^2.$$

(с учётом данных миссии WMAP и космической обсерватории Planck по соотношению барионной и «тёмной материи» во Вселенной)

Энерго-гравитационный потенциал «тёмной энергии» составляет

$$\Delta\varphi_{de} = \frac{16\pi^2 c^2}{15} = 10,527578 \cdot c^2.$$

Космический фактор изменения в 1 s гравитационного потенциала барионной материи:

$$\gamma_{bm} = \Delta\varphi/\varphi = H_0 = 2,3655 \cdot 10^{-18},$$

где $\Delta\varphi$ - изменение энергopotенциала в 1s секунду, $\varphi=c^2$

Космический фактор изменения в 1s энерго-гравитационного потенциала «тёмной материи», определяющего нейтринное излучение, в $4\pi/3$ раза больше и равен:

$$\gamma_{dm} = \Delta\varphi_{dm}/\varphi_{dm} = 4\pi/3 \cdot H_0 = 9,908583 \cdot 10^{-18},$$

Космический фактор изменения в 1s энерго-гравитационного потенциала «тёмной энергии», определяющего гравитационное излучение, в $16\pi^2/15$ раза больше и равен:

$$\gamma_{de} = \Delta\varphi_{de}/\varphi_{de} = 16\pi^2/15 \cdot H_0 = 24,9029858 \cdot 10^{-18},$$

Разница во времени для фотонов Δt_f , нейтрино Δt_n и гравитационных волн Δt_G , прилетевших на Землю, в зависимости от изменяющихся во времени энерго-гравитационных характеристик Вселенной, составит:

$$\begin{aligned} \Delta t_f &= T \cdot (\gamma_{bm})^{1/2} = T (H_0)^{1/2} = 8154 \text{ s}, & (\text{при } (H_0)^{1/2} = 1,538 \cdot 10^{-9}) \\ \Delta t_n &= T \cdot (\gamma_{dm})^{1/2} = T (4\pi/3 \cdot H_0)^{1/2} = 16669 \text{ s}, \\ \Delta t_{de} &= T \cdot (\gamma_{de})^{1/2} = T (16\pi^2/15 \cdot H_0)^{1/2} = 26457 \text{ s}, \\ \Delta t_G &= T \cdot (\gamma_{dm} + \gamma_{de})^{1/2} = T [(4\pi/3 + 16\pi^2/15) \cdot H_0]^{1/2} = 31281 \text{ s}. \end{aligned}$$

Учтём по пути гравитонов, фотонов и нейтрино дополнительные к энерго-гравитационному потенциалу Вселенной энерго-гравитационные потенциалы нашей Галактики Млечный Путь (Milky Way galaxy), LMC galaxy (БМО) и галактики Small Magellanic Cloud (SMC) (ММО), а потенциалы, создаваемые Солнцем, Землёй и Луной не будем учитывать как незначительные второго и третьего порядков.

Энерго-гравитационный потенциал на орбите Солнца (Земли) в нашей Galaxy равен

$$V^2=(2,2 \cdot 10^5)^2=4,84 \cdot 10^{10} \text{ m}^2\text{s}^{-2}=\Delta\varphi_G,$$

где $V=220 \text{ km/s}$ — скорость Земли в составе Солнечной системы вокруг центра галактики

Максимальный гравитационный потенциал барионной материи LMC galaxy равен

$$\Delta\varphi_{LMC}=GM_{LMC}/R_{LMC}=2,883 \cdot 10^{10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}.$$

Из фотографий, снятых К. Мэдсоном 23 февраля на Южной Европейской обсерватории в Лас-Силла (Чили) между моментами времени Feb. 23,04 UT и Feb. 23,05 UT за несколько часов до взрыва SN1987A и 25 февраля в Feb. 25,04 UT, видно, что SN1987A выпихнула на отдалении от центра LMC galaxy около очага активного звездообразования - туманности Tarantula Nebula NGC2070 [8, p. 561-562]. Поэтому с большой вероятностью можно принять, что гравитационный потенциал в месте взрыва SN1987A $\sim 50\% \sim 0,5\Delta\varphi_{LMC} + 10\% = 0,1\Delta\varphi_{LMC} = 0,6\Delta\varphi_{LMC}$ от Малого Магелланова Облака (SMC galaxy) и туманности Tarantula Nebula :

$$\Delta\varphi_{LMC}=2,883 \cdot 10^{10} \cdot 0,6= 1,73 \cdot 10^{10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2},$$

