

О волновой природе гравитации

Георгий П. Шпеньков
g.shpenkov@gmail.com

Аннотация. В данной работе представлен краткий обзор открытий в области гравитации, сделанных в рамках новой общей теории физики – Волновой Модели. Приведены аргументы, свидетельствующие в пользу открытия волновой природы механизма гравитационного взаимодействия. Указаны источник гравитационных волн, природа тонко-материального поля-пространства, в котором распространяются гравитационные волны, элементарные обменные заряды, которыми осуществляется волновое гравитационное взаимодействие тел.

Содержание

1. Введение
2. Открытия, связанные с волновой природой гравитации
3. Заключение

Ссылки

1. Введение

Явлению гравитации посвящено множество научных работ. В них рассматриваются различные гипотезы *механизма* явления гравитации. И к настоящему времени накопилось огромное количество информации на эту тему. Однако о раскрытии истинной *природы гравитации* на основании данных работ (включая работы по общей теории относительности – доминирующей *теории тяготения* современной физики) нельзя говорить, так как в них не представлено никаких достаточно убедительных доказательств, свидетельствующих о решении указанной выше проблемы а также других проблем, связанных с гравитацией.

Для проверки адекватности гипотетических теорий гравитации реальности нет необходимости проводить дополнительные эксперименты. Природа поставила достаточно таких экспериментов и есть данные.

Гравитационный эффект притяжения – это мега уровень взаимодействий во Вселенной. И проверять гипотетические теории природы гравитации (предлагаемых механизмов притяжения) на их адекватность реальности нужно, соответственно, на мега уровне. А именно, сопоставляя данные астрономических наблюдений (и прежде всего *необъяснимые* до сих пор) с данными, следующими из гипотетических теорий.

В этом плане предлагаю обратить внимание на аргументы в пользу *открытия волновой природы гравитации*, экспериментально *подтверждаемой* на мега уровне согласованностью полученных данных, следующих из волновых представлений автора о природе гравитации, с данными астрономических наблюдений практически во всех рассматриваемых случаях.

Новое достижение, совершённое в процессе научного познания природы, заключающееся в *установлении* неизвестных ранее, объективно существующих *закономерностей*, свойств и явлений материального мира квалифицируется в науке как

открытие. Раскрытие *неизвестной ранее* волновой природы гравитации отвечает приведенному выше *определению* понятия *открытие*.

Открытие *волновой природы гравитации* сделано в рамках новой общей теории физики – Волновой Модели (ВМ), уникальной теории. Уникальность ВМ заключается в том, что она является *единственной* в физике теорией, опирающейся на *аксиомы диалектической философии* и на её *логику* (а не на формальную логику, которой придерживаются в современной физике) и не использует постулаты (выдумки).

Приведём далее аргументы, свидетельствующие (по мнению автора) в пользу *адекватности* реальности открытия *волновой* природы гравитации и, как следствие, открытия *фундаментальной частоты волнового* гравитационного поля, на которой осуществляется волновое гравитационное взаимодействие частиц, а также *адекватности* реальности *других* сопутствующих *открытий*. Упомянутые аргументы представлялись ранее в некоторых видеороликах на канале в YouTube <https://shpenkov.com/yt> и публикациях автора на эту тему.

2. Открытия, связанные с волновой природой гравитации

1. *До настоящего времени удаленность планет от Солнца* (средние радиусы орбит) вычисляется по простой эмпирической формуле, предложенной ещё И. Д. Тициусом 250 лет назад, в 1766 г., и популяризированной далее И. Э. Боде в его работах 1772 г. Формула называется в их честь *Правилом Тициуса — Боде* (или *Законом Боде*). Это значит, что строгого теоретического обоснования существующей закономерности в расположении орбит планет и их спутников до сих пор не было найдено в физике.

Общая теория относительности (ОТО, общепринятая в настоящее время теория тяготения) а также ни одна из предлагаемых альтернативных теорий гравитации, не в состоянии вывести и предложить формулу расчета орбит, т. е. решить важнейшую проблему астрофизики. Более 250 лет прошло «а воз и ныне там».

