**Эффект Солошенко-Янчилина: частота излучения атома увеличивается в поле гравитации**

**Солошенко Михаил Владимирович, Янчилин Василий Леонидович**

Частота излучения атома увеличивается в поле гравитации - авторами сделано научное теоретическое открытие и формулировка гипотезы Эффекта Солошенко-Янчилина, по сути, означающая, что время ускоряется в поле гравитации. Авторы предлагают проект физического эксперимента с парой высокоточных атомных часов для проверки гипотезы. Авторы выплатят приз в 100 000 долларов США любому лицу, которое сделает опровержение Эффекта Солошенко-Янчилина до проведения эксперимента. Все необходимые материалы представлены в Российскую Академию Наук. В случае наличия компетентного опровержения заявителю будет выплачен указанный приз – контакты в конце статьи. Подтверждение или опровержение Эффекта Солошенко-Янчилина является принципиальным в понимании феномена гравитации и создании технологии управления гравитацией.

## 1. Вызов Академии Наук Российской Федерации на интеллектуальный поединок

Настоящая статья подготовлена к публикации в данном периодическом издании по рекомендации Российской Академии Наук (№ 4-С-1431-1851 от 29.08.2014, от Главного учёного секретаря Президиума РАН Соколова И.А.) для инициирования публичной дискуссии по официальному письму «Вызов Академии Наук Российской Федерации на интеллектуальный поединок по вопросу о ходе времени в поле гравитации» (www.is-si.ru/ras08082014.pdf), сделанному научной исследовательской группой Солошенко М.В. и Янчилиным В.Л. в рамках научного проекта Института Специальных Исследований по созданию технологии управления гравитацией (www.is-si.ru/time.pdf). Вызов был передан в качестве официального обращения Президенту и Президиуму РАН, а также направлен в основные исследовательские центры РАН.

Авторы осуществили совместное теоретическое открытие Эффекта Солошенко-Янчилина и предлагают РАН или отдельным сотрудникам РАН: либо опровергнуть открытие (за что Институт Специальных Исследований готов выплатить 100 000 (сто тысяч) долларов США сделавшему опровержение и доказавшему, что Эффект Солошенко-Янчилина не существует – т.е. представить физические/экспериментальные факты, позволяющие однозначно, со 100% уверенностью утверждать, что частота излучения атома не увеличивается при увеличении гравитационного потенциала) либо определить экспертов, которые будут официальными наблюдателями со стороны РАН в процессе проведения физического эксперимента. Публикация настоящей статьи в реферируемом издании докажет, что РАН не боится интеллектуальной конкуренции со стороны независимых учёных исследователей, что дух научного поиска и дискурса по фундаментальным научным вопросам не исчез и РАН готова принять вызов на интеллектуальный поединок со стороны исследователей-одиночек даже если этот вызов подвергает сомнению фундаментальные основы общепринятой научной парадигмы.

Эффект Солошенко-Янчилина носит революционный характер для науки о гравитации, его экспериментальное подтверждение откроет дорогу появлению принципиально новых технических возможностей в управлении гравитацией. Раньше тоже очень долгое время считалось, что все небесные тела вращаются вокруг Земли – потребовались колоссальные усилия, чтобы победила гелиоцентрическая система. В случае подтверждения Эффекта Солошенко-Янчилина масштаб возможных изменений и их практическое техническое применение на несколько порядков выше. Приз в 100 000 долларов будет выплачен авторами любому лицу, кто сделает компетентное опровержение, в т.ч. не гражданину РФ (см. текст статьи на англ. www.is-si.ru/atomic.pdf).

Согласно Общей Теории Относительности Эйнштейна (ОТО), при рассмотрении феномена гравитации постулируется, что частота излучения атома уменьшается в поле гравитации (т.е. время вблизи массивного тела замедляется вследствие искривления пространства-времени). ОТО постулирует замедление времени с увеличением гравитационного потенциала – т.н. постулат о темпоральном процессе, а теоретически открытый Солошенко М.В. и Янчилиным В.Л. эффект Солошенко-Янчилина предполагает обратный феномен – увеличение частоты излучения атома (ускорение времени) в поле гравитации (ускорение хода часов/увеличение частоты излучения атома с увеличением гравитационного потенциала). Авторы доказывают, что постулат ОТО о темпоральном процессе (о замедлении времени в гравитационном поле) все еще не имеет удовлетворительной экспериментальной проверки, что все эксперименты, описанные в реферируемых издания, носят косвенный характер. Впервые за историю русской науки научная команда готова выплатить крупное, по нынешним меркам, вознаграждение за компетентное научное опровержение

Эффекта Солошенко-Янчилина. Никогда за всю историю русской науки не было ситуации, когда учёные-одиночки бросали бы вызов всей системе РАН и готовы были отвечать материально, по-крупному, за свою инициативу.

Суть вызова на интеллектуальный поединок по вопросу о ходе времени в поле гравитации в следующем. Если на этажах высотного здания поместить генератор квантового события – высокоточные атомные часы, на этаже А (верхние часы) и этаже В (нижние часы). Что будет со значением счётчиков событий на этажах (каков будет гравитационный эффект) при сравнении их показаний? Общая Теория Относительности Эйнштейна утверждает, что В<А (время замедляется в поле гравитации). Эффект Солошенко-Янчилина - что В>А (время ускоряется в поле тяготения). Только прямое сравнение показаний часов может быть физическим фактом, свидетельствующим о ходе времени в поле тяготения (проект первой фазы исследования и эксперимента – www.is-si.ru/acceleration-of-time-in-gravity.pdf и www.is-si.ru/time.pdf ). Единственный эксперимент по прямому сравнению показаний часов, который описан в научных реферируемых изданиях, был осуществлён в США (сравнение показаний атомных часов на самолётах, эксперимент Хафеле-Китинга - J.C. Hafele & Richard E. Keating, 1971 г. - годы холодной войны), при этом использовались часы с точностью ниже, чем требовалось, чтобы подтвердить замедление хода часов в поле гравитации. Данный результат нельзя рассматривать как валидное экспериментальное физическое доказательство замедления времени в поле гравитации. В те годы параметры часов и детали эксперимента в СССР не изучались, в СССР приняли на веру заявления американских конкурентов за чистую науку и закрыли свои проекты по проверке хода времени и разработке технологий управления гравитацией. С тех пор прошло почти 50 лет, а прогресс в понимании гравитации и технология управления гравитацией не сделаны.

Авторы понимают, что для защиты собственной теории не достаточно одного эксперимента, т.к. любая теория содержит систему элементов, каждый из которых требует своего обоснования. Однако, для опровержения теории, как системы элементов, достаточно опровергнуть и один её элемент. Таковым элементом является постулат ОТО о ходе времени (атомной частоте) в поле гравитации. Если научная команда ошибается, то эксперимент позволит подтвердить постулат о темпоральном процессе ОТО, что станет дополнительным аргументом в развитии самой ОТО. Время «ломать копья» теорий как раз наступит в случае экспериментального подтверждения существования Эффекта Солошенко-Янчилина. Настоящая статья не преследует цель доказать всю новую теорию авторов открытия, речь только об одном принципиальном теоретическом открытии (Эффекте Солошенко-Янчилина), однако, из практических соображений, необходимо привести основные её элементы (в более развёрнутом виде www.is-si.ru/gravitation-and-time.pdf ). Условия получения приза в 100 000 долларов за компетентное опровержение теоретического открытия Эффекта Солошенко-Янчилина указаны в конце статьи.

## 2. Основные элементы новой теории

В публичных научных источниках утверждается, что ОТО – экспериментально проверенная теория. Основные уравнения ОТО – тензорные уравнения, связывающие кривизну пространства-времени с тензором энергии импульса.

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik}$$

Согласно данному уравнению квадрат интервала в слабом гравитационном поле, создаваемом точечной массой М, изменяется в зависимости от расстояния r до неё следующим образом:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2GM}{r\,c^2}\right) c^2 dt^2 - \left(1 + \frac{2GM}{r\,c^2}\right)(dx^2 + dy^2 + dz^2)$$

Уравнение носит приближённый характер. Считается, что из данного уравнения вытекает несколько эффектов, подтверждающих ОТО: движение перигелия Меркурия; гравитационное смещение спектральных линий и отклонение световых лучей, проходящих вблизи Солнца; эффект Шапиро - эксперимент по измерению временной задержки радарного сигнала, отражённого от Меркурия и проходящего вблизи Солнца. Т.к. в распоряжении науки пока нет сильных переменных гравитационных полей, чтобы проверить основное уравнение ОТО, указанные эффекты подтверждают только приближённое уравнение с точностью 0,1%. Но, строго говоря, это не подтверждает истинность первого основного уравнения.

В рамках ОТО коэффициент при $dt^2$ интерпретируется как скорость времени. На расстоянии r, равном гравитационному радиусу $r_g=2GM/C^2$ , он обращается в ноль. С точки зрения ОТО это означает, что при приближении к гравитационному радиусу время замедляется всё сильней, а при достижении гравитационного радиуса время останавливается.

Новая теория входит в противоречие с вышеизложенным и предсказывает обратный эффект (Эффект Солошенко-Янчилина). Новая теория ставит задачу включить принцип Маха – задачу, обозначенную ещё

Ричардом Фейнманом в его лекциях по теории гравитации. Чтобы включить в теорию принцип Маха необходимо рассмотреть зависимость пространственно-временного масштаба (то есть, величин c, ħ, m) от распределения материи во Вселенной: $c^2 + \Phi = 0$ ; $\hbar^2 \Phi = \text{const}$ ; $m^2\Phi = \text{const}$. Где Φ – отрицательная скалярная функция, которая зависит от распределения материи во Вселенной и стремится к нулю вдали от всех масс. В случае слабого поля её изменение ровно в два раза превышает изменения ньютоновского потенциала.

В отличие от ОТО научная команда утверждает, что величины скорости света, постоянной Планка, а также массы покоя элементарных частиц зависят от распределения всей материи во вселенной (от величины гравитационного потенциала). Согласно новой теории гравитации, величина скорости света определяется суммарным гравитационным потенциалом создаваемым всеми массами вселенной: $c^2 = -\Phi$

Гравитационная энергия тела массы m в поле с потенциалом Φ равна: $U=m\cdot\Phi$ и т.к., согласно формуле Эйнштейна, полная энергия тела равна $E = m\cdot c^2$ , то $E+U=0$, т.е. для любого тела сумма его полной и гравитационной энергии тождественно равна нулю. Любая масса обладает большой энергией, потому что находится в гравитационном поле Φ, созданном огромной массой вселенной. Движение физических объектов есть результат гравитационного взаимодействия данных объектов со всеми массами вселенной. Полная энергия тела массы m определяется его энергией гравитационного взаимодействия со всей материей вселенной: $m\cdot c^2 = -m\cdot\Phi$

Т.о., скорость света не зависит от движения наблюдателя, т.к. величина гравитационного потенциала не зависит от движения наблюдателя: $m_{in}\cdot c^2 = -m_{gr}\cdot\Phi$ , а инертная масса ($m_{in}$) и гравитационная масса ($m_{gr}$) равны: $m_{in}= m_{gr}$

Величина постоянной Планка зависит от величины гравитационного потенциала, где e – величина заряда электрона, *α* - постоянная тонкой структуры. Заряд электрона и постоянная тонкой структуры не изменяются.

. $\hbar = \dfrac{e^2}{\alpha\sqrt{-\Phi}}$

Вблизи большой массы величина постоянной Планка уменьшается, и поэтому возрастает скорость протекания физических процессов (частота колебаний любой спектральной линии, определяющая ход времени, обратно пропорциональна величине постоянной Планка в третьей степени – т.е. вблизи большой массы возрастают частоты излучения атома – Эффект Солошенко-Янчилина), в том числе и скорость света. Массы покоя элементарных частиц уменьшаются. В результате любой масштаб времени и длины изменяется, что, в первом приближении, можно интерпретировать в рамках новой теорией гравитации как «искривление» пространства-времени. Когда же свет вылетает из гравитационного поля, он теряет энергию, что и приводит к наблюдаемому эффекту красного смещения спектральных линий. В ОТО же предполагается, что частота света понижается вблизи большой массы. Согласно ОТО, когда свет вылетает из гравитационного поля, он не теряет энергию. В результате получается тот же самый эффект красного смещения спектральных линий.