тогда разница между энерго-гравитационными потенциалами галактик равна

$$\Delta\varphi_G - \Delta\varphi_{LMC}=4,84 \cdot 10^{10} - 1,73 \cdot 10^{10}=3,11 \cdot 10^{10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

Hubble factor для изменения разницы энерго-гравитационных потенциалов между нашей Galaxy и LMC (с учётом SMC galaxy и Tarantula Nebula) равен

$$\gamma_{bG}=(\Delta\varphi_G - \Delta\varphi_{LMC})/c^2 T=3,11 \cdot 10^{10}/8,987552 \cdot 10^{16} \cdot 5,3017 \cdot 10^{12}= 0,06527 \cdot 10^{-18}$$

$$(\gamma_{bG})^{1/2}= (0,06527 \cdot 10^{-18} \cdot 10^{-18})^{1/2}= 0,2555 \cdot 10^{-9} \cdot 1$$

$$(\text{при } \Delta\varphi = 1 \cdot c^2)$$

$$(\gamma_{dG})^{1/2}= 0,2555 \cdot 10^{-9} \cdot 2,0466= 0,5229 \cdot 10^{-9} - \text{больше в } (4\pi/3)^{1/2}=2,0466 \text{ раза,}$$

$$(\text{при } \Delta\varphi = 4\pi/3 \cdot c^2)$$

$$(\gamma_{eG})^{1/2}= 0,2555 \cdot 10^{-9} \cdot 3,2446= 0,8290 \cdot 10^{-9}, - \text{больше в } (16\pi^2/15)^{1/2}=3,244623 \text{ раза,}$$

$$(\text{при } \Delta\varphi = 16\pi^2/15 \cdot c^2)$$

$$(\gamma_{eGG})^{1/2}=0,2555 \cdot 10^{-9} \cdot 3,8362=0,9802 \cdot 10^{-9}, - \text{больше в } (4\pi/3+16\pi^2/15)^{1/2}=3,83619 \text{ раза, (при } \Delta\varphi=(4\pi/3 + 16\pi^2/15) c^2)$$

$$\Delta t_{fG}=T \cdot (\gamma_{bG})^{1/2}=5,3017 \cdot 10^{12} \cdot 0,2555 \cdot 10^{-9}=1355 \text{ s}$$

$$\Delta t_{nG}=T \cdot (\gamma_{dG})^{1/2}=5,3017 \cdot 10^{12} \cdot 0,5229 \cdot 10^{-9}=2772 \text{ s}$$

$$\Delta t_{eG}=T \cdot (\gamma_{eG})^{1/2}=5,3017 \cdot 10^{12} \cdot 0,8290 \cdot 10^{-9}=4395 \text{ s,}$$

$$\Delta t_{eGG}=T \cdot (\gamma_{eGG})^{1/2}=5,3017 \cdot 10^{12} \cdot 0,9802 \cdot 10^{-9}=5197 \text{ s}$$

Теоретическая расчётная разница во времени между прилётом на Землю гравитационных волн и вторым нейтринным сигналом от Supernova 1987A, в предположении изменения скоростей гравитационных волн и нейтрино как функции энергетических потенциалов «тёмной энергии» и «тёмной материи» во Вселенной, составит

$$\Delta t_{Gn2}=(\Delta t_G + \Delta t_{eGG}) - (\Delta t_n + \Delta t_{nG}) = (31281 \text{ s} + 5197 \text{ s}) - (16669 \text{ s} + 2772 \text{ s}) = 17037 \text{ s} = \mathbf{4^h 43^m 57^s}$$

(факт по LSD $4^h 43^m 23^s = 17003 \text{ s}$) расхождение 0,2%

Теоретическая расчётная разница во времени между вторым нейтринным сигналом и прилётом на Землю фотонов от Supernova 1987A, в предположении изменения скоростей нейтрино и фотонов как функции энерго-гравитационных потенциалов «тёмной материи» и барионной материи во времени, составит

$$\Delta t_{n2f} = (\Delta t_n + \Delta t_{nG}) - (\Delta t_f + \Delta t_{fG}) = (16669 \text{ s} + 2772 \text{ s}) - (8154 \text{ s} + 1355 \text{ s}) = 9932 \text{ s} = \mathbf{2^h 45^m 32^s}.$$