Дело в том, что ОТО это не физическая, а *абстрактно-математическая* теория. В её основе лежит *постулат* о тяготении, как проявлении так называемого «*искривления*» пространства-времени. Математическая формулировка ОТО опирается на *постулируемые* уравнения Эйнштейна, связывающие между собой свойства материи, присутствующей в *искривлённом* пространстве-времени, с его *кривизной*.

К настоящему времени ОТО развита до такой степени, что способна как-то описать некоторые из наблюдаемых явлений, связанные с тяготением. Однако, как абстрактно-математическая, описывающая тяготение как проявление *геометрии* пространства-времени, не зная природу *источника* энергии *гравитации* и истинного механизма явления гравитации, не может решить проблему существующей закономерности в спектрах орбит *в принципе*. Поэтому физики-теоретики стараются не вспоминать об этой проблеме, не напоминают о ней, попросту замалчивают её существование.

И вот, наконец, в рамках теорий *Волновой Модели* упомянутая нами проблема спектра орбит была всё-таки решена, причём, логически безупречно естественным образом. См.: <https://www.youtube.com/watch?v=V2LeEmSaz1Q>.

Спектр равновесных гравитационных *волновых оболочек* частиц, а следовательно, спектр *равновесных орбит* планет звёздных систем и орбит спутников планет определяется, как оказалось, простой, *открытой* в Волновой Модели, формулой

$$r = \hat{\lambda}_g z_{m,n} \quad (1)$$

где λ_g – гравитационный волновой радиус частиц, соответствующий *фундаментальной частоте* гравитационного волнового поля ω_g , *открытой* в ВМ, $\lambda_g = \frac{c}{\omega_g}$;

$z_{m,n}$ – корни функций Бесселя (решения радиальной составляющей волнового уравнения $\Delta\hat{\Psi} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \hat{\Psi}}{\partial t^2} = 0$).

Спектры орбит, рассчитанные по формуле $r = \lambda_g z_{m,n}$ (1) и полученные экспериментально из астрономических наблюдений, представлены в таблицах на

<https://shpenkov.com/pdf/GravityNature.pdf>

Указанный PDF файл доступен в Интернете. Там же приведены другие данные, в том числе, об иных открытиях ВМ, приведшие в совокупности к открытию природы гравитации. См. также <http://shpenkov.com/pdf/DecCode.pdf>.

Корреляция между результатами расчета по формуле (1) и данными, полученными из астрономических наблюдений, как следует из анализа представленных в таблицах данных, вполне удовлетворительна.

Таким образом была разгадана тайна существующего порядка в расположении *орбит планет* на строго определенных средних расстояниях от Солнца и порядка в расположении *орбит спутников* этих планет. Планеты и их спутники движутся в тонко-материальном поле-пространстве эфира по орбитам, сформировавшимся в дискретных областях спектра (1) гравитационных *волновых сферических оболочек* частиц, из которых состоят Солнце и планеты солнечной системы.

Об этом открытии было доложено на нескольких международных конференциях, последний раз на конференции в Праге в 2019 году:

<https://shpenkov.com/pdf/GravityPrague2019.pdf>

2. В качестве очередного аргумента в пользу открытия волновой природы гравитации служит следующий факт, объясняемый с волновых позиции, связанный с частотой гравитационного волнового поля. Открытая в Волновой Модели *фундаментальная частота* волнового гравитационного поля

$$\omega_g = 9.158150 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} \quad (2)$$

определяет *радиальную временную волну-период*,

$$T_g = \frac{2\pi}{\omega_g} = 0.686075824 \times 10^4 \text{ s} \quad (3)$$

На орбите с одним узлом укладывается только одна *полуволна* фундаментального тона, поэтому *радиальному временному* волновому периоду T_g соответствует следующая по величине *азимутальная временная* волна фундаментального тона,

$$T_{azimuth} = 4\pi T_g = 8.621483073 \times 10^4 \text{ s} \quad (4)$$

Как видим, численное значение $T_{azimuth}$ практически *совпадает* со Звездными сутками,

$$23 \text{ hours } 56 \text{ min } 4 \text{ s} = 8.6164 \times 10^4 \text{ s} \quad (5)$$

Азимутальная *временная волна* повторяет структуру *пространственной волны* фундаментального тона на Боровской орбите атома водорода (основного элемента Вселенной),

$$\lambda = 4\pi r_0 \quad (6)$$

Приведенные соотношения показывают, что Земля находится в гармонической резонансной связи с фундаментальной частотой гравитационного волнового поля ω_g мега уровня Вселенной.