### 3. Эффект Солошенко-Янчилина и ОТО – сравнение оценок влияния гравитации на ход времени

Согласно Эффекту Солошенко-Янчилина, прогнозируется, что в случае башни с двумя высокоточными часами, разнесённых по высоте на 500 метров (расположенными на верхнем и нижнем этажах), верхние часы будут отставать от нижних. Если верен постулат ОТО (нижние часы будут замедлять ход по отношению к верхним), нижние часы будут отставать от верхних. Оценка относительной величины отставания по ОТО:

$g\cdot h/c^2 \approx (10\ \text{мс}^{-2} \cdot 5 \cdot 10^2\ \text{м})/(10^{17}\ \text{м}^2\ \text{с}^{-2}) \approx 5 \cdot 10^{-14}$

Т.е. отставание нижних часов от верхних - $5 \cdot 10^{-14}$ секунды за секунду. При длительности эксперимента (регистрации) в 120 дней, нижние часы отстанут от верхних на 0,5 микросекунды.

Согласно же Эффекту Солошенко-Янчилина будет зарегистрировано отставание верхних часов. Прогнозная численная оценка составляет

$$\frac{c^2(h)}{c^2(0)} - 1 = \frac{c^2(0) - 2gh}{c^2(0)} - 1 = -\frac{2gh}{c^2} \approx -10^{-13}$$

То есть, ожидаемый эффект имеет другой знак. Его численная оценка при длительности эксперимента (регистрации) в 120 дней - верхние часы отстанут от нижних на 1 микросекунду.

В современной физике в качестве эталона времени принята *атомная* секунд – число периодов излучения, соответствующих энергетическому переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома (цезия-133). Таким образом, время связано с атомной частотой излучения и когда ставится вопрос, как влияет гравитация на скорость времени (каков характер хода времени в поле гравитации), то имеется в виду, как влияет гравитация на частоту излучения атома. Не больше и не меньше. Скорость хода атомных часов пропорциональна частоте атома, на которой работают эти часы. Поэтому скорость времени и скорость хода атомных часов – это одно и то же в современной физике. Согласно авторам открытия величина гравитационного смещения совпадает с ОТО, а скорость хода атомных часов изменяется в гравитационном поле иначе, чем в ОТО. Согласно ОТО частота атома (соответственно, и скорость хода атомных часов) понижается вблизи большой массы. Согласно теоретических разработок авторов - наоборот, возрастает (Эффект Солошенко-Янчилина).

### 4. Красное смещение не есть прямое доказательство о замедлении времени в поле тяготения

В гравитационной физике есть хорошо известный и многократно проверенный так называемый эффект красного смещения. Вот его суть. Пусть у нас есть два одинаковых высокостабильных лазера с частотой $\omega$. Первый находится в точке *A* у основания башни (ее высота *H*), второй – на ее вершине, в точке *B*. Наблюдатель в точке *C* на вершине регистрирует, что частота лазера *A* изменилась на относительную величину $\Delta\omega$. При этом:

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = -\frac{\Delta\varphi}{c^2} < 0$$

(1) Здесь $\Delta\varphi = gH$ – разность гравитационных потенциалов ($g \approx 10$ м/сек$^2$ – ускорение свободного падения), *c* – скорость света. То есть, наблюдатель регистрирует, что излучение нижнего лазера смещено в красную сторону спектра. Это – экспериментальный факт. Вправе ли мы сделать вывод, что частота лазера в точке А ниже, чем у лазера в точке В? Нет, такой вывод делать нельзя. Ведь пока свет от нижнего лазера движется вверх, он теряет энергию на преодоление гравитационного притяжения и его частота понижается. Если бы свет, двигаясь вверх, не терял энергию, а вместе с ней и частоту, то мы могли бы сделать вывод, что частота лазера в точке А ниже чем у аналогичного лазера в точке В. Таким образом, эффект красного смещения состоит из двух эффектов. 1-й эффект: изменение внутренней частоты лазера при его перемещении из точки *B* в точку *A*. 2-й эффект: изменение частоты лазерного излучения при его движении из точки *A* в точку *C*. Итак, два идентичных лазера находятся на одной высоте и имеют одинаковую частоту. Первый опускают вниз, и его частота изменяется на относительную величину X. Затем свет от него движется вверх ко второму лазеру. При этом его частота изменяется на относительную величину Y. Экспериментатор сравнивает частоту сигнала, пришедшего от нижнего лазера, с частотой, генерируемой верхним, и обнаруживает:

$$X + Y = \frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{\Delta\varphi}{c^2} < 0 \qquad (2)$$

В результате мы имеем одно уравнение с двумя неизвестными. Мы знаем, чему равна сумма X + Y, но не знаем, чему они равны по отдельности. Мы видим, что частота нижнего лазера ниже. Но мы видим эту частоту уже после того, как свет лазера, преодолев гравитационное притяжение, достиг точки *C.*

В ОТО предполагается, что когда свет движется в гравитационном поле (неважно, вниз или вверх) его частота и энергия НЕ изменяются (Окунь Л Б, Селиванов К Г, Телегди В "Гравитация, фотоны, часы" *УФН* 169 1141–1147 (1999)). Поэтому согласно ОТО: Y = 0 и, следовательно X < 0. С точки зрения этой теории красное смещение нижнего лазера означает, что атомная частота понижается вблизи большой массы. Так как скорость хода атомных часов определяется частотой лазера (мазера), то эффект красного смещения трактуется в ОТО как замедление времени (замедление скорости хода атомных часов). Поэтому в ОТО ставится знак равенства между красным смещением и замедлением времени. Это равенство «глубоко сидит» в ОТО. Поэтому, когда специалист по ОТО говорит о замедлении времени, он имеет ввиду эффект красного смещения и наоборот. Самое слабое место здесь – предположение, что энергия и частота света (фотона) не изменяются при движении в гравитационном поле. Фотон не имеет массы покоя, но имеет энергию, а, значит, инертную и гравитационную массу. Поэтому он взаимодействует с гравитационным полем. Например, проходя вблизи Солнца, фотон отклоняется и его импульс при этом изменяется. Следовательно, он передает часть своего импульса Солнцу.

Существует ряд аргументов в рамках ОТО в пользу того, что время замедляется вблизи большой массы. Существует ряд противоположных аргументов. Главное – нет экспериментального решения этого вопроса. Известна только сумма X + Y, но неизвестно, чему равны эти величины по отдельности. Есть один прямой способ измерения X. Надо снабдить оба лазера (верхний и нижний) счетчиками колебаний и подождать длительное время (несколько месяцев). Затем сравнить показания счетчиков. Показания будут выше у того лазера, у которого выше частота. Лазер, снабженный счетчиком собственных колебаний, это и есть оптические атомные часы. Еще недавно такие часы занимали большое помещение, так как прежде чем считать колебания частоты лазера, ее нужно было перевести из оптического в радиодиапазон (понизить частоту в миллионы раз до гигагерц). Компактные высокоточные атомные часы появились уже в начале этого века. Соответственно, таких часов нет на спутниках GPS и ГЛОНАСС. Они там и не нужны, так как часы на спутниках постоянно корректируются с земли. Итак, чтобы узнать, как влияет гравитация на частоту излучения лазера, нужно взять двое идентичных атомных часов, установить их на разных высотах и понаблюдать за их показаниями в течение длительного времени, используя накопительный эффект. Узнав чему равен X, мы также найдем и Y из уравнения (2), то есть узнаем, как влияет гравитация на частоту и энергию движущегося фотона. Открытие авторов – частота излечения атома возрастает вблизи большой массы (время ускоряется в поле тяготения). Научная команда предсказывает существование Эффекта Солошенко-Янчилина, а также разработала технический принцип трансформации эффекта в технологию управления гравитацией, который планируется к представлению на втором этапе исследовательского проекта. Осуществление эксперимента с использованием атомных часов с погрешностью измерения на уровне $10^{-15}$ секунд, на первом этапе исследования, будет окончательным доказательством в пользу одной или другой научной позиции.

## 5. Наиболее типичные экспериментальные факты, которые могут ошибочно приводиться для опровержения Эффекта Солошенко-Янчилина

В настоящее время большинство научно-популярных источников, а также ряд учебников в качестве фактического подтверждения постулата о темпоральном процессе ОТО (т.е. что время замедляется в поле тяготения) ссылаются на нижеследующее.

1). Эксперимент Хафеле-Китинга в 1971 г., которые провели полёт вокруг Земли на самолётах в противоположных направлениях нескольких часов и сравнили их показания до и после полётов с показаниями часов на Земле. Была определена относительная разность между измерениями и предсказаниями для гравитационных и кинематических эффектов. По-сути, результат данного эксперимента, как прямого сравнения показаний атомных часов, рассматривается как основной аргумент в пользу постулата о замедлении времени в поле гравитации. Научная команда доказывает, что погрешность в данном эксперименте значительно превышала полученный результат, что результат данного эксперимента не валиден - см. ниже.
2). В 1976 г. водородный мазерный стандарт частоты был помещён на ракету и выведен на орбиту для сравнения с показаниями часов на Земле. В качестве сравнения использовался радиосигнал. Погрешность в два раза превышала ожидаемый эффект. В 1977 г. был похожий эксперимент с цезиевыми часами, но погрешность также превышала ожидаемый эффект, при этом показания сравнивались путём сопоставления сигналов с движущихся часов, что ещё более увеличивало погрешность измерений. Погрешность лучших атомных часов в 70-е годы XX века составляла примерно $\pm 1 \times 10^{-12}$, что принципиально не достаточно для проверки постулата о влиянии гравитации на скорость времени в земных условиях.
3). Эксперимент Паунда-Ребки по измерению величины красного смещения. Часто в научно-популярной и учебной литературе рассматривается как доказательство постулата ОТО. Однако, только узкий круг специалистов знает детали эксперимента – в нём измерялась не частота световых импульсов, а частота отдельного фотона. При этом частота отдельного фотона в общем случае, согласно многократным экспериментам в области квантовой механики, может не совпадать с частотой световых импульсов.
4). Технология определения Всемирного координированного времени в спутниковой навигационной системе GPS. Часто приводится как пример высокоточного учёта релятивистских эффектов, связанных со скоростью спутников и высотой спутниковых орбит. Спутники с высокоточными часами играют роль ретрансляторов, а для этого показания часов на каждом спутнике корректируются с учётом системы Всемирного координированного времени. Т.е. часто неспециалистами утверждается, что система навигации GPS напрямую учитывает релятивистские эффекты замедления времени. Однако, только специалисты знают, что спутники, посылая сигналы точного времени, передают информацию не о скорости хода часов, расположенных на спутнике, а информацию о Всемирном координированном времени. Для работы системы навигации GPS достаточно высокоточных квантовых генераторов частоты и не очень точных часов, которые, кстати, постоянно корректируются с Земли (несколько раз в полчаса). Регистрация изменений частоты

радиосигналов на земле не позволяет без дополнительных предположений определить скорость хода часов на спутниках. Поэтому когда говорится об эффектах замедления времени, которые учитываются в GPS, то имеют в виду эффекты гравитационного смещения спектральных линий в поле тяготения Земли.

Указанные эксперименты и эффекты, а ниже, рассматривая вероятную критику оппонентов, мы разберём их и другие эксперименты чуть подробнее, были восприняты широкой научной общественностью как подтверждающие постулат о темпоральном процессе ОТО – что время замедляется в поле гравитации. С тех пор к вопросу проверки постулата о темпоральном процессе в официальных научных кругах не возвращались, а постулат стал рассматриваться как общепризнанный. Научная команда, в рамках сделанного РАН вызова на интеллектуальный поединок, утверждает, что существующих экспериментальных фактов не достаточно для научно обоснованного утверждения со 100% уверенностью, что Эффекта Солошенко-Янчилина не существует. В случае предъявления совокупности физических фактов (или факта), являющихся прямым доказательством, что Эффекта Солошенко-Янчилина не существует (т.е. при предъявлении фактов физических наблюдений, что частота излучения атома в поле гравитации не возрастает), авторы выплатят 100 000 долларов.