(факт по времени первой фотографии $2^h 47^m 30^s = 10050 \text{ s}$) Точность очень высокая — разница всего $\approx 2^m$ (1,2%), и это при приблизительной оценке энерго-гравитационного потенциала в месте взрыва сверхновой в $\approx 50\% = 0,5$ от $\Delta\varphi_{LMC} + 10\% = 0,1\Delta\varphi_{LMC}$ от SMC galaxy и туманности Tarantula Nebula, что с большой точностью подтверждает GRT. С большой вероятностью можно также предположить, что фотоны от SN1987A прилетели за две минуты до первой регистрации на первой фотографии, т.е. в $10^h 21^m 30^s$ (37290 s) [23.4316 UT]

3. Слияние чёрных дыр GW150914.

А теперь вернёмся к событию GW150914 в сравнении с SN1987A:

Таблица 1. Сравнительные энергетические характеристики SN1987A и GW150914 (LIGO)

№ п/п		Supernova SN1987A	Слияние двух чёрных дыр GW150914 (LIGO)	Примечания
1	Расстояние - время	$168,0 \cdot 10^3$ light-years = 51,5 kpc $T_{SN}=5,3017 \cdot 10^{12}$ s $R_{SN}=15,89 \cdot 10^{20}$ m	1.3 billion light-years = 410Mpc $T_{GW}=41,02 \cdot 10^{15}$ s $R_{GW}=12,65 \cdot 10^{24}$ m	GW150914 \approx в 8000 раз дальше SN1987A
2	Массы и энергия $E=Mc^2$	$\approx 18M_{\odot}$ Энергия $E=3,24 \cdot 10^{48}$ J масса ядра 30% = $5,4M_{\odot}$, Энергия ядра $E \approx 1,0 \cdot 10^{48}$ J	$36M_{\odot}$ и $29M_{\odot}$	
3	Масса в излучение	$4,6\%=0,828M_{\odot}=1,66 \cdot 10^{30}$ kg $30\%M_{SN}$ ядро $5,4M_{\odot}=10,8 \cdot 10^{30}$ kg	$3M_{\odot}=6 \cdot 10^{30}$ kg (4,6% барионной материи)	
4	Энергия излучения	$\approx 30 \cdot 10^{46}$ J (30% от энергии ядра) $\approx 10^{46}$ J = 0,3% (энергия 10^{58} нейтрино?) $\approx 14,9 \cdot 10^{46}$ J (4,6% от полной энергии)	$3M_{\odot}c^2 = 54 \cdot 10^{46}$ J	В 1,8 раза
5	Продолжительность коллапса	?	0,2 s	
6	Мощность излучения		$3,6 \cdot 10^{49}$ J/s пиковая гравитационно-волновая	
7	Амплитуда гравитационного сигнала h (Чувствительность гравитационной антенны в Риме принималась равной $h=10^{-18}$)	1) $2,125 \cdot 10^{-18}$ (4,6% M), 2) $1,355 \cdot 10^{-17}$ (30% M) по интерполяции от $\Delta\varphi$	$1 \cdot 10^{-21}$	SN1987A \approx в 10^3 — 10^4 раз больше, чем GW150914
8	Частота гравитационного сигнала		35 - 250 Hz.	
9	Изменение энерго-гравитационного потенциала на Земле $\Delta\varphi=GM/R$ 1) 4,6% M , 2) 30% M	1) $6,97 \cdot 10^{-2}$ $m^2 s^{-2}$, 2) $4,54 \cdot 10^{-1}$ $m^2 s^{-2}$,	$3,256 \cdot 10^{-5}$ $m^2 s^{-2}$	
10	Изменение напряженности-ускорения $\Delta a = GM/R^2$	1) $4,385 \cdot 10^{-23}$ $m s^{-2}$ 2) $2,86 \cdot 10^{-22}$ $m s^{-2}$	$2,647 \cdot 10^{-30}$ $m s^{-2}$	

