

Гравитационное смещение частоты и поперечный эффект Доплера в системе GPS

В 1959 году эксперимент Паунда-Ребки доказал, что приёмник, настроенный строго на частоту передатчика, перестает принимать сигнал и его настройку надо изменять, если приёмник или передатчик оказываются на разной высоте от поверхности Земли. Необходимость перестраивать частоту с изменением высоты, на которой находится передатчик или приёмник, с очень высокой точностью подтверждают все последующие эксперименты. Это явление, названное гравитационным смещением частоты, и поперечный эффект Доплера в ОТО объясняются замедлением времени в движущихся системах и в областях с более высоким гравитационным потенциалом [1, 2, 3]. Поправка на гравитационное замедление времени и скорость движения вводится в бортовые часы спутников GPS, так как считается, что на орбите 20 184 км часы без поправки идут на 38 микросекунд в сутки быстрее, чем на Земле [4, 5, 6].

В данной работе необходимость коррекции часов объясняется на основе чисто классических представлений без использования утверждений теории относительности о постоянстве скорости света и замедлении времени. Показано, что на самом деле скорость электромагнитного излучения в гравитационном поле не остаётся постоянной, а изменяется, и сигнал от спутника к приёмнику на Земле приходит быстрее, чем от источника на Земле к спутнику. Время на орбите не изменяется и часы идут с такой же скоростью, как часы на Земле. Приёмник на Земле видит повышенную частоту сигнала не из-за ускорения хода атомных часов спутника, а из-за увеличения скорости движения фотонов и возникающего при этом эффекта Доплера.

Согласно ОТО, фотоны, удаляясь от гравитирующей массы, теряют энергию и, из-за того что их скорость остаётся постоянной и равной C , длина волны фотонов увеличивается и, следовательно, уменьшается частота [2, 7]. Чтобы согласовать изменение частоты фотонов с постоянством скорости света, Эйнштейн на основании принципа эквивалентности сделал вывод, что на разных высотах частота фотонов изменяется не из-за изменения скорости фотонов, а из-за изменения времени и скорости хода часов. Поэтому в соответствии с теорией относительности в движущихся системах возникают три релятивистских эффекта:

- замедление времени при увеличении скорости движения (эффект СТО),
- ускорение времени с увеличением высоты (гравитационный эффект ОТО),
- эффект Саньяка во вращающихся системах.

Все релятивистские расчёты изменения времени и частоты проводятся только при условии, что скорость света не изменяется, когда источник света и приёмник оказываются на разной высоте от поверхности Земли.

Ниже рассмотрены первые два эффекта — гравитационное смещение частоты и релятивистское замедление времени. Эффект Саньяка подробно рассмотрен в следующей статье.

Эксперимент Паунда-Ребки

Описания этого эксперимента и расчёты можно найти во многих работах [8, 9], и поэтому мы останавливаться на них не будем, а лишь только покажем, что то же самое изменение частоты

излучения получается и в чисто классическом расчёте, если предположить, что фотоны движутся в гравитационном поле ускоренно и изменяют свою скорость.

В эксперименте Паунда-Ребки фотоны в вертикальном направлении проходят расстояние 22,5 метра. Если представить, что гравитация не влияет на скорость движения фотонов, расстояние 22,5 метра они проходят со скоростью $299\,792\,458 / n = 299\,702\,547.2358$ м/сек за время $22,5 n / 299\,792\,458 = 7.50744369 \text{ e-8}$ сек, где показатель преломления $n=1.0003$.

В абсолютной пустоте при отсутствии гравитации расстояние 22,5 метра фотоны должны пройти за $22,5 / 299\,792\,458 = 7.505\,192\,1419 \text{ e-8}$ сек.

В гравитационном поле фотоны движутся в пустоте с ускорением 9,8 м/сек² и на пути сверху **вниз** их скорость увеличивается на

$$7.505\,192\,1419 \text{ e-8} \times 9.8 = 7.355\,088 \text{ e-7 м/сек}$$
 до значения $(299\,702\,547.2358 + 7.355\,088 \text{ e-7})$ м/сек.