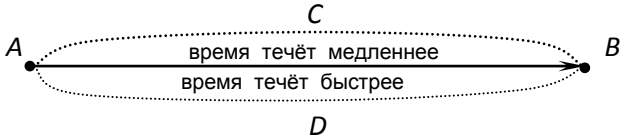
**6. Дополнительные логические аргументы в пользу существования Эффекта Солошенко-Янчилина**

Даже до рассмотрения новой теории и спора о её научной состоятельности, что имеет смысл делать только после наличия однозначного физического факта о ходе времени в поле гравитации, возможно привести ряд логических аргументов, дающих основание предполагать, что эффект Солошенко-Янчилина существует, т.е. существует возможность, что время ускоряется в поле гравитации (а не замедляется, согласно ОТО):

1). Любая система, части которой соединены между собой силами притяжения (ядерными или гравитационными) имеет так называемый дефект массы, равный энергии связи, деленной на квадрат скорости света. На эту величину полная масса системы меньше суммарной массы всех ее частей. Например, масса ядра атома гелия, состоявшего из двух протонов и двух нейтронов, заметно меньше, чем масса двух протонов и двух нейтронов. Именно поэтому при термоядерном синтезе выделяется большая энергия. Аналогично, масса планеты, состоящей из огромного числа различных атомов, меньше суммарной массы всех этих атомов (Зельдович Я., Новиков И. «Теория тяготения и эволюция звёзд», глава 10, §6 «Дефект массы»). То есть, масса атома, находящегося близи большой массы, меньше, чем удаленного от нее. Соответственно, масса любого объекта также должна уменьшаться вблизи большой массы.

Пусть имеется стержень, на концах которого закреплены два положительных заряда. А третий положительный заряд находится между ними и может свободно скользить вдоль стержня. Если его незначительно сдвинуть в сторону от положения равновесия, то он начнет колебаться с определенной частотой. Теперь переместим это устройство глубже в гравитационное поле. Величины зарядов и электрических сил между ними не изменятся, а их массы уменьшатся из-за дополнительной гравитационной энергии связи с Землей. Соответственно, частота колебаний центрального заряда возрастет. Мы можем заключить, что скорость любых других часов, в основе которых лежат электрические силы, также должна возрасти вблизи большой массы вопреки ОТО.

2). С точки зрения квантовой механики частица представляет собой волну. А волна движется из одной точки в другую так, чтобы затратить на пройденный путь минимум собственных колебаний, то есть минимум времени, измеренного по собственным часам.
Если поля нет, то частица движется из точки А в точку В по прямой (см. рис.), чтобы затратить на пройденный путь минимум времени. Пусть она потратит на этот путь, к примеру, 100 секунд. Теперь предположим, что в верхней полуплоскости (над прямой АВ) время стало течь медленнее, скажем на 10%, чем на прямой АВ, а в нижней полуплоскости – на 10% быстрей. Вопрос: как в этом случае будет двигаться частица – по прямому отрезку АВ, по кривой АСВ или по кривой ADB?




Предположим, что частица не стабильна, и время её жизни как раз составляет 100 секунд. Частица выберет тот путь, на который она затратит меньшую часть своей жизни. Если бы частица двигалась по кривой ADB, где время течёт на 10% быстрее, то ей потребовалось бы затратить на свой путь по собственным часам (которые в этом случае шли бы на 10% быстрее) больше времени – 110 секунд. То есть частица не долетела бы до точки В. А если бы частица двигалась по кривой АСВ, где время течёт медленнее на 10%, то она

затратила бы на свой путь по собственным часам, соответственно, 90 секунд – 90% своей жизни. Следовательно, частица будет двигаться по кривой АСВ. Итак, чтобы прийти из точки А в точку В как можно быстрее (по собственным часам) частица немного завернёт в ту область пространства, где время течёт медленнее. В гравитационном поле Земли частица движется по параболе выпуклой вверх (подобно кривой АСВ на рис.). Отсюда можно сделать предположение, что на большей высоте время течёт медленнее.

3). В ОТО предполагается, что время замедляется вблизи большой массы, то есть продолжительность 1 секунды увеличивается. Существует также дефект массы в гравитационном поле, то есть 1 килограмм уменьшается. С другой стороны каждая размерная величина должна измениться пропорционально своей размерности. Постоянная Планка имеет размерность кг·м$^2$·с$^{-1}$. Эталон килограмма уменьшается вблизи большой массы, эталон секунды – увеличивается, следовательно, постоянная Планка должна уменьшиться. Но если она уменьшится, то частоты излучения атомов возрастут (они обратно пропорциональны величине постоянной Планка в третьей степени). Следовательно, эталон секунды уменьшится. Это противоречие.

4). Очевидно, что любая размерная физическая постоянная должна измениться в гравитационном поле пропорционально своей размерности. В противном случае, измеряя её изменившимися эталонами, мы обнаружим другое значение у нашей величины. Но есть размерные постоянные, которые не должны измениться в гравитационном поле. Например, заряд электрона. И сторонники ОТО, и мы предполагаем, что величина заряда электрона в гравитационном поле не изменяется. Но в таком случае эталоны сантиметра, грамма и секунды не могут измениться в гравитационном поле произвольно. Они должны измениться так, чтобы величина заряда электрона не изменилась. Размерность квадрата электрического заряда в системе СГС имеет вид: $[Q^2]$ = г·см$^3$·сек$^{-2}$

Из уравнений общей системы ($c^2 + \Phi = 0$ ; $\hbar^2 \Phi = \mathrm{const}$ ; $m^2\Phi = \mathrm{const}$) можно рассчитать, как величины $c$, $\hbar$, $m$ изменяются вблизи большой массы и, соответственно, узнать, как изменяются эталоны сантиметра, грамма и секунды. Несложные расчеты показывают, если 1 грамм уменьшится в $\kappa$ раз, то 1 сантиметр также уменьшится в $\kappa$ раз, а продолжительность 1 секунды сократится в $\kappa^2$ раз. Подставляя в формулу квадрата электрического заряда получаем:

$$[Q^2] = \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{1}{\kappa^3} \cdot \left(\frac{1}{\kappa^2}\right)^{-2} = 1$$

То есть, очевидно, что заряд электрона в гравитационном поле не изменяется. А согласно ОТО время замедляется в гравитационном поле, то есть эталон секунды увеличивается. Поэтому заряд электрона в этом размышлении должен уменьшиться. Приходим к противоречию.

5). Согласно ОТО, любое тело или частица движется в гравитационном поле так, чтобы затратить максимум собственного времени на пройденный путь. Это одно из основных утверждений ОТО, которое вытекает из принципа наименьшего действия. С другой стороны, согласно квантовой механике любая частица обладает волновыми свойствами, а волна всегда движется так, чтобы затратить минимум собственного времени (собственных колебаний) на пройденный путь. Мы видим, что одно из основных утверждений ОТО явно противоречит квантовой механике. При этом квантовая механика имеет базу накопленных различных по сути экспериментов существенно большую в сравнении с ОТО и квантовая механика не согласуется с ОТО в вопросе о гравитации.

Поскольку Эффект Солошенко-Янчилина носит революционный характер, меняющей всю научную парадигму о гравитации, следует, предполагая возможную критику вероятных оппонентов со стороны РАН, внимательно рассмотреть возможные возражения вероятных оппонентов и ответы на них научной команды.

## 7. Возможная критика оппонентов Эффекта Солошенко-Янчилина и ответы на типичные возражения оппонентов

Авторы открытия предлагают рассмотреть типичные возражения, которые могут быть выдвинуты против Эффекта Солошенко-Янчилина и против необходимости эксперимента, т.е. аргументы вероятных оппонентов в поддержку утверждения о верности постулата ОТО о темпоральном процессе - что время замедляется в поле гравитации. Для этого авторы, предвидя позицию потенциально вероятного оппонента, формулируют вопрос и аргумент со стороны такого потенциально вероятного оппонента (далее Вероятный Оппонент) и дают свой ответ (Солошенко М.В., Янчилин В.Л.).

### 7.1. Вероятный Оппонент

Авторы предлагают проверять ОТО в эксперименте путём сравнения хода высокоточных атомных часов, расположенных на разной высоте. Эксперименты с двумя атомными часами по проверке ОТО постоянно проводятся в различных лабораториях мира. Например, в научных работах [2-6] использовались двое различных часов, стоящих рядом. Эти эксперименты накладывают очень жесткие ограничения на вариации мировых констант, в том числе и от изменения гравитационного потенциала (такое изменение предсказывает

теория авторов). Известны эксперименты с одинаковыми часами, разнесёнными в гравитационном поле Земли - [7-9]. В работе [9] использовалась пара одних из самых лучших на сегодняшний день атомных часов - стандарт времени на ионах Al+. В этой работе подтверждается предсказание ОТО. И, что самое главное, наблюдается эффект замедления хода времени вблизи массы в полном противоречии с предсказанием теоретического эффекта авторов. Кроме этого этот эффект, о замедлении времени, подтверждён и другими экспериментами (не только с атомными часами), как, например, в работе [10].

[1] Турышев С. Г. Успехи физических наук 179, 3 (2009).
[2] Р.А. Даишев и др. ЖЭТФ 130, 48 (2006).
[3] T. Fortier et al. Phys. Rev. Lett. 98, 070801 (2007).
[4] N. Ashby et al. Phys. Rev. Lett. 98, 070802 (2007).
[5] L. Lorini et al. Eur. Phys. J. Special Topics 163, 19 (2008).
[6] M. Tobar et al. Phys. Rev. D 87, 122004 (2013).
[7] L. Briatore, S. Leschiuta. Il Nuovo Cimento 37, 219 (1977).
[8] R. Vessot et al. Phys. Rev. Lett. 45, 2081 (1980).
[9] C. W. Chou et al. Science 329, 1630 (2010).
[10] H. Muller et al. Nature 463, 926 (2010).

**Солошенко М.В., Янчилин В.Л.**

Что касается экспериментов с атомными часами, которые, по мнению оппонента, постоянно проводятся в различных лабораториях мира, то это эксперименты не с атомными часами, а с лазерами. И в них сравниваются не показания часов, а отношение частот двух лазеров. То есть это эксперименты по измерению гравитационного смещения.

Как правило, сторонники ОТО ставят знак тождества между гравитационным смещением спектральных линий и изменением скорости хода часов в гравитационном поле. Кроме того, физики и инженеры часто называют лазеры и мазеры часами, иногда в кавычках, а чаще – без. Все это приводит к путанице. Часто проводится, например, эксперимент с лазерами по измерению гравитационного смещения. Результат совпадает с предсказанием ОТО. При этом авторы эксперимента часто называют лазер оптическими часами, а сам эксперимент трактуется как эксперимент по измерению изменения скорости времени в гравитационном поле. В результате читатели статьи пребывают в полной уверенности, что предсказанный ОТО эффект замедления времени в гравитационном поле подтвержден экспериментально.

Существуют два принципиально разных явления: 1). влияние гравитации на скорость хода атомных часов 2). влияние гравитации на частоту и энергию фотона, вылетающего из гравитационного поля. В ОТО эти два эффекта равны: величина гравитационного смещения совпадает с величиной замедления времени. В теоретическом же обосновании Эффекта Солошенко-Янчилина величина гравитационного смещения совпадает с ОТО, а скорость хода атомных часов изменяется в гравитационном поле иначе, чем в ОТО. В теории научной команды скорость света и постоянная Планка зависят от гравитационного потенциала. Однако безразмерные константы, например постоянная тонкой структуры, в ней остаются неизменными (а именно безразмерные константы исследуются в указанных экспериментах [2-6]). Кратко характеризуем статьи, которые может приводить потенциальный оппонент, ошибочно полагая, что в статьях рассматриваются эксперименты с атомными часами – которые, по мнению вероятного оппонента, являются аналогом проекта эксперимента Солошенко-Янчилина.

[1] Турышев С. Г. Успехи физических наук 179, 3 (2009).

*Общий обзор того, что сделано в ОТО за последнее время – нет ссылки на какой-либо другой эксперимент по прямому сравнению показаний часов кроме эксперимента Хафеле-Китинга.*

[2] Р.А. Даишев и др. ЖЭТФ 130, 48 (2006).

*Это эксперимент по измерению красного смещения. В нем отсутствуют атомные часы.*

[3] T. Fortier et al. Phys. Rev. Lett. 98, 070801 (2007).

*В этом эксперименте в течение длительного времени сравнивали частоту двух оптических часов, находящихся в NIST. Пытались обнаружить изменение постоянной тонкой структуры (а не постоянной Планка). Не обнаружили. То есть это опять же эксперимент по красному смещению. Нужно сравнивать не частоты, а показания часов.*

[4] N. Ashby et al. Phys. Rev. Lett. 98, 070802 (2007).

*В аннотации статьи авторы сразу поясняют, что говоря об атомных часах, они имеют в виду квантовые стандарты частоты. В данном эксперименте в течение 7 лет сравнивали между собой частоты водородного и цезиевого стандартов. Пытались обнаружить слабое изменение отношения частот, вызванного эллиптичностью земной орбиты. Не обнаружили.*

[5] L. Lorini et al. Eur. Phys. J. Special Topics 163, 19 (2008).