Подобно как электрон в атоме водорода на Боровской орбите (радиусом r_0) находится в гармонической резонансной связи с фундаментальной частотой волнового поля атомного и субатомного уровней Вселенной ω_e (также открытой в Волновой Модели).

3. Благодаря Волновой Модели раскрыто соотношение, которое скрывается за гравитационной постоянной G . Из ВМ следует, что гравитационная постоянная зависит от фундаментальной частоты ω_g (2), определяющей волновое гравитационное взаимодействие элементарных частиц на мега уровне с другими частицами. Формула гравитационной постоянной имеет следующий вид:

$$G = \frac{\omega_g^2}{4\pi\epsilon_0} \quad (7)$$

где $\epsilon_0 = 1 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$ – абсолютная единица плотности. Это очередное открытие ВМ.

4. Гравитационное волновое взаимодействие, согласно ВМ, осуществляется элементарными гравитационными обменными зарядами (гравитонами),

$$q_{ng} = m_n \omega_g \quad (8)$$

где m_n – присоединённая масса нуклона.

Это неизвестный ранее в физике фундаментальный физический параметр, открытый в рамках ВМ, характеристический для волнового гравитационного поля.

5. Ещё одним из важнейших (ключевых) открытий, наряду с другими открытиями ВМ, раскрывающим механизм волнового гравитационного взаимодействия тел, является открытие Закона гравитационного волнового обмена (взаимодействия), осуществляемого посредством гравитационных обменных зарядов, определяемого следующим выражением:

$$F_{grav} = \omega_g^2 \frac{(Z_1 m_n)(Z_2 m_n)}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (9)$$

где Z_1 и Z_2 – относительные массы взаимодействующих объектов, $\epsilon_0 = 1 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$ – абсолютная единица плотности.

Согласно Динамической Модели элементарных частиц волновые оболочки нуклонов пульсируют на фундаментальных частотах: ω_e , определяющей их взаимодействие на атомном и субатомном уровнях (внутриатомное и межатомное), и ω_g , определяющей их взаимодействие на мега (гравитационном) уровне.

См. доклад на международной конференции в Праге в 2019 году:

<https://shpenkov.com/prague.html>

Закон гравитационного волнового обмена (взаимодействия) тел (9) описывает на уровне волнового гравитационного поля волновой обмен (взаимодействие) гравитонно-нуклонов, имеющих присоединённую массу m_n и обменный (гравитационный) заряд $q_{ng} = m_n \omega_g$.

Закон обмена (9) отличается, как видим, принципиально от Закона всемирного тяготения Ньютона. Отражая *волновую природу* взаимодействия, Закон обмена (9) содержит *фундаментальную частоту* ω_g гравитационного волнового поля, вызываемого пульсирующими сферическими волновыми оболочками частиц-нуклонов. А в знаменатель закона (9) входит физический параметр ε_0 , который везде в Волновой Модели представляет *абсолютную единицу плотности* $\varepsilon_0 = 1 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$.

Волновое взаимодействие осуществляется не в абсолютной пустоте (вакууме), а в *тонко-материальном* поле-пространстве эфира, пронизывающего и заполняющего всё космическое пространство.

Незначительная по величине мощность обмена («сила» F_{grav}) между единичными обменными зарядами, определяемая низкой фундаментальной частотой пульсаций ω_g их волновых сферических оболочек, а следовательно, приводящая к незначительной по величине энергии возбуждаемого ими волнового гравитационного поля, значительна *на мега уровне*.

Существенна на мега уровне из-за огромного количества обменных гравитационных зарядов, которыми обладают взаимодействующие объекты (по приблизительным подсчётам, в Солнце содержится $\approx 1.2 \times 10^{57}$ нуклонов, в Земле примерно на 6 порядков меньше).

Закон обмена (9) описывает как *притяжение*, так и *отталкивание*, а также промежуточные состояния в зависимости от *разности фаз* фундаментальной частоты колебаний (пульсаций) ω_g нуклонов взаимодействующих тел, которую можно создать внешним воздействием.