Снизу **вверх** фотоны движутся замедленно с ускорением - 9,8 м/сек² и их скорость оказывается меньше на такую же величину $0.000\,000\,7.355\,088$ м/сек.

Относительное гравитационное изменение скорости в этом эксперименте оказывается равным $0.000\,000\,7.355\,088 / 299\,792\,458 = 2.453\,393 \text{ e-15}$.

В соответствии с эффектом Доплера изменение скорости движения фотонов приводит к пропорциональному изменению их частоты: при движении вниз частота фотонов увеличивается на $2.453\,393 \text{ e-15}$ и при движении вверх уменьшается на $2.453\,393 \text{ e-15}$.

Это гравитационное красное смещение $2.453\,393 \text{ e-15}$, обусловленное изменением скорости движения фотонов в гравитационном поле Земли, оказывается достаточно близким к значению $2.57 (+- 0.26) \text{ e-15}$, полученному в эксперименте Паунда-Ребки и предсказываемому общей теорией относительности [9].

Изменение частоты в системе GPS

Если в эксперименте Паунда-Ребки источник неподвижен относительно приёмника и лишь находятся на другой высоте, в системе GPS источник движется относительно приёмника и поэтому здесь одновременно возникают два эффекта, которые релятивисты объясняют замедлением времени. Ниже эти два эффекта рассматриваются с классической точки зрения при условии, что скорость света не обладает свойством инвариантности и время на орбите не зависит ни от гравитации, ни от скорости движения спутника.

Гравитационное изменение частоты в GPS

В системе GPS сигнал от спутника к приёмнику на Земле проходит расстояние, значительно большее, чем в опыте Паунда-Ребки, и на этом расстоянии величина гравитационного потенциала изменяется в несколько раз. Соответственно, значительно большим оказывается и гравитационное смещение частоты. Поправка на гравитационное красное смещение частоты в системе GPS вводится на основании тех же предсказаний общей теории относительности:

- время на высоте орбиты спутников течёт быстрее, чем на Земле.
- сигнал от спутника на разной высоте от Земли идёт с одинаковой постоянной скоростью,
- при приближении к поверхности Земли частота электромагнитного излучения увеличивается,

- при движении в гравитационном поле энергия фотонов изменяется не из-за изменения скорости движения фотонов, а из-за изменения их частоты [2]

Если атомные часы до запуска на орбиту были настроены на частоту 10 230 000 000 Гц, из-за гравитационного смещения приёмник на Земле получает сигнал частоты 10 230 000 004.574856 1 Гц, на 4.574856 Гц больше исходной частоты 10.23 ГГц, в результате чего возникает погрешность позиционирования. Чтобы приёмник на Земле получал сигнал частоты 10.23 ГГц, в атомные часы перед запуском вводится поправка: их частоту уменьшают на 4.574856 Гц. Общая теория относительности объясняет введение этой поправки тем, что на орбите время течёт быстрее, частота часов на этой высоте увеличивается на 4.574856 Гц и **поэтому** без введения этой поправки к приёмнику приходит сигнал частоты, большей чем 10.23 ГГц. Необходимость введения гравитационной поправки в системе GPS релятивисты рассматривают как первое инженерное подтверждение справедливости предсказаний теории относительности [10].

Ниже показано, что гравитационное смещение частоты возникает не из-за «ускорения» времени на орбите или «замедления» его на поверхности Земли, а из-за изменения скорости движения фотонов в гравитационном поле и возникающего при этом эффекта Доплера. Время на орбите течёт с той же скоростью, как и на поверхности Земли, и скорость хода атомных часов не зависит от того, на какой высоте они находятся и с какой скоростью движутся по орбите. Но тем не менее, приёмник на Земле видит, что частота электромагнитного сигнала, приходящего со спутника, оказывается больше. Что происходит с сигналом при его распространении в гравитационном поле? Ответить на этот вопрос можно на основе чисто классических представлений, отбросив догму специальной теории относительности об «инвариантности» скорости света.