*В этом эксперименте опять сравнивали между собой тактовые частоты часов в NIST. В течение 15 лет пытались обнаружить вариации безразмерных фундаментальных постоянных. Не обнаружили.*

[6] M. Tobar et al. Phys. Rev. D 87, 122004 (2013).

*В этом эксперименте сравнивали частоты 3 цезиевых часов и одних рубидиевых с частотами водородных мазеров. Искали корреляции с изменением солнечного потенциала на Земле. Не нашли.*
[7] L. Briatore, S. Leschiuta. Il Nuovo Cimento 37, 219 (1977).
*Один из первых экспериментов, в котором красное смещение обнаружили по сдвигу частот двух мазеров, находящихся на разных высотах. Авторы эксперимента трактуют его строго в рамках ОТО, то есть ставят знак равенства между сдвигом частоты и скоростью времени.*
[8] R. Vessot et al. Phys. Rev. Lett. 45, 2081 (1980).
*Это тоже классический эксперимент по измерению красного смещения.*
[9] C. W. Chou et al. Science 329, 1630 (2010).
*«Observers in relative motion or at different gravitational potentials measure disparate clock rates.»*
*Это тоже эксперимент по измерению красного смещения. В эксперименте эффект наблюдался при разности высот 1 метр. Также измерялось влияние малых скоростей (менее 10 м/сек) на частоту.*
[10] H. Muller et al. Nature 463, 926 (2010).
*В работе обсуждается эксперимент по измерению гравитационного красного смещения.*

### 7.2. <u>Вероятный Оппонент</u>

Авторы указывают, что эффект замедления времени в ОТО - это «постулат». В общепринятой теории это является не постулатом, а теоремой – она выводится из других постулатов теории. И проверяется на опыте. Этот эффект (замедления времени) не требует конкретного вида уравнений Эйнштейна. Он следует прямо из факта распространения света по нулевым геодезическим в любой метрической теории гравитации в статической метрике (а не только в ОТО). Точность его измерения соответствует уровню $10^{-15}$. Он проверен не только в слабом поле Земли, но и в достаточно сильном поле нейтронных звёзд и двойных пульсаров [12]. Эффект замедления времени можно непосредственно увидеть без использования атомных часов на спектрах белых карликов — линии смещаются в красную сторону [13], а не в синюю как утверждают авторы. И есть также более поздний эксперимент с часами [14] .
[11] C.M. Will Living Rev. Relativity 9, 3 (2006)
[12] C.M. Will et al. Astroph. and Space Sci. Library 367, 73 (2010).
[13] M. Barstow et al. MNRAS 362, 1134 (2005).
[14] C. Alley et al. In Experimental Gravitation, Proc. of the Conf. At Pavia (Sept. 1976) (Ed. B. Bertotti) (New York: Academic Press).

**<u>Солошенко М.В., Янчилин В.Л.</u>**

Если вероятный оппонент заявит «Эффект замедления времени можно непосредственно увидеть без использования атомных часов на спектрах белых карликов — линии смещаются в красную сторону [13], а не в синюю как утверждают авторы» - оппонент сделает ошибку дважды. Авторы проекта утверждают, что гравитационное смещение спектральных линий в их теории точно такое же, как в ОТО. Кроме того, вероятный оппонент в этом случае ставит знак тождества между смещением спектральных линий и ходом атомных часов. А суть в том, чтобы провести эксперимент, который позволит выяснить – верно ли это, т.е. действительно ли ход часов эквивалентен смещению спектральных линий (согласно ОТО) или нет (согласно эффекту Солошенко-Янчилина). Ни одного эксперимента по сравнению показаний высокоточных атомных часов в гравитационном поле проведено не было. Единственный эксперимент, который можно рассматривать как «аналог» - эксперимент Хафеле-Китинга. Однако, как будет объяснено ниже, этот эксперимент нельзя считать доказательством замедления времени в поле гравитации.
[11] C.M. Will Living Rev. Relativity 9, 3 (2006)
*Это обзор различных, в том числе и возможных экспериментов по проверке ОТО и близких к ней теорий – обозначено, что прямое сравнение показаний атомных часов было только в эксперименте Хафеле-Китинга.*
[12] C.M. Will et al. Astroph. and Space Sci. Library 367, 73 (2010).
*Примерно такой же обзор, как и предыдущий [11], но дополненный новыми экспериментами (гравитационное смещение спектра). Экспериментов, в которых сравниваются ПОКАЗАНИЯ часов, в нем нет.*
[13] M. Barstow et al. MNRAS 362, 1134 (2005).
*В этой статье говорится об измерении красного смещения для белого карлика Сириус-В (спутник Сириуса).*
[14] C. Alley et al. In Experimental Gravitation, Proc. of the Conf. At Pavia (Sept. 1976) (Ed. B. Bertotti) (New York: Academic Press).
*Хотя в эксперименте* [14] *говорится о сравнении часов – в нем показания часов не сравнивались. Вот как его комментирует известный ОТО теоретик C. Will. (Уилл К. “Теория и эксперимент в гравитационной физике”, Москва: Энергоатомиздат, 1985, с. 36.): «первый из таких экспериментов был выполнен Вессо и*

*Левином в 1976 г. Часы, основу которых составлял водородный мазер, были подняты ракетой на высоту 104 км, и их частота сравнивалась с частотой аналогичных часов на земле. Высокая частотная стабильность водородного мазера (10–15 за время усреднения 100 с) позволила исследовать зависимость смещения частоты от высоты над поверхностью Земли. Изощрённая система обработки данных тщательно исключала доплеровские сдвиги первого порядка, обусловленные движением ракеты, а система слежения давала данные о положении и скорости прибора (для оценки разности гравитационных потенциалов $\Delta U$ и доплеровского сдвига второго порядка)». Из данной цитаты видно, что сравнивались не показания, а частоты. То есть это эксперимент - есть такой же эксперимент по гравитационному смещению. И его нельзя рассматривать в качестве аналога предлагаемому проекту.*

Существует только один прямой способ узнать, как влияет гравитация на скорость хода часов. Нужно поместить на разных высотах двое высокоточных атомных часов и спустя какое-то время сравнить их показания. Почему нельзя сравнивать скорости хода (частоты) часов? Потому что энергия, а, значит, и частота сигнала, когда он движется в гравитационном поле, могут измениться. Ведь сигнал, скажем, двигаясь от нижних часов к верхним, преодолевает гравитационное притяжение, и поэтому он должен потерять часть своей энергии. В ОТО предполагается, что энергия и частота электромагнитной волны не изменяются при движении в статическом гравитационном поле. Однако это предположение до сих пор не проверено экспериментально. Эксперимент, предлагаемый авторами открытия и для которого РАН предложено определить своих наблюдателей, призван, во-первых, выяснить, как влияет гравитация на скорость хода атомных часов, и, во-вторых, выяснить, изменяется или нет частота электромагнитной волны при движении в поле тяжести. Итак, для эксперимента важно сравнивать не скорости хода часов, а их показания. Эксперимент, в котором сравниваются показания часов, существенно отличается от экспериментов по гравитационному смещению, когда сравниваются частоты часов (лазеров). Об этом принципиальном отличии было отмечено академиком Окунем (Okun L. B. “A Thought Experiment with Clocks in Static Gravity” Modern Physics Letters A, vol. 15, No. 32, 2007-2009 (2000)), а также самим Хафеле (Hafele J.C. «Performance and results of portable clocks in aircraft », 1971, USNO). Во всех ссылках Вероятный Оппонент приводит (и будет приводить) эксперименты, в которых сравниваются частоты (гравитационное смещение), а не показания атомных часов. Повторим, единственный прямой эксперимент с атомными часами – эксперимент Хафеле-Китинга. Научная команда настаивает, что результаты эксперимента Хафеле-Китинга нельзя считать доказательством замедления времени в поле тяготения. Критика эксперимента Хафеле-Китинга и его результатов будет рассмотрена ниже.

### 7.3. <u>Вероятный Оппонент</u>

Непосредственная сверка показаний часов, как предлагают авторы теоретической разработки, проводилась в эксперименте Хафеле-Китинга, и, действительно, это единственный такой эксперимент, который описан в научной статье в реферируемом издании (J. Hafele, R. Keating. Science 177, 168 (1972)). Измеренная разница показаний часов на Земле и на самолётах складывалась из гравитационного эффекта (который и обсуждается) и кинематического. При этом кинематический эффект проверен в многочисленных экспериментах с огромной точностью (в том числе он используется в ускорительной технике). Этот эксперимент Хафеле-Китинга чётко показывает наличие эффекта замедления времени в гравитационном поле. Авторы ошибочно указывают на то, что «погрешность этого эксперимента превышала эффект»: достигнутая точность достаточна для проверки общей теории относительности (ОТО) и тем более для того, чтобы отличить эффект замедления времени в гравитационном поле от эффекта ускорения времени в поле гравитации (на котором настаивают авторы проекта).

**<u>Солошенко М.В., Янчилин В.Л.</u>**

Эксперимент с атомными часами, Эксперимент Хафеле-Китинга, в котором сравниваются их показания (накопительный эффект), принципиально отличается от эксперимента с часами, в котором сравниваются их скорости хода. Рассмотрим основную критику, согласно которой результаты эксперимента Хафеле-Китинга, с точки зрения научной чистоты и достоверности, не могут рассматриваться как регистрация факта замедления времени в поле тяготения.

1). Эффект, который Хафеле и Китингу нужно было измерить, был порядка $10^{-12}$, а точность имеющихся у них часов в, согласно техническому паспорту модели HP 5061 A выпуска 1971 года, только $\pm 1 \times 10^{-11}$ . Именно такая точность указана в техническом паспорте данной модели – повторяем, речь о точности измерения хода часов, а не точности измерения частотного сигнала. То есть в 10 раз ниже ожидаемого эффекта! Самая высокая точность этих часов: стабильность по частоте $\pm 7 \times 10^{-13}$. Даже это значение чуть-чуть выше ожидаемого эффекта. То есть они могли бы провести эксперимент по сравнению частот часов (эффект красного смещения) и то на грани обнаружения эффекта при условии, что часы не летали бы на самолете, а неподвижно висели бы на высоте 10 км. А речь о сравнении показаний часов, для чего точность явно не достаточна.

2). Вместо того, чтобы выделить эффект в чистом виде, они добавили к нему много других эффектов: кинематический, а также многочисленные помехи, вызванные транспортировкой часов на самолете. Хафеле и Китинг не раскрыли механики очистки данных от помех (которые, по признанию самих исследователей, имели место - Hafele J.C. «Performance and results of portable clocks in aircraft », 1971, USNO).
3). Синхронизация высокоточных часов – это сложная и дорогостоящая техническая процедура. Хафеле и Китинг не объяснили, как они синхронизировали часы и как конкретно сравнивали показания часов. То есть отсутствует (не раскрыт) принципиальный элемент схемы эксперимента, а ведь это крайне критический параметр для точности, валидности результатов, учитывая технические характеристики часов. Ни в одной публикации по данному эксперименту данный вопрос подробно не рассмотрен. Почему? Ответ очевидный – в 1971 году высокоточного компаратора, обеспечивающего синхронизацию для проведения эксперимента с часами на самолётах, технически не существовало.
4). Хафеле и Китинг не провели ни одного контрольного опыта. Более того, сообщения об имевших место повторных экспериментах, проводимых по схеме Хафеле-Китинга, не получили раскрытия ни в одной научной публикации серьёзного физического издания – нет указаний и детализации объекта сравнения, а по заявленным косвенным признакам если и проводился эксперимент – то по сравнению частот (красное смещение), а не показаний часов.
5). На самолете летало несколько часов. Это, по мнению Хафеле и Китинга должно было повысить их точность. Это неверное предположение. Ведь на земле оставались только одни часы, и погрешность у них – 1 микросекунда в сутки. Как при этом Хафеле и Китинг смогли получить точность в 10 наносекунд за 60 и 80 часов?! Ответ очевиден если подогнать результат к расчетному. Согласно ОТО на высоте $H$ над земной поверхностью атомные часы должны идти быстрее на относительную величину: $\frac{gH}{c^2}$. Здесь $g \approx 9{,}8$ м/сек$^2$ – ускорение свободного падения, $c \approx 3\text{x}10^8$ м/сек – скорость света. В эксперименте Хафеле-Китинга самолет летал на высоте $H \approx 9{\cdot}10^3$ м. Таким образом, ожидаемый гравитационный эффект составил:

$$\frac{gH}{c^2} \approx 9{,}8{\cdot}9{\cdot}10^3/9{\cdot}10^{16} \approx 10^{-12} \qquad (1)$$

Согласно специальной теории относительности движущиеся атомные часы должны идти медленнее в $\gamma$ раз. Где $\gamma$ так называемый Лоренц-фактор:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}} \qquad (2)$$

Здесь $V$ – скорость атомных часов относительно инерциальной системы отсчета. В данном эксперименте – это скорость самолета относительно центра Земли. Для скоростей много меньше скорости света получаем:

$$\gamma = 1+\frac{V^2}{2c^2} \qquad (3)$$

И, следовательно, относительное изменение скорости времени равно:

$$\frac{V^2}{2c^2} \qquad (4)$$

Самолеты летали в среднем на широте 31° и 34°, где линейная скорость вращения Земли составляет примерно 400 м/сек. Средние скорости самолетов были 243 м/сек (в западном направлении) и 218 м/сек (в восточном направлении). Соответственно, средние скорости самолетов относительно центра Земли составляли 157 м/сек (западное направление) и 618 м/сек (восточное направление). Скорость атомных часов, которые покоились относительно земли, составляла примерно 400 м/сек.
Оценим ожидаемые эффекты (согласно ОТО) и сравним их с точностью атомных часов, которые участвовали в эксперименте. Подставив 600 м/сек в уравнение (4), получаем $2\text{x}10^{-12}$. На такую относительную величину замедлится время относительно центра земли на самолете, движущемся в восточном направлении. Подставив 400 м/сек, найдем относительное замедление для покоящихся часов: $0{,}9\text{x}10^{-12}$. Таким образом, замедление времени на восточном самолете относительно покоящихся часов составит $1{,}1\text{x}10^{-12}$. То есть, эффект того же порядка, что и гравитационный (1).