Механизм гравитационного взаимодействия аналогичен тому, который имеет место, в частности, в *гидродинамике* в случае *сфер* и *цилиндров, пульсирующих* на частоте ω в жидкости. Это явление рассмотрено подробно В. Бьёркнесом в цикле лекций, сделанных им в 1905 году в Колумбийском университете Нью Йорка (США). Лекции опубликованы в 1906 году [V. F. K. Bjerknes, Fields of Force, Columbia University Press, NY, 136 p., 1906], доступны для скачивания в Интернете. Исследования Бьёркнеса показали, что *пульсирующие* в жидкой среде в *фазе* сферы испытывают *притяжение* друг к другу.

Ньютон в комментарии (General Scholium, 1713 г.) ко 2-й редакции своих Начал (*Principia*) написал, «*Причину этих свойств тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю (hypotheses non fingo)*». Как видим, загадочная для Ньютона в его время, и остававшаяся таковой для его последователей на протяжении более 300 лет до наших дней, *причина* тяготения наконец была *раскрыта* благодаря новой общей теории физики – Волновой Модели, которая придерживается новой парадигмы физики. См. <https://www.youtube.com/watch?v=DyrO0LtpC8>.

По определению (согласно ВМ) *явление гравитации* – это резонансный *волновой обмен* (взаимодействие) всех элементарных *частиц*, из которых состоят все тела, осуществляемый на предельно низкой собственной основной *частоте пульсаций* ω_g , *присущей* каждой частице.

Итак, гравитация имеет волновую природу. *Источниками* гравитационных волн являются *частицы* материи, которые, согласно Динамической Модели, представляют собой *вихревые волновые* микробразованя.

С *момента* формирования из эфира частицы колеблются (*пульсируют*) на строго определённых частотах, в том числе на открытой в ВМ фундаментальной частоте ω_g , которая является одной из характеристических частот пульсаций всех частиц во Вселенной. Колебания на частоте ω_g *синхронизированы по фазе* с колебаниями всех

других частиц в космосе. Аналогично, как например, синхронизировано по фазе вращение генераторов всех электростанций единой энергетической системы.

Таким образом (см. (9)), в естественном состоянии, атомы первого тела (объекта) массой $Z_1 m_n$ и атомы второго тела (например, планеты) массой $Z_2 m_n$ пульсируют на той же самой фундаментальной частоте ω_g в фазе и поэтому испытывают *притяжение* друг к другу.

Для реализации эффекта отталкивания (*антигравитации*) нужно, естественно, *сдвинуть фазу* пульсаций на частоте ω_g атомов объекта на *противоположную* по отношению к фазе пульсирующих на той же частоте атомов планеты. То есть, манипулируя сдвигом фаз мы можем управлять *величиной* (абсолютным значением «силы» F_{grav}) гравитационного взаимодействия объекта с гравитационным полем планеты и *направлением* вектора «силы».

6. В рамках Волновой Модели выявлена ещё одна закономерность, существующая в Природе. А именно, обнаружена гармоническая связь между спектром значений *фундаментальных физических постоянных*, в том числе, *фундаментальной частотой* гравитационного волнового поля ω_g , и *фундаментальным Периодом-Квантом* Десятичного кода Вселенной Δ , открытым в ВМ:

$$\Delta = 2\pi l g e = 2,728752708... \quad (10)$$

Это неизвестный ранее в физике очень важный фундаментальный физический параметр, с которым согласуются все процессы во Вселенной.

Реальность раскрытой в ВМ упомянутой выше гармонической связи показана на конкретных примерах, в частности, в книге автора [George Shpenkov, *Some words about fundamental problems of physics*, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012] (English and Russian versions); см. <https://shpenkov.com/pdf/FundPhysProb.pdf>

Глубина гармонической связи определяется степенью отклонения *кардинальных* численных значений рассматриваемых фундаментальных *физических постоянных* от численных значений ближайших к ним величин, кратных *фундаментальному периоду-кванту*.

Величина отклонения свидетельствует о степени согласованности (резонанса) с *абсолютным периодом-квантом* Десятичного кода Вселенной *мер измерения* материи, пространства и времени, принятых на Земле, а следовательно, говорит о степени *точности* численных значений принятых землянами в физике *фундаментальных физических постоянных*.