где $G=6,67384 \cdot 10^{-11}$ - гравитационная постоянная, $c=2,99792458 \cdot 10^8$ m/s – скорость света, $M_{\odot}=2 \cdot 10^{30}$ kg – масса Солнца

«Испарение» барионной материи при слиянии чёрных дыр в $3M_{\odot}=M=6 \cdot 10^{30}$ kg изменило относительный энерго-гравитационный потенциал на Земле на величину

$$\Delta\varphi=GM/R=3,256 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

и изменение ускорения-напряжённости на Земле составит

$$\Delta a = GM/R^2 = 2,647 \cdot 10^{-30} \text{ m s}^{-2}$$

(Интересно, насколько изменит энерго-гравитационный потенциал на Земле «исчезновение» Луны, что и «происходит» фактически в энерго-гравитационном смысле при движении Луны вокруг Земли и относительно Солнца с частотой 1 раз в месяц ($3,91943 \cdot 10^{-7}$ Hz):

$$\Delta\varphi_M = GM_M/R_M = 1,2757 \cdot 10^4 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2},$$

и ускорение

$$\Delta a_M = GM_M/R_M^2 = 3,3187 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

где $M_M=7,3477 \cdot 10^{22}$ kg - масса Луны, $R_M=3,844 \cdot 10^8$ м - расстояние до Луны.

А ведь это и происходит во время обращения Луны вокруг Земли!? Почему же эти изменения энерго-гравитационного потенциала не регистрируют детекторы гравитационных волн? Единственное объяснение: длительность (периодичность) этого процесса, которая в случае с Луной составляет один месяц ($2,549 \cdot 10^6$ s), а в случае со слиянием чёрных дыр — время «выброса» энергии в результате коллапса $\approx 0,05 - 0,2$ s.

Гравитационные волны, излучаемые системой Sun - Earth - Moon, ввиду изменения энерго-гравитационного потенциала на Земле на величину $\Delta\varphi_M = v^2 = GM_{\odot}/R_E$ и других взаимосвязанных параметров, например ускорения свободного падения $g = GM_E/r^2$, должны изменять вес предметов на Земле, что можно измерить на высокоточных электронных весах. Колебания значений ускорения свободного падения Δg и соответственно

веса предметов на Земле $\Delta P = m\Delta g$ должны составлять $\approx 0,5\%$ в месяц, а периодичность таких изменений должна составлять месяц и год)

Разница во времени для фотонов Δt_f , нейтрино Δt_n и гравитационных волн Δt_G , прилетевших на Землю от GW150914 за время T , в зависимости от изменяющихся во времени энерго-гравитационных характеристик Вселенной, составит:

$$\begin{aligned}\Delta t_f &= T \cdot (H_0)^{1/2} = 63,09 \cdot 10^6 \text{ s} \\ \Delta t_n &= T \cdot (4\pi/3 \cdot H_0)^{1/2} = 129,12 \cdot 10^6 \text{ s} \\ \Delta t_{de} &= T \cdot (16\pi^2/15 \cdot H_0)^{1/2} = 204,70 \cdot 10^6 \text{ s} \\ \Delta t_G &= T \cdot ((4\pi/3 + 16\pi^2/15) \cdot H_0)^{1/2} = 242,02 \cdot 10^6 \text{ s}\end{aligned}$$

Влияние энерго-гравитационных потенциалов нашей Milky Way galaxy и других галактик будет незначительным и учитывать их не будем. Тогда разница по времени между гравитационным сигналом и первым нейтринным сигналом составит

$$\Delta t_{Gn1} = (1,34 \pm 0,5s) \cdot R_{GW} / R_{SN} = (1,34 \pm 0,5s) \cdot 8000 = 10720 \text{ s} \pm 4000 \text{ s} \approx 3^h 00^m 00^s \pm 1^h 06^m 40^s,$$