6). Как следует из технических характеристик атомных часов (модель HP 5061A), используемых в эксперименте, их точность равна: $\pm 1x10^{-11}$. В десять раз ниже ожидаемого эффекта. А ведь нужно не просто измерить величину порядка $10^{-12}$, нужно измерить разность между двумя величинами, каждая из которых порядка $10^{-12}$. Давайте, от безразмерных величин перейдем к размерным. В сутках около $10^5$ секунд. Часы с точностью $\pm 1x10^{-11}$, соответственно, будут ошибаться примерно на 1 микросекунду за сутки. А каждый ожидаемый эффект (гравитационный и кинематический) составляет порядка 100 наносекунд. При этом нужно измерить разницу между гравитационным и кинематическим эффектами, которая имеет порядок, возможно, 10 наносекунд. И эту разницу, чтобы ее надежно зарегистрировать, нужно измерить с точность 1-2 наносекунды. Для этого нужны часы точнее, чем были в эксперименте примерно в 1000 раз. Но и этого недостаточно. Ведь точность часов $\pm 1x10^{-11}$ относится к лабораторным условиям. Полет на самолете заметно понизит ее из-за различных ускорений, вибраций, электромагнитных полей и других факторов.

Сама по себе идея поставить точные часы на самолет – плохая. Не случайно за 40 лет никто больше не пытался проводить подобный эксперимент. Даже сейчас, когда точность атомных часов возросла в 1000 раз, проводить подобный эксперимент нецелесообразно. Нужен эксперимент с современными высокоточными атомными часами в стационарных условиях на разных этажах многоэтажного здания со специальной синхронизацией по схеме предложенной авторами. Тем не менее, Хафеле и Китинг провели этот невероятно сложный с точки зрения техники того времени эксперимент 40 лет назад. Сам г-н Хафеле в интервью высказал сожаление, что точность часов было бы желательно повысить как минимум в 10 раз (но на тот момент мобильных и пригодных для эксперимента часов с такой точностью просто не существовало). Понимая, что точности не хватает, авторы предприняли методологический приём - трюк. Как же они смогли «повысить» точность часов (что они использовали в качестве основания считать данные валидными)? Очень просто: поместив их на 40 дней на лабораторный стенд и взяв среднее значение «разброса» измерений в стационарных условиях. А разве таким способом можно заметно повысить точность часов? Нет, конечно. Чтобы повысить точность атомных часов в 10 раз ученым и инженерам всего мира потребовалось 10 лет упорного труда. Но Хафеле и Китинг приводят результат, который, на их взгляд, свидетельствуют, что точность их часов возросла в десятки, если не в сотни раз. Как подобное могло иметь место? Не обвиняя никого, обратим внимание, что 1971 г. – это период холодной войны. Если один из конкурентов не может сделать прорыв в исследованиях гравитации, он будет стараться затормозить работы у своего противника, чтобы противник не смог сделать научный прорыв. Если объявить о том, что время замедляется в поле гравитации – противник не будет это проверять и примет это на веру – так, как написано. К тому же, Пентагон в тот период был заинтересован в поставках атомных часов для систем навигации, и HP был лишь одним из производителей-конкурентов. Чтобы получить контракт, был проведён эксперимент, который стал отличной рекламой для HP и возможности военных контрактов. Наука СССР, ознакомившись с результатом, приняла всё на веру и остановила все исследования. Раз написано в авторитетном издании Science, что экспериментаторы Хафеле-Китинг определили, что время замедляется, то и проверять не нужно. Тем более, заявление о том, что время замедляется в поле гравитации соответствует ОТО. С тех пор вопрос о проверке постулата ОТО о темпоральном процессе, прямом сравнении показаний часов, в России и на Западе был закрыт.

Но, вернёмся к результату эксперимента Хафеле-Китинга. Пусть наш вероятный оппонент взглянет на эксперимент Хафеле-Китинга с точки зрения здравого смысла. Что они измеряли? Вот часы простояли 40 дней на лабораторном стенде. Как они их сравнивали: сверяли показания часов через определенное время или измеряли отношение частот? Проще, конечно, измерять отношение частот. Но в таком случае это будет эксперимент типа Паунда-Ребке. Может быть, все-таки они сравнивали показания часов? Тогда как - по какой конкретно схеме и каким оборудованием (какой компаратор использовался в 1971 году – ведь оборудование для сравнения также имеет погрешность измерения, а в те годы высокоточной техники синхронизации не было)? В их статьях не содержится серьёзных деталей по данному вопросу – но указано, что на стенде, до полётов, все часы шли в разнобой с разным отклонением (т.е. не было синхронизации).

Единственный довод, который приводит Хафеле и Китинг, это то, что на самолете летело 4 часов, и, следовательно, их точность была выше, чем у одних часов. Насколько выше? И как это проверить? Даже если бы на самолете летела тысяча часов, это не повысило бы точности эксперимента. На земле то оставались только одни часы, как эталон для сравнения. А эти часы сами давали ошибку. Погрешность эксперимента определяется самым слабым его звеном - она была очевидна уже на стационарном стенде в лаборатории. И почему, при вычислении среднего значения отклонений, из «результата» эксперимента исследователями были выброшены данные замеров и часов, которые показывали обратный эффект (что время ускоряется в поле гравитации)?

Что касается научной значимости, то ее в этом эксперименте нет. Наука подразумевает повторяемость получаемого результата. А что у Хафеле-Китинга? Они ни разу не проводили повторных (контрольных) опытов. Например, до полёта на самолетах часы проработали на лабораторном стенде. На основании этого

Хафеле и Китинг сделали вывод, что точность их часов выше заявленной в техническом паспорте. Отлично. Сделайте на основании ваших выводов определенные предсказания и проведите контрольный эксперимент, чтобы это проверить. Не было сделано. Поместили часы на самолет. Проведите контрольный эксперимент, который показал бы, как тряска, вибрации, ускорения влияют на точность хода часов. Не было сделано. Ни разу никаких контрольных экспериментов Хафеле и Китинг не проводили. У них был ожидаемый гравитационный эффект изменения скорости времени. Он порядка $10^{-12}$ (согласно ОТО). И были часы, погрешность которых равна $\pm 1 \times 10^{-11}$. Измерить точно гравитационный эффект с помощью таких часов – огромная проблема. Но Хафеле и Китинг зачем-то усугубляют проблему. Они решают добавить к гравитационному эффекту кинематический и измеряют сразу оба эффекта. Ведь если экспериментатор хочет измерить эффект, он старается проводить эксперимент так, чтобы выделить ожидаемый эффект в чистом виде. Если вы хотите измерить гравитационный эффект, поместите точные часы на разных высотах (неподвижных) и наблюдайте за ними: месяц, год, 10 лет. Зачем было помещать часы на самолет, который двадцать раз взлетал и садился, изменял скорость и высоту, подвергая часы ускорениям, вибрациям, тряске, воздействию электромагнитных полей и т.д. Какую цель преследовали Хафеле и Китинг? Можно предположить, что первичной задачей было измерение кинематического эффекта, а побочной – гравитационного. И, получив результат по кинематическому эффекту (как предсказывалось ОТО), результат по гравитационному эффекту подгонялся под теорию ОТО (из калькуляции значений исключались показания, говорящие об ускорении времени в поле тяготения). До эксперимента Хафеле-Китинга величины кинематических и гравитационных эффектов были измерены до них с гораздо более высокой точностью. С доминированием ОТО мало кто из ученых сомневался в том, что время на движущихся часах идет медленнее. И все знали, что есть эффект гравитационного смещения спектральных линий. Паунд и Ребке измерили его с хорошей точностью. Да и до них в этом эффекте никто не сомневался, так как гравитационное смещение вытекает из закона сохранения энергии. Поэтому Хафеле и Китинг ничего нового своим экспериментом сказать научному миру не могли – эксперимент подтверждал уже господствующую в то время точку зрения ОТО. Они не сделали открытие. С другой стороны, их эксперимент стал классикой для популяризации ОТО. И действительно, об этом эксперименте до сих пор помнят, у него громадная цитируемость. Если наш вероятный оппонент не согласен с данными вопросами – пусть на цифрах (как это делают авторы) покажет, как Хафеле и Китинг получили свои данные и докажет, что результат эксперимента – это факт замедления времени в поле тяготения.

Таким образом, авторы проекта утверждают, что результат эксперимента Хафеле-Китинга нельзя считать валидным научным фактом, доказывающим, что время замедляется в поле гравитации. Иными словами – нет факта прямого сравнения показаний атомных часов, однозначно свидетельствующего в пользу замедления времени. Научная команда предсказывает, что время ускоряется в поле гравитации и что при прямом сравнении показаний современных высокоточных атомных часов Эффект Солошенко-Янчилина будет зарегистрирован экспериментально.

### 7.4. Вероятный Оппонент

Учёные утверждают, что сверка часов посредством передачи сигнала по кабелю некорректна, так как фотоны в сигнале испытывают гравитационное смещение по частоте. Это смещение (изменение частоты передающих фотонов) не играет никакой роли в таких экспериментах: если имеется периодический сигнал (тиканье часов в нашем случае), а фотоны, которые его передают, движутся по абсолютно одинаковым мировым линиям между часами (что верно для статического поля и неподвижных часов), то период сигнала остаётся без изменений, независимо от того, что происходит с частотой фотонов. Таким образом недавний эксперимент, например C. W. Chou et al. Science 329, 1630 (2010), даёт возможность сверять именно показания («тикание») часов (в тексте статьи явно указано «comparing the tick rate of two clocks»).

Кроме этого, если справедлив слабый принцип эквивалентности (СПЭ) и принцип локальной лоренцевой инвариантности (ЛЛИ), то эксперименты по измерению красного смещения в гравитационном поле непосредственно проверяют ход часов, что, с другой стороны, также является проверкой локальной позиционной инвариантности (ЛПИ). Это утверждение не зависит от теории гравитации (то есть даже, если ОТО неверно), подробно оно разобрано в книге C. Will. Theory and experiment in gravitational physics (revised edition). Cambridge University Press (1993) (см. раздел 2.4).

Первые два принципа проверены с огромной точностью: СПЭ проверен с точностью $10^{-12}$, ЛЛИ с точностью $10^{-21}$, см. (P C. Will. Living Rev. Relativity 9, 3 (2006).). Таким образом, эксперименты по красному смещению и проверке ЛПИ проверяют ход часов. Подобные эксперименты были приведены в ряде работ и их точность составляет $10^{-6}$-$10^{-5}$ (Р.А. Даишев и др. ЖЭТФ 130, 48 (2006); T. Fortier et al. Phys. Rev. Lett. 98, 070801 (2007); N. Ashby et al. Phys. Rev. Lett. 98, 070802 (2007); L. Lorini et al. Eur. Phys. J. Special Topics 163, 19 (2008).; M. Tobar et al. Phys. Rev. D 87, 122004 (2013).; H. Muller et al. Nature 463, 926 (2010).; Турышев С. Г. Успехи

физических наук 179, 3 (2009)). Это свидетельствует в пользу замедления времени в поле гравитации, но не ускорения.