Если не учитывать влияние гравитации, расстояние 20 184 км от орбиты спутника до приёмника на Земле фотоны проходят со скоростью, близкой к 299 792 458 м/сек. Для упрощения расчёта мы пренебрегаем снижением скорости в плотном слое атмосферы (этот слой составляет меньше 1% от всего пути). Снижение скорости на этом участке не имеет принципиального значения и существенно не влияет на результирующую скорость.

Фотоны от спутника к Земле движутся в поле тяготения и, как все материальные объекты, ускоряются этим полем, увеличивая скорость движения. Скорость увеличивается подобно тому, как под действием гравитации в разреженной атмосфере увеличивается скорость пули, направленной со спутника к Земле. Увеличение скорости пропорционально интенсивности поля и времени движения.

Ускорение земного тяготения изменяется от 9.8 м/с² на поверхности Земли до 0.5650 м/сек² на высоте 20 184 км орбиты спутника. Зависимость ускорения земного тяготения от высоты над поверхностью Земли мы с достаточно высокой точностью построили в Visio 7 (Рис.1). При условии, что фотоны движутся в абсолютной пустоте, расстояние 20 184 км они проходят за время $20\,184 / 299\,792.4581617 = 0.067\,326\,576\,9$ сек. Разбив площадь под кривой на 10 участков (по 2000 км) и аппроксимируя их прямоугольниками и треугольниками, по площадям под кривой мы вычислили изменения скорости движения фотонов на разных высотах

Например, для участка 8:

$$\text{изменение скорости равно } [2000 / 299\,792.458] \times bc + 0.5 \times ef \times ab / 299\,792.458 = 0.021\,025\,5456126251181408973270435 \text{ м/сек}$$

где : $ab / 299\,792.458$ - время прохождения фотонами расстояния $ab = 2000$ км,
 $bc = ad = 2.6019$ м/сек² - ускорение земного тяготения на данном участке 8,
 $ef = bf - be$, где $bf = 3.7014$ - ускорение тяготения на следующем участке 9.

Изменения скорости движения фотонов для каждого участка также показаны на Рис.1. Полные расчёты приведены в Приложении.