между гравитационным сигналом и вторым нейтринным сигналом составит

$$\Delta t_{Gn2} = \Delta t_{n2} - \Delta t_G = T \cdot ((4\pi/3 + 16\pi^2/15) \cdot H_0)^{1/2} - T \cdot (4\pi/3 \cdot H_0)^{1/2} = T \cdot (H_0)^{1/2} \cdot ((4\pi/3 + 16\pi^2/15)^{1/2} - (4\pi/3)^{1/2}) = 112,9 \cdot 10^6 \text{ s} = 1306 \text{ суток} + 17^h + 7^m \approx 3,6 \text{ лет},$$

между вторым нейтринным сигналом и фотонным сигналом

$$\Delta t_{n2f} = \Delta t_f - \Delta t_{n2} = T \cdot (H_0)^{1/2} \cdot ((4\pi/3)^{1/2} - 1) = 66,031 \cdot 10^6 \text{ s} \approx 2,092 \text{ лет}$$

Долго ждать, к сожалению. Правда, Эйнштейн ждал сто лет.

4. Conclusion

Согласно энергетической теории, по аналогии с Supernova 1987A, в случае со слиянием чёрных дыр GW150914 после гравитационного сигнала через $10720 \text{ s} \pm 4000 \text{ s}$ ($\sim 3^h 00^m 00^s \pm 1^h 06^m 40^s$) должен прийти на Землю первый нейтринный сигнал (не исключается и вариант, что первый нейтринный сигнал пришёл раньше гравитационного), через $112,9 \cdot 10^6 \text{ s}$ ($\approx 3,6$ лет) после гравитационного сигнала — второй нейтринный сигнал, а через $66,031 \cdot 10^6 \text{ s}$ ($\approx 2,0924$ лет) после второго нейтринного сигнала должна наблюдаться фотонная вспышка.

Нейтринные сигналы могут быть зарегистрированы на IceCube Neutrino Observatory и на других нейтринных обсерваториях.

Возможны и другие наблюдательные космологические эксперименты для подтверждения GRT: по времени около зарегистрированного гравитационного сигнала должны быть зарегистрированы и нейтринные сигналы, а через время $T(H_0)^{1/2} \cdot ((4\pi/3 + 16\pi^2/15)^{1/2} - (4\pi/3)^{1/2})$ seconds должен быть зарегистрирован второй, более мощный, нейтринный сигнал; после второй нейтринной вспышки через время $T(H_0)^{1/2} \cdot ((4\pi/3)^{1/2} - 1)$ seconds (+ учёт гравитационных потенциалов галактик) должна произойти оптическая фотонная вспышка.

5. References.

- [1] B. P. Abbott *et al.* Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration) *Phys. Rev. Lett.* **116**, (2016)
- [2] Amaldi E, Bonifazi P, Castellano M G, Coccia E, et al. *Europhys. Lett.*, **3** (12) pp 1325-1330 (1987)
- [3] Aglietta M et al. *Europhys. Lett.*, **3** (12) p 1321 (1987)
- [4] Pizzella G *Nuovo Cimento B* **102**, 471 (1989)
- [5] Дадыкин В Л, Зацепин Г Т, Рязская О Г. События, зарегистр. подземными детекторами 23 февраля 1987 года. *УФН*, **158**, в. 1 (1989)
- [6] Morrison D. R. O. Review of Supernova 1987A: Preprint CERN, 26 January, 1988.
Моррисон Д. Р. О. Сверхновая 1987А: Обзор. *УФН*, **156**, вып. 4, (1988)
- [7] Имшенник В С. Ротационный механизм взрыва коллапсирующих сверхновых и двухстадийный нейтринный сигнал от сверхновой 1987А в Большом Магеллановом Облаке. *УФН*, **180**, №11, (2010).
- [8] Имшенник В.С., Надёжин Д.К. Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом Облаке: наблюдения и теория. *УФН*, **156**, в. 4 (1988)
- [9] Gerrard G., McNaught R. H. // IAUC. No. 4316
- [10] J D Franson. Apparent correction to the speed of light in a gravitational potential. *New Journal of Physics* **16** (2014) 065008, doi: 10.1088/1367-2630/16/6/065008
- [11] Коломбет В А. ИТЭБ РАН Сообщение 03.12.2009
- [12] Эйнштейн А. СНТ, т 1 М.; Наука, 1965.
- [13] О.Г. Рязская. Нейтрино от гравитационных коллапсов звезд: современный статус эксперимента. *УФН*, **176**, №10, (2006)