**Солошенко М.В., Янчилин В.Л.**

Классическая частота, действительно, не изменяется при движении в гравитационном поле. Потому что количество ее гребней и впадин сохраняется. Скажем, частота обычного звукового тиканья часов сохраняется независимо от того, движется звук вверх или вниз. Эти доводы и приводятся в ОТО. Но квантовая частота принципиально отличается от классической. Гребни и впадины в этом случае образуются волнами вероятности, а не волнами материи. Поэтому их общее число может не сохраниться. В основе «тиканья» атомных часов лежит частота фотона, испущенного при определенном атомном переходе. Если частота фотона изменится при движении в гравитационном поле, то и атомное «тиканье» тоже изменится. Некорректно сравнивать классические волны с волнами вероятности и переносить свойства одних волн на другие. Поэтому эксперимент C. W. Chou et al. Science 329, 1630 (2010) ничего не говорит о влиянии гравитации на скорость хода атомных часов. Это всего лишь еще одно измерение гравитационного смещения. Кстати, этот эффект некорректно рассматривать как подтверждение ОТО, так как он следует из любой гравитационной теории (даже из Ньютоновской). Совершается одна и та же ошибка: движение электромагнитной волны рассматривается по аналогии с обычной волной и на основании этого «доказывается», что ее частота измениться не может.

Вот пример такого ошибочного «доказательства» у C. Will (*Уилл К.)*:

*«Предположим теперь, что излучатель, приёмник и гравитационное поле являются статическими, так что в статической системе координат tS, xS траектории последовательных волновых максимумом излучённого сигнала отличаются только лишь на время переноса ΔtS от одного максимума до соседнего. Следовательно, временной интервал ΔtS между прохождениями волновых максимумов для излучателя и приёмника должен быть одним и тем же (иначе волновые максимумы начнут скапливаться или разрежаться между двумя часами, нарушая наше предположение о статичности ситуации)».*

*Уилл К. "Теория и эксперимент в гравитационной физике", Москва: Энергоатомиздат, 1985, с. 34.*

*Ошибка станет очевидной, если абстрактный сигнал заменить, скажем, пучком фотонов видимого света с частотой $10^{15}$ Герц. В течение секунды из излучателя вылетает, к примеру, 100 фотонов. Что сможет зарегистрировать приемник? Если верить C. Will, приемник зарегистрирует $10^{15}$ максимумов и минимумов волны. Ясно, что это не так. Приемник способен зарегистрировать только 100 фотонов и ничего более. Максимумы и минимумы электромагнитной волны – это волны вероятности. При регистрации фотонов (а их не так много), все эти максимумы и минимумы исчезнут без следа. Приемник их не зарегистрирует. А, значит, доводы C. Will теряют физический смысл и ошибочны.*

### 7.5. Вероятный Оппонент

В работах (Л.Б. Окунь, К.Г. Селиванов, В.Л. Телегди. УФН 169, 1141 (1999).; L. Okun. Mod. Phys Lett. A 15, 2007 (2000).) указано, что эксперименты по красному смещению могут быть интерпретированы двумя способами: либо через смещение частоты фотона, либо через сдвиги атомных уровней. При этом авторы этих работ своими рассуждениями указывают на корректность второго способа. Эти два подхода являются двумя альтернативными интерпретациями одной физической ситуации. Как указывают специалисты по эксперименту, такие как C. Will (C. Will. Was Einstein right? BasicBooks (1993).) (стр. 49), разница между этими интерпретациями не может быть выявлена на опыте, если часы разнесены в пространстве. Важно то, что никакие количественные результаты обсуждаемого опыта не меняются при выборе любой из этих интерпретаций.

**Солошенко М.В., Янчилин В.Л.**

Многие учёные, в т.ч. C. Will, делают такой вывод на основании ошибочной аргументации, которая обозначена в п 7.4. и будет рассмотрена более подробно далее. Замедление времени в поле гравитации следует из экспериментально проверенных принципов СПЭ и ЛЛИ и экспериментов по красному смещению или ЛПИ (с точностью $10^{-6}$-$10^{-5}$) только в том случае если принять доводы C. Will, а эти доводы ошибочны – т.к. они основаны на некорректном сравнении классических волн с квантовыми. Если время замедляется в поле тяготения (согласно ОТО и C. Will), то классическая волна – аналог квантовой волны. Это требуется доказать экспериментально. Для этого нужно зарегистрировать отставание показаний нижних часов от верхних (согласно ОТО). Авторы открытия говорят о том, что квантовая волна не эквивалентна классической волне и результатом эксперимента будет обратный эффект - отставание верхних часов от нижних (т.е. время ускоряется в поле гравитации – Эффект Солошенко-Янчилина).

И теперь подробнее рассмотрим обозначенную проблему. При построении теории гравитации Эйнштейн и его последователи пропустили (не учли) два принципиальных логических противоречия, которые

впоследствии «перекочевали» во все учебники и монографии по ОТО. До сих пор сторонники ОТО повторяют логические рассуждения Эйнштейна, даже не подозревая об этих противоречиях (или их не рассматривая, придерживаясь правила не критиковать своих коллег).

Первое противоречие: принцип эквивалентности. Основываясь на том, что все тела падают в гравитационном поле с одинаковым ускорением, Эйнштейн постулировал, что законы движения в однородном гравитационном поле такие же, как и в ускоренной системе отсчета («О принципе относительности и его следствиях», 1907 год). Это не так. Ведь мы заранее не можем знать, как изменяется в гравитационном поле скорость времени (скорость хода атомных часов): так же, как в ускоренной системе отсчета или нет. Постулировав принцип эквивалентности, Эйнштейн неявным образом «перенес» замедление времени из ускоренной системы отсчета в гравитационное поле. До сих пор сторонники ОТО совершают этот «перенос». То есть, они не понимают, что из равенства инертной и гравитационной масс (слабый принцип эквивалентности - экспериментально проверен с высокой точностью) логически не вытекает замедление времени в гравитационном поле (т.е. не следует логическая взаимосвязь экспериментов по гравитационному красному смещению и ходом часов в гравитационном поле).

Более того, если обе части уравнения $c^2 + \Phi = 0$ (где Ф – отрицательная скалярная функция, которая зависит от распределения материи во Вселенной и стремится к нулю вдали от всех масс) умножить на массу m, то получим: $mc^2 + m\Phi = 0$ Таким образом, это раскрывает физический смысл знаменитой формулы Эйнштейна $E = mc^2$. Любая масса обладает большой энергией, потому что находится в гравитационном поле Ф, созданном огромной массой вселенной. Кроме того, записав уравнение $mc^2 + m\Phi = 0$ как $m_{in}c^2 = -m_{gr}\Phi$ (где $m_{in}$ – инертная масса тела, $m_{gr}$ – гравитационная масса), станет понятным, что равенство инертной масса тела и гравитационной массы тела есть следствие уравнения $c^2 = -\Phi$.

Второе противоречие: неправильная интерпретация красного смещения. Исходя из принципа эквивалентности, Эйнштейн пришел к правильному выводу о существовании красного гравитационного смещения. И это неудивительно, так как красное смещение вытекает из закона сохранения энергии и содержится в любой разумной теории гравитации. Но, при интерпретации красного смещения Эйнштейн ошибочно полагал, что частота электромагнитной волны (по аналогии с классической волной) должна оставаться постоянной, несмотря на то, что уже в 1905 году он выдвинул гипотезу о существовании фотона. Сейчас вроде бы все знают, что электромагнитные волны состоят из фотонов. А если энергия фотона изменится, то изменится и его частота, и частота электромагнитной волны (например, эффект Комптона - электромагнитная волна рассеивается на электронах, её частота изменяется). Тем не менее, ошибочные доводы о неизменности частоты света содержаться во многих учебниках и монографиях по ОТО. Наиболее ясно эти ошибочные доводы изложены в знаменитом учебнике Мизнера, Торна и Уилера «Гравитация» (Москва: Мир, 1977), параграф 7.3:

> *«Нижний экспериментатор испускает электромагнитный сигнал фиксированной стандартной частоты $\omega_{нижн}$, принимаемый наблюдателем наверху. Для определённости положим, что сигнал представляет собой импульс, содержащий точно N колебаний. Тогда интервал времени $\delta\tau_{нижн}$, в течение которого испускается импульс, задаётся выражением $2\pi N = \omega_{нижн}\cdot\delta\tau_{нижн}$. Верхний наблюдатель должен принять те же N колебаний электромагнитного волнового импульса и измерить время $\delta\tau_{верхн}$, которое для этого потребуется. Согласно определению «частоты» имеем $2\pi N = \omega_{верхн}\cdot\delta\tau_{верхн}$. Эффект красного смещения, установленный экспериментально (для нас) или из закона сохранения энергии (для Эйнштейна), свидетельствует о том, что $\omega_{верхн} < \omega_{нижн}$; следовательно, интервалы времени имеют разную длительность: $\delta\tau_{верхн} > \delta\tau_{нижн}$.»*

Ошибка здесь очевидна. Пусть снизу вверх каждую секунду вылетает фотон. Его частота примерно $10^{15}$ Герц. Авторы учебника, основываясь на аналогии с классической волной, надеются, что верхний наблюдатель сможет принимать каждую секунду примерно $10^{15}$ колебаний. Ясно, что это невозможно. Верхний наблюдатель каждую секунду будет регистрировать только один фотон и ничего более. Волновые свойства в классической волне – это результат коллективного взаимодействия частиц. Энергия каждой частицы может измениться, а частота волны при этом – нет. В электромагнитной волне каждый фотон обладает волновыми свойствами. Изменится энергия каждого фотона – изменится частота волны. Поэтому сравнивая частоты двух часов, расположенных на разных высотах, мы не сможем узнать, какие из них идут быстрее, так как частота сигнала при движении в гравитационном поле может измениться. Есть только один способ узнать, где атомные часы (внизу или вверху) идут быстрее – сравнить их показания спустя длительное время, то есть использовать накопительный эффект.

Когда обычная, например, звуковая волна движется в гравитационном поле вверх, ее энергия уменьшается, а частота остается постоянной. И здесь все ясно. С одной стороны, двигаясь против сил тяжести, волна теряет энергию. С другой стороны, гребни и впадины любой классической волны созданы областями сжатия и разрежения обычной материи, и поэтому их общее число при движении сохраняется, соответственно, сохраняется и частота. Здесь важно то, что частота волны не зависит от энергии отдельных частиц. Итак, классическая волна вылетает из гравитационного поля и при этом обладает двумя свойствами. 1-е свойство – её энергия понижается. 2-е свойство - её частота остается постоянной. Очевидно, что электромагнитная волна в этом вопросе (движение против сил тяжести) отличается от классической. Потому что ее энергия $E$ и частота $\omega$ жестко связаны между собой через постоянную Планка $\hbar$: $E = \hbar\omega N$, где $N$ – общее число фотонов в волне. То есть, если энергия электромагнитной волны понизится, то и ее частота также понизится. Кроме того, частота электромагнитной волны вызвана не сменами областей сжатия и разрежения, а вращением векторов электрического и магнитного полей в плоскости перпендикулярной движению. Ничто не препятствует этим векторам вращаться быстрее или медленнее. И частота этого вращения жестко связана с энергией волны. Поэтому, если энергия электромагнитной волны понизится, то и ее частота понизится. Научная команда обосновывает такой вывод: двигаясь вверх, электромагнитная волна должна терять энергию на преодоление сил тяжести, и поэтому ее частота понизится.