Спектр абсолютных мер (их кардинальных численных значений), определяемый фундаментальным периодом-квантом (10) Десятичного кода Вселенной, гармонизированный с последним, выражается формулой

$$M = 2^k \times 3^l \times 5^m \Delta \quad (11)$$

где k, l, m – множество целых чисел $Z = \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}$.

Для сравнения с *абсолютным* фундаментальным периодом-квантом необходимо и достаточно учитывать для всех параметров только их *кардинальные* (абсолютные) численные значения. Десятичный порядок, зависящий от конкретных размерностей единиц измерения, не имеет значения в этом случае.

Угловая частота обратно пропорциональна периоду, $\omega = 2\pi/T$. Отсюда, абсолютный волновой фундаментальной период-квант угловой частоты в десятичном базисе равен

$$\omega_{\Delta} = \frac{2\pi}{\Delta} = \frac{1}{\lg e} = \frac{1}{0.434294481} = 2.302585093 \quad (12)$$

Фундаментальная гравитационная частота обмена (взаимодействия) элементарных частиц определяется, как следует из Волновой Модели, следующим равенством,

$$\omega_g = \sqrt{4\pi\epsilon_0 G} = 9.158150.. \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1} \quad (13)$$

где $G = 6.67430(15) \times 10^{-8} \text{ g}^{-1} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-2}$ – гравитационная постоянная (по данным CODATA на 2020 г.), $\epsilon_0 = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ – абсолютная единица плотности.

Степень достоверности численного значения гравитационной частоты ω_g , как видим, зависит от точности, с какой экспериментально определено численное значение гравитационной постоянной G .

Кардинальное число (кч) величины ω_g (13) примерно четырехкратно величине абсолютного кванта фундаментальной частоты ω_{Δ} ,

$$\omega_g (\text{кч}) \approx 2^2 \omega_{\Delta} = 2^2 \frac{1}{\lg e} = 9.210340372 \quad (14)$$

Точность измерений в физике гравитационной постоянной G на несколько порядков ниже точности измерений других фундаментальных физических постоянных. Поэтому точное численное значение величины G пока неизвестно. Рекомендованное CODATA к применению в физике, приведенное выше её значение, по-видимому, меньше истинного, что следует из сравнения кардинальных численных значений равенств (13) и (14).

Абсолютное совпадение кардинального числа значения фундаментальной частоты гравитационного волнового поля, рассчитываемой по формуле (13), с четырёхкратным значением абсолютного волнового фундаментального кванта угловой частоты в десятичном базисе будет иметь место при значении $G = 6.750586336 \times 10^{-8} \text{ g}^{-1} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-2}$.

7. Десятичный код $\Delta=2\pi\lg e=2.728752708\dots$ (10) «работает» как камертон, задающий ритм, которому подчинены все процессы во Вселенной, как материальные, так и идеальные, в живой и “неживой” природе.

Доминирующей системой счисления на Земле является десятичная. Возникновение этой системы не было случайным. Как выяснилось, Десятичный код Вселенной лежит в основе космических процессов и определяет, в частности, устойчивость колебательного (волнового) движения Земли в Солнечной системе и системы Земля-Луна.

Если за единицу времени взять одни сутки, то период обращения Луны вокруг Земли 27.3 суток десятикратен абсолютному временному периоду десятичного базиса, 10Δ . А временной волновой радиус орбиты Луны,

$$\lambda_{Moon} = \frac{\langle r_{Earth-Moon} \rangle}{v} \approx 4.34 \text{ days} \quad (15)$$

десятикратен *абсолютному временному* радиусу $\lg e = 0.43429448\dots$. Здесь $\langle r_{Earth-Moon} \rangle = 384.467 \text{ kkm}$ – среднее расстояние между центрами Земли и Луны, $v = 1.023 \text{ km} \times s^{-1}$ – средняя скорость движения Луны по орбите.

Если же за единицу времени взять 10 земных суток, то период обращения и временной радиус орбиты Луны будут равны, соответственно, численным значениям Δ (10) и $\lg e$.