Теперь посмотрим, какой вывод делают сторонники ОТО (и Вероятный оппонент). Во-первых, они рассматривают движение электромагнитной волны по аналогии с обычной волной, что, конечно же, некорректно. Во-вторых, они «забывают» о 1-м свойстве обычной волны, а 2-е ее свойство переносят на электромагнитную волну. Но именно в этом вопросе электромагнитная волна кардинально отличается от классической, так как ее частота вызвана не сменами гребней и впадин, а вращение векторов электрического и магнитного поля. В-третьих, совершив такой некорректный перенос, сторонники ОТО «вспоминают», что электромагнитная волна все же отличается от классической, так как ее частота жестко связана с энергией и делают свой самый абсурдный вывод: когда электромагнитная волна движется вверх, ее энергия не изменяется. И отсюда делается уже следующий ошибочный вывод: когда фотон движется вверх, его энергия не изменяется. Однако, «вспомнив», что электромагнитная волна отличается от классической, сторонники ОТО «забывают» пересмотреть свои доводы, основанные на том, что электромагнитная волна не отличается от классической. Сделав такие выводы, на основании некорректных аналогий, сторонники ОТО возвели эти выводы в факт. Они утверждают, что эти выводы многократно и непосредственно проверены в различных экспериментах (каких!?), а также логически вытекают из различных принципов (каких!?), которые яко бы также многократно проверены с высокой точностью. Кроме всего прочего, сторонники ОТО часто «путаются в показаниях». В том же учебнике «Гравитация» Мизнера, Торна и Уилера, в параграфе 7,3 доказывается, что частота электромагнитной волны остается постоянной, а в предыдущем параграфе 7,2 так же доказывается, что частота фотона должна понижаться при вылете из гравитационного поля. При этом выводы параграфа 7,2 используются в качестве основы при выводе доказательства в параграфе 7,3. И такое насилие над логикой в виде прямой ошибки совершается в одном из самых популярных учебников по ОТО!

А вот что писали академики Я. Зельдович и И. Новиков в статье «Общая теория относительности и астрофизика» (Эйнштейновский сборник, 1966, Москва: Наука, 1966):

> *«Частота сигнала уменьшается при выходе его из поля тяготения и увеличивается при движении в обратном направлении. Соответственно этому меняется и энергия кванта $E = \hbar\omega$. Описанное явление называется гравитационным красным смещением. Для наблюдателя, находящегося на поверхности звезды, спектр испускания атомов выглядит точно так же, как и в лаборатории на Земле. Однако спектр тех же атомов звезды, наблюдаемый с Земли, сдвинут благодаря описанному явлению в красную сторону. Гравитационное изменение частоты квантов демонстрирует изумительную стройность теории относительности. Действительно, описанное явление в рамках Ньютоновской теории можно интерпретировать как потерю энергии квантами при выходе из поля тяготения. Но благодаря связи энергии и частоты ($E = \hbar\omega$) изменение энергии связано с изменением частоты, а последняя $\sim 1/\Delta\tau$. Таким образом, из этого факта следует изменение темпа времени в поле тяготения, то есть изменение свойств пространственно-временного континуума. Отсюда уже непосредственно вытекает теория тяготения Эйнштейна с идеей кривизны пространства-времени».*

Обратим внимание на логическую ошибку. В первых двух предложениях первого абзаца авторы цитаты утверждают, что энергия и частота светового кванта понижаются, когда фотон вылетает из поля тяготения. Но, что с точки зрения общей теории относительности частота фотона не изменяется, когда он вылетает из поля тяжести. Что касается второго абзаца, то он демонстрирует изумительную путаницу в простом вопросе. Сначала авторы цитаты утверждают, что фотоны, вылетая из поля тяготения, теряют энергию, их частота понижается, и именно это приводит к эффекту красного смещения. А потом, исходя из эффекта красного смещения, они «доказывают», что скорость времени замедляется в гравитационном поле. Но для того,

чтобы такое доказательство имело силу, необходимо предположить, что когда фотон вылетает из гравитационного поля, его частота не изменяется, а эффект красного смещения вызван исключительно изменением скорости местного времени. И эта статья – первая (после трех небольших заметок Эйнштейна) в первом международном «Эйнштейновском сборнике»! Этот сборник начал издаваться с 1966 года. И в связи с этим естественно возникает вопрос – какова позиция РАН, как специалисты РАН ответят в том числе и на этот аргумент вызова научной команды.

Итак, мы видим, что даже ведущие мировые специалисты по ОТО не могут определиться между собой: уменьшается или нет частота фотона (электромагнитной волны), когда он вылетает из гравитационного поля. Поэтому будет странно услышать от вероятного оппонента, что неизменность частоты электромагнитной волны – это доказанный факт. Как раз предложение авторов по эксперименту позволит, в том числе, получить ясность (однозначный результат измерения) по данному вопросу – что должно быть резоном для РАН выставить своих наблюдателей для эксперимента.
Для Вероятного оппонента приведём ниже ряд цитат, демонстрирующих противоречивость ситуации. Повторим, ещё раз, что с точки зрения ОТО частота фотона не изменяется, когда он вылетает из поля тяжести. Это цитаты известных и авторитетных ученых о том, что частота и энергия света понижаются, когда он движется в гравитационном поле вверх, и наоборот, возрастают, когда он движется вниз.

[1]. Макс Борн «Эйнштейновская теория относительности» (2-е издание, исправленное), Москва: Мир, 1972, стр. 342, 343:

Согласно квантовой теории, свет частоты $\nu$ можно рассматривать как поток квантов с энергией $\varepsilon = h\nu$. Эти кванты имеют инертную массу

$$m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2},$$

которая, согласно принципу эквивалентности, равна их гравитационной массе. Когда кванты света $h\nu$ проходят расстояние

$l$ против гравитационного поля $g$, их энергия уменьшается на $glm$. Таким образом, в конце пути энергия кванта $\varepsilon' = h\nu'$ составляет лишь

$$h\nu' = h\nu - gl\frac{h\nu}{c^2} = h\nu\left(1 - \frac{gl}{c^2}\right).$$

[2]. Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман «Берклеевский курс физики», том 1, с.442, 443:

**14.2. Гравитационная масса фотона**

В гл. 12 было показано, что фотон с энергией $h\nu$, где $\nu$ — частота, должен обладать инертной массой, равной $h\nu/c^2$. Есть ли у фотона также и гравитационная масса? Имеются веские экспериментальные указания на то, что она есть и равна инертной массе. (При этом, разумеется, масса покоя равна нулю.)

Рассмотрим фотон, у которого на высоте $L$ над поверхностью Земли частота равна $\nu$ и энергия $h\nu$. После падения с высоты $L$ энергия фотона увеличивается на $MgL$ и становится равной

$$h\nu' \cong h\nu + \frac{h\nu}{c^2} gL \qquad (9)$$

442

в предположении, что во время падения масса фотона постоянна и равна $h\nu/c^2$ (это вытекает из того, что $\nu'$ мало отличается от $\nu$). Таким образом, как это следует из (9), частота фотона после падения равна

$$\nu' \cong \nu\left(1 + \frac{gL}{c^2}\right). \qquad (10)$$

Если $L=20$ *м*, относительное смещение частоты составляет

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{gL}{c^2} \approx \frac{(10^3)(2\cdot 10^3)}{(3\cdot 10^{10})^2} \approx 2\cdot 10^{-15}. \qquad (11)$$

[3]. Стивен Хокинг «Краткая история времени: От большого взрыва до чёрных дыр», Санкт-Петербург: Амфора, 2001, с.53:

> *«Если свет распространяется вверх в гравитационном поле Земли, то он теряет энергию, а потому его частота уменьшается».*

[4]. Джон Уилер, Кип Торн, Чарльз Мизнер «Гравитация», Москва: Мир, 1977, том1, стр. 236:

*«§7.2. Вывод гравитационного красного смещения из закона сохранения энергии.*

*… По мере подъема в гравитационном поле энергия фотона в гравитационном поле должна уменьшиться точно также, как уменьшается энергия частицы. (7.20) Уменьшение энергии из-за работы, совершённой против сил тяготения, приводит к уменьшению частоты и длины волны (красное смещение).»*

[5]. Брагинский В., Полнарёв А. «Удивительная гравитация (или как измеряют кривизну мира)», Москва: Наука, 1985, стр. 66:

> *«Теперь представим себе, что вместо шарика с некоторой высоты H мы «выпустили» (точнее, излучили вниз) один фотон, энергия которого $\hbar\omega$, где $\hbar$ – постоянная Планка. Если воспользоваться формулой $E = mc^2$ и приравнять E к $\hbar\omega$, то следует считать, что фотон имеет массу $m = \hbar\omega/c^2$. Отметим, что эта масса не похожа на массу шарика. У фотона есть масса только в движении и, как говорят, нет массы покоя. При движении вниз масса фотона всё время находится в ускоряющем поле Земли g, и её потенциальная энергия убывает. Предположим, что со скоростью движения ничего не происходит, то есть она одна и та же наверху и внизу (это «очевидное» допущение требует добавочного анализа). Тогда остаётся лишь одна возможность для удовлетворения закона сохранения энергии: предположить, что изменение потенциальной энергии фотона в поле тяжести Земли превратится в изменение энергии самого фотона. А так как энергия фотона пропорциональна его частоте, то должен произойти сдвиг частоты $\Delta\omega_{гр}$.».*

[6]. Денис Сиама «Физические принципы общей теории относительности», Москва: Мир, 1971, стр. 57, 58:

**Гравитационное красное смещение как энергетический эффект**

При выводе гравитационного красного смещения мы «выключали» поле тяготения и «включали» ускоряющий трос. Возникающий эффект Допплера и давал нам гравитационное смещение. Это совершенно законное применение принципа эквивалентности, но при этом умалчивается о непосредственном действии поля тяготения. Если материальное тело падает под действием силы тяжести, то оно приобретает энергию. Нельзя ли рассмотреть гравитационное красное смещение с этой точки зрения?

Оказывается можно, но с одной оговоркой. Увеличение энергии материального тела проявляется в возрастании его скорости, а увеличение энергии света — в уменьшении его длины волны. Это не является неожиданностью, если вспомнить, как два движущихся друг относительно друга наблюдателя измеряют энергию в специальной теории относительности. Если энергия заключена в материальном объекте, то для обоих наблюдателей его скорость, а, следовательно, и его кинетическая энергия будут различны. Если же энергию несет свет, то его скорость будет для обоих наблюдателей одинаковой, но длина волны будет разной. Если мы представим свет состоящим из частиц (фотонов) с энергией $E$, то частота $\nu$ и длина волны $\lambda$ света связаны с $E$ формулой Эйнштейна (см. Г. Бонди, «Относительность и здравый смысл»)

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}.$$

Здесь $h$ — постоянная Планка, которая одинакова для всех наблюдателей. Наша формула означает, что при увеличении энергии фотона длина волны света уменьшается.

То, что поле тяготения влияет на энергию фотона, является частным случаем общего положения. Мы знаем из специальной теории относительности, что всякой энергии соответствует инертная масса. Мы также знаем из принципа эквивалентности, что силы тяготения пропорциональны инертной массе, на которую они действуют. Если мы объединим эти два принципа, то придем к выводу, что тяготение действует на все формы энергии.

[7]. Зельдович Я., Новиков И. «Общая теория относительности и астрофизика» //Эйнштейновский сборник 1966// Москва: Наука, 1966, стр. 31, 32:

*«Частота сигнала уменьшается при выходе его из поля тяготения и увеличивается при движении в обратном направлении. Соответственно этому меняется и энергия кванта $E = \hbar\omega$. Описанное явление называется гравитационным красным смещением».*

Точно такая же цитата этих авторов (ведущие специалисты по ОТО!) приводится в их книге: «Теория тяготения и эволюция звезд», Москва: Наука, 1971, стр. 117.

[8]. Гинзбург В. «Экспериментальная проверка общей теории относительности» //Успехи физических наук, том LIX, выпуск 1 (1956, май):

> *Тот же результат получается на базе квантовых представлений, принимая, что квант имеет не только инертную, но и тяжелую массу $m = \frac{h\nu}{c^2}$. Тогда при движении в поле тяготения квант совершает работу $m(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{h\nu}{c^2}(\varphi_1 - \varphi_2)$, что может произойти только за счет изменения частоты. Отсюда $h\Delta\nu = \frac{h\nu}{c^2}(\varphi_1 - \varphi_2)$, т. е. получаем формулу (14).*

**7.6. Вероятный Оппонент**

Авторы открытия приводят и комментируют цитаты из книг (Ч. Мизнер, К. Торн, Дж. Уилер «Гравитация» Том. 1 Москва (1977)) и (К. Уилл «Теория и эксперимент в гравитационной физике» Москва (1985).), указывая на их ошибочность. На самом деле рассуждения книг корректны, а авторы открытия делают ошибку. Ошибка состоит в неправильном понимании взаимодействия классического прибора с волной. Детекторы, измеряющие частоту с высокой точностью, взаимодействуют с большим количеством фотонов — по одному или малому количеству фотонов невозможно определить частоту с большой точностью (а это является основой всех рассматриваемых экспериментов). Под периодическим сигналом здесь всегда подразумевается многофотонная волна. И поэтому все рассуждения для классических волн справедливы в данном случае. Кроме этого авторы проекта неправильно понимают цитату из одной из этих книг: если будет испущен один фотон с частотой $10^{15}$ Гц за секунду, то, конечно же, не будет измерено $10^{15}$ колебаний за эту секунду. Важно то, что и атомные часы испускают в итоге не единичные фотоны, а многофотонную волну — классическую. Её и измеряют детекторы. И утверждение авторов открытия, указанное в «первом противоречии» (принцип эквивалентности), неверно. Доказательства, приведённые в книге [3], опирающиеся справедливо на слабый принцип эквивалентности (СПЭ) и принцип локальной лоренцевой инвариантности (ЛЛИ), однозначно показывают взаимосвязь экспериментов по гравитационному красному смещению и ходом часов в гравитационном поле.