Таким образом, можно констатировать, что система Земля-Луна находится в резонансе с периодом-квантом Десятичного кода Вселенной, а следовательно, находится в резонансе с фундаментальной частотой гравитационного волнового поля ω_g , и поэтому такая система устойчива.

Временная скорость собственного временного волнового поля Земли, соответствующая звездным суткам, 23 часа 56 минут 4 секунды, равна $\omega_{Earth} = 7.2939 \times 10^{-5} s^{-1}$.

Отсюда следует, что *временная радиальная* волна вращения Земли вокруг собственной оси кратна половине фундаментального периода-кванта, $2^{-1}\Delta$, идеального поля десятичного числового базиса:

$$\lambda_{Earth} = \frac{1}{\omega_{Earth}} \approx 1.37 \times 10^4 \text{ s}. \quad (16)$$

Частота вращения Земли вокруг Солнца также находится в гармонии с абсолютным периодом-квантом Δ (10):

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{365.26} \approx 2.74 \times 10^{-3} \text{ days}^{-1}. \quad (17)$$

3. Заключение

Представленные в данной работе аргументы дают все основания утверждать, что в действительности решена наконец извечная ключевая проблема физики. А именно, раскрыта *природа гравитационного взаимодействия* тел, которая оказалась *волновой*.

Этого и следовало ожидать, поскольку согласуется с представлением диалектической философии о *волновой природе* всего сущего во Вселенной, в том числе тонко-материальных полей-пространств. Согласно диалектической философии всё во Вселенной на всех ее уровнях, включая микро и мега, находится в *непрерывном колебательно-волновом* движении. И всё во Вселенной подвержено закону ритма. Это не подвергающееся сомнению фундаментальное свойство окружающего нас мира.

Открыта *фундаментальная частота* (2) волнового *гравитационного* поля частиц, на которой происходит их гравитационный волновой обмен (взаимодействие) с другими частицами.

Открыт *спектр* равновесных гравитационных *волновых сферических оболочек* частиц (1), а следовательно, спектр *равновесных орбит* планет звездных систем и орбит спутников планет. Другими словами, открыта формула закономерности, следуя которой формируются орбиты планет и их спутников в звездных системах.

Разгадана, таким образом, тайна известного из астрономических наблюдений порядка в расположении *орбит планет* на строго определенных средних расстояниях от Солнца и порядка в расположении *орбит спутников* этих планет.

Открыта зависимость гравитационной постоянной G (7) от фундаментальной частоты волнового гравитационного поля ω_g .

Открыты *элементарные гравитационные обменные* заряды (гравитоны) (8), посредством которых осуществляется волновое гравитационное взаимодействие частиц.

Открыт *Закон гравитационного* волнового обмена (взаимодействия) (9). Последний отличается принципиально и по форме и по содержанию от *Закона всемирного тяготения Ньютона*. Закон гравитационного волнового обмена является, частным случаем *Универсального Закона обмена*, открытого в ВМ, отражающего, согласно аксиоме диалектической философии, волновую природу строения и поведения всего сущего во Вселенной.

Благодаря ВМ открыта гармоническая связь фундаментальной частоты волнового гравитационного поля (кардинального численного значения), как и других фундаментальных физических параметров-постоянных, со *спектром абсолютных мер*, определяемых фундаментальным периодом-квантом (10) Десятичного кода Вселенной, также открытым в ВМ.

Из волновой природы гравитации следует, что системы Солнце-Земля, Земля-Луна, как и вращение Земли вокруг собственной оси, находятся в резонансе с фундаментальной частотой ω_g , которая в свою очередь (как и любые фундаментальные постоянные) находится в резонансе с периодом-квантом Десятичного кода Вселенной, поэтому эти системы устойчивы.

Итак, *явление гравитации* – это резонансный *волновой обмен* (взаимодействие) элементарных *частиц*, из которых состоят все тела, осуществляемый в тонкоматериальном поле-пространстве эфира, возбуждаемом *пульсациями волновых сферических оболочек* частиц на предельно низкой собственной основной частоте ω_g , *присущей* каждой частице.

Ссылки

<https://shpenkov.com>

<https://shpenkov.com/yt>

29.12.2023

<https://shpenkov.com/pdf/Gravity2023.pdf>