**<u>Солошенко М.В., Янчилин В.Л.</u>**

Пусть снизу вверх движется звуковая волна. В ней есть области сжатия (гребни) и области разрежения (впадины). Эти гребни и впадины вполне материальны, и их число сохраняется при движении волны. Поэтому частота звуковой волны сохраняется при движении вверх, несмотря на то, что ее энергия уменьшается. Подобные доводы и приводят авторы книг (Ч. Мизнер, К. Торн, Дж. Уилер «Гравитация» Том. 1 Москва (1977)) и (К. Уилл «Теория и эксперимент в гравитационной физике» Москва (1985).). А затем обобщают эти доводы на электромагнитные волны, не говоря при этом, что последние имеют квантовую природу и подобные доводы к ним не применимы. Действительно, пусть снизу вверх движется электромагнитная волна. Для определенности предположим, что волна монохроматическая и имеет правую круговую поляризацию. Волна с произвольной поляризацией может быть представлена в виде суперпозиции волн с правой и левой круговыми поляризациями. То есть, снизу вверх движется волна, с которой связан вектор электрического (и магнитного) поля, который совершает круговое вращение в плоскости перпендикулярной движению. Частота вращения электрического вектора (вектор магнитного поля перпендикулярен электрическому и вращается с той же частотой) и есть частота электромагнитной волны. Когда волна движется вверх, она теряет энергию и частота вращения вектора электрического поля понижается. Здесь нет ничего подобного гребням и впадинам в обычной волне. Если закон сохранения частоты классической волны вытекает из закона сохранения материи, то не существует закона, который препятствовал бы изменению частоты электромагнитной волны. Электромагнитная волна движется вверх, ее энергия уменьшается, а частота вращения вектора электрического (и магнитного) поля понижается. Пусть наш Вероятный оппонент попробует сформулировать доказательство сохранения частоты электромагнитной волны. Пусть он возьмет доводы из указанных книг и попробует их применить к электромагнитной волне. У него ничего не получится. В этих книгах (Ч. Мизнер, К. Торн, Дж. Уилер «Гравитация» Том. 1 Москва (1977)) и

(К. Уилл «Теория и эксперимент в гравитационной физике» Москва (1985).) их авторы предполагают, что любая волна состоит из максимумов и минимумов, число которых, испускаемых за секунду, обратно пропорционально частоте. В электромагнитной волне нет максимумов и минимумов, аналогичных тем, что имеются в обычной волне. Потому что частота электромагнитной волны вызвана не сменой максимумов и минимумов, как в классической волне, а вращением вектора электрического (и магнитного) поля в плоскости перпендикулярной направлению движения. Следовательно, доводы, приводимые в книгах просто не применимы к электромагнитной волне.

Чтобы расставить точки над «и» и доказать со всей очевидностью, кто ошибается, Вероятный оппонент должен ответить на 5 вопросов, не усложняя их.

Вопрос 1. Предположим, имеется монохроматическая электромагнитная волна. Если энергия каждого фотона уменьшится на 10 %, уменьшится или нет частота волны? Да или Нет?

Почему мы задаём такой простой вопрос Вероятному оппоненту? Ведь, совершенно ясно, что частота волны уменьшится также на 10 %. Просто на этом примере очень хорошо видно отличие квантовой частоты от классической. Скажем, энергия обычной волны может уменьшиться в сто, тысячу, миллион раз, но ее частота при этом может сохраниться.

Вопрос 2. Когда фотон вылетает из статического гравитационного поля, изменяются ли его энергия и частота согласно ОТО? Да или Нет?

Согласно ОТО энергия и частота фотона не изменяются при движении в статическом гравитационном поле. Вероятный оппонент это должен знать. Тем не менее, утверждение о неизменности энергии фотона выглядит, мягко говоря, странным, ведь фотон взаимодействует с гравитационным полем. Вылетая из гравитационного поля, он должен терять энергию. Противоречивость ситуации обозначена в п.7.5.

Вопрос 3. Проводились или нет эксперименты, которые подтверждали бы, что частота и энергия фотона не изменяются, когда он вылетает из гравитационного поля? Да или Нет?

Вероятный оппонент не должен в данном вопросе ссылаться на эксперименты по красному смещению. В этих экспериментах предполагается, что частота электромагнитной волны не изменяется, но это не доказывается. Т.е. пусть Вероятный оппонент приведёт как доказательство экспериментальный факт не связанный с красным смещением.

В ОТО предполагается, что энергия и частота фотона, когда он вылетает из гравитационного поля, не изменяются. Здесь важно подчеркнуть, что не существует экспериментов, которые подтверждали бы подобное предположение. В ОТО есть теоретические аргументы в пользу такого предположения. Но, во-первых, эти доводы основаны на неправомочном переносе свойств обычной классической волны на электромагнитную (см. выше), а во-вторых, любые теоретические доводы нуждаются в экспериментальной проверке. Эксперимент, предложенный авторами Эффекта Солошенко-Янчилина, как раз и позволит выяснить (помимо того, как влияет гравитация на скорость времени), изменяется или нет частота фотона (электромагнитной волны), когда он вылетает из гравитационного поля.

Вопрос 4. Можно ли априори, без эксперимента, утверждать, что энергия и частота фотона, вылетающего из гравитационного поля, останутся неизменными? Да или Нет?

На наш взгляд, априори утверждать подобное нельзя. Если Вероятный оппонент ответить «Да», то пусть приведет аргументы и формальное доказательство полностью – авторы исследования с интересом рассмотрят подобное доказательство. Но даже если у Вероятного оппонента найдутся строгие гипотетические предположения в пользу этого, все равно имеет смысл экспериментально проверить: изменяются или нет энергия и частота фотона при его движении в гравитационном поле. Или РАН не считает, что вопрос о ходе времени в поле гравитации должен базироваться на фактах?

Вопрос 5. Отличается ли по своей сути эксперимент Хафеле-Китинга, в котором сравнивали показания часов (накопительный эффект) от экспериментов по красному смещению? Да или Нет?

Авторы проекта говорят, что Да, отличается. Если Вероятный оппонент будет настаивать что Нет, не отличается, то отметим следующее. В своём интервью г-н Хафеле чётко обозначил, что измерение красного смещения не эквивалентно измерению излучения атома (Hafele J.C. «Performance and results of portable clocks in aircraft », 1971, USNO).

Позиция авторов открытия Эффекта Солошенко-Янчилина определена, без факта эксперимента нельзя утверждать, что энергия и частота фотона, вылетающего из гравитационного поля, останутся неизменными. Иными словами, прямое экспериментальное сравнение показаний атомных часов отличается от экспериментов по красному смещению и покажет, что время ускоряется в поле тяготения, т.е. подтвердится Эффект Солошенко-Янчилина. Нельзя делать вывод о замедлении времени без прямой проверки, основываясь на косвенных данных. Значимость вопроса и корректного фактического ответа на него колоссальна. Вызов на интеллектуальный поединок РАН сделан. Компетентное научно обоснованное опровержение Эффекта Солошенко-Янчилина представить в исследовательскую станцию «Санкт-

Петербург» Института Специальных Исследований по адресу is-si@inbox.ru, а также Главному учёному секретарю Президиума Российской академии наук (академику РАН И.А.Соколову, с копией на Президента РАН, www.ras.ru). При корректном научном опровержении Эффекта Солошенко-Янчилина Институт Специальных Исследований выполнит обязательство оплатить указанную сумму в 100 000 долларов и научная команда принесёт публичные извинения, признав поражение в интеллектуальном поединке, объявленном Российской Академии Наук. В случае, если опровержение будет иметь доказательную силу и будет сделано от независимого исследователя, не являющегося членом РАН, данное опровержение также будет засчитано как участие в поединке. Оригинал статьи – www.is-si.ru/esy.pdf.

Для получения приза необходимо подготовить опровержение в виде развёрнутого документа – в левой части аргументы авторов статьи, в правой – опровержение аргументов с указанием конкретных физических фактов, 100% свидетельствующих против Эффекта Солошенко-Янчилина, т.е. свидетельствующих, что частота излучения атома не увеличивается в поле гравитации. Документ направить по электронной почте авторам и в Президиум РАН, с копией на Президента РАН и с заявлением от лица, сделавшего опровержение, о выплате приза за опровержение: is-si@inbox.ru, info@is-si.ru, solntsev@pran.ru, isokolov@presidium.ras.ru, isokolov@ipiran.ru, а также по почте: 195265 Россия, Санкт-Петербург, ул. Лужская, д. 8, оф. 3, Солошенко М.В. и Янчилину В.Л.; 119991 Россия, Москва, Ленинский проспект, д. 14, Президиум РАН (копию на Президента РАН). В документе обязательно указать контакты отправителя для обратной связи. Об официальном вызове РАН можно получить справку в Президиуме РАН или по указанной в статье ссылке.

**Список основных источников, использованных при подготовке настоящей статьи.**


[1] Turishev S.G. Physics-Uspekhi (Advances in Physical Sciences ufn.ru) 179, 3 (2009).
[2] R.A. Daishev, JETP Letters (www.jetpletters.ac.ru), 130, 48 (2006).
[3] T. Fortier et al. Phys. Rev. Lett. 98, 070801 (2007).
[4] N. Ashby et al. Phys. Rev. Lett. 98, 070802 (2007).
[5] L. Lorini et al. Eur. Phys. J. Special Topics 163, 19 (2008).
[6] M. Tobar et al. Phys. Rev. D 87, 122004 (2013).
[7] L. Briatore, S. Leschiuta. Il Nuovo Cimento 37, 219 (1977).
[8] R. Vessot et al. Phys. Rev. Lett. 45, 2081 (1980).
[9] C. W. Chou et al. Science 329, 1630 (2010).
[10] H. Muller et al. Nature 463, 926 (2010).
[11] C.M. Will Living Rev. Relativity 9, 3 (2006).
[12] C.M. Will et al. Astroph. and Space Sci. Library 367, 73 (2010).
[13] M. Barstow et al. MNRAS 362, 1134 (2005).
[14] C. Alley et al. «In Experimental Gravitation», Proc. of the Conf. At Pavia (Ed. B. Bertotti), (New York: Academic Press), (Sept. 1976).
[15] C. Will «Theory and experiment in gravitational physics» Cambridge University Press, p.32, (1993).
[16] Hafele J.C. «Performance and results of portable clocks in aircraft», 1971, USNO
[17] J. Hafele, R. Keating. Science 177, 168 (1972)
[18] Charles W. Misner, Kip S. Thorne, John Archibald Wheeler «Gravitation», W. H. Freeman and Company, ch. 7.3, p.188, (1973)
[19] C. Will (C. Will. Was Einstein right? BasicBooks p. 49, (1993).
[20] Dennis William Sciama «The Physical Foundations of General Relativity Heinemann», Garden City, N.Y. : Anchor Books, p. 57 (1969)
[21] Kittel Ch., Knight W.D., Ruderman M.A. «Berkeley physics course». Vol. 1. New York, p. 442, 443. (1973)
[22] Max Born «Einstein's Theory of Relativity», Revised edition edition, Dover Publications p.342 (1962)
[23] Okun L. B. “A Thought Experiment with Clocks in Static Gravity” Modern Physics Letters A, vol. 15, No. 32, 2007-2009 (2000).
[24] Stephen William Hawking «A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes», Bantam Books, p. 11 (1988)
[25] V. Braginski, A. Polnarev «Amazing Gravity (or how to measure the curvature of the world», Moskow, Nauka, p. 66, (1985)
[26] V. Ginsburg «The experimental test of general relativity» Physics-Uspekhi (Advances in Physical Sciences ufn.ru) vol. LIX, 1 ed. (1956 may)
[27] Y. Zeldovich, I. Novikov «General Relativity and Astrophysics» Einstein digest, 1966, Moscow: Nauka, p. 31, 32 (1966)
[28] Y. Zeldovich, I. Novikov «General Relativity and Astrophysics» Einstein digest, 1966, Moscow: Nauka, 1966