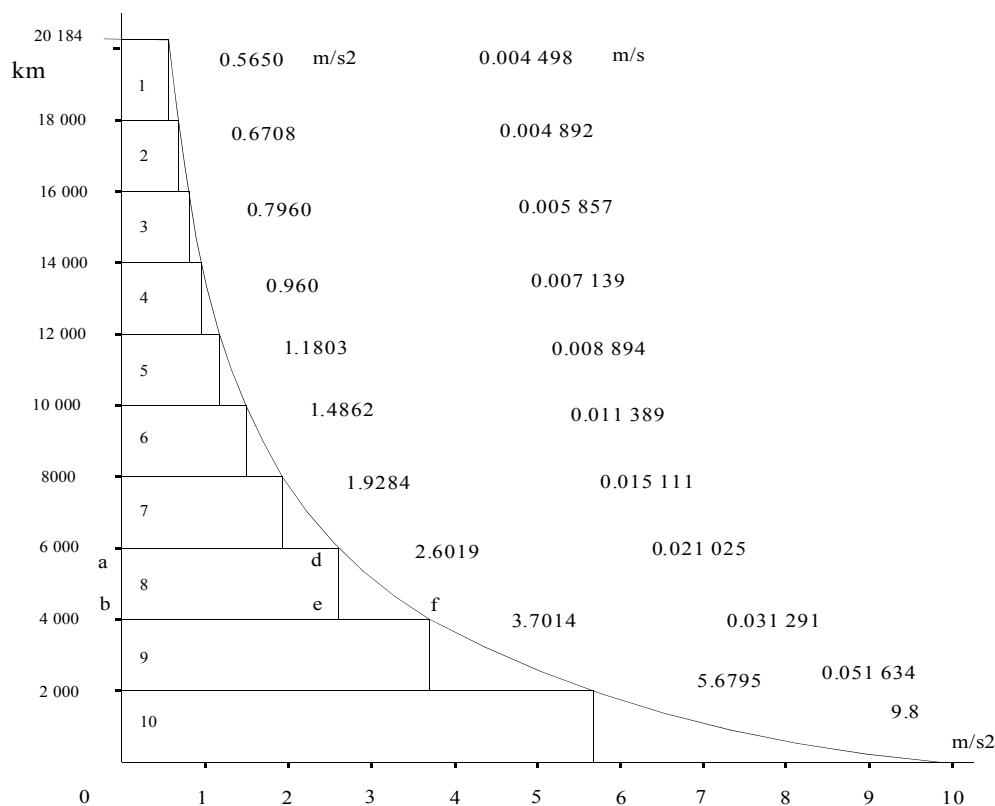


Рис.

Изменение скорости движения фотонов может быть приближённо определено вычислением интеграла $\int_0^{20184} f(h)dh$, где $f(h)$ – зависимость ускорения от расстояния h от поверхности Земли при условии, что фотоны движутся с постоянной скоростью и время движения пропорционально расстоянию, но это вычисление оказывается также приближённым и не таким наглядным

Суммарное увеличение скорости движения фотонов на пути от спутника к приёмнику приведено в Приложении и оказывается равным $0.161\,734\,62242335662760402064550935$ м/сек.

На такую величину $0.161\,734$ м/сек скорость фотонов должна увеличиваться под действием гравитации в том случае, если предположить, что расстояние 20 184 км от спутника к приёмнику фотоны проходят в абсолютной пустоте. В этом случае скорость их движения увеличивается до скорости $299\,792\,458.1617$ м/сек, большей чем $C = 299\,792\,458$ м/сек.

В относительных величинах изменение скорости движения фотонов оказывается равным $0.161\,7 / 299\,792\,458 = 5.3948862990861707269507308789386e-10$ или $5.3948 e-10$.

Увеличение скорости движения фотонов на $5.3948 e-10$ приводит к пропорциональному увеличению частоты сигнала:

$$10\,230\,000\,000 \times 5.3948e-10 = 5.5189686839651526536705976891542 \text{ Гц}$$

и поэтому вместо сигнала, излученного спутником на частоте 10.23 МГц , приёмник на Земле видит сигнал повышенной частоты 10 230 000 005.5189 Гц.

Соответственно сигнал от приёмника к спутнику идёт со скоростью 299792457.8382 м/сек, на 0.161 7 м/сек меньшей $C = 299792458$ м/сек, и спутник вместо частоты 10.23 ГГц видит пониженную на 5.5189 Гц частоту 10 229 999 994. 4810 Гц.

Так как на самом деле сигналы идут не в абсолютной пустоте, а в разреженной атмосфере, сигнал от спутника к приёмнику на Земле приходит не за время $20\ 184 / 299792.4581617 = 0.067\ 326\ 576\ 9$ сек, а за время $20\ 184 \times n / 299792.4581617 = 0.067\ 346\ 774\ 9$ сек, большее на 20 мксек. Дополнительное время 20 мксек затрачивается на переизлучения фотонов атомами среды. Но скорость фотонов изменяется под действием гравитации только в промежутках времени, когда они движутся в абсолютной пустоте между переизлучающими атомами.

Таким образом, если перед запуском на орбиту в атомные часы не ввести поправку и спутник излучает частоту 10.23 МГц, к приёмнику на Земле приходит сигнал повышенной частоты 10 230 000 005.5189 Гц.

Приёмник видит повышенную частоту не из-за того, что часы на орбите идут быстрее, как это утверждает ОТО, а из-за того, что при движении от спутника к Земле увеличивается частота электромагнитного излучения. Увеличение частоты фотонов на 5.5189 Гц объясняется не «ускорением времени» и ускорением хода атомных часов. а увеличением на 0.161 734 м/сек скорости движения фотонов.

Чтобы устранить влияние только гравитационного смещения частоты, в часы спутника до запуска на орбиту должна быть введена поправка на 5.3948×10^{-10} , уменьшающая частоту сигнала на 5.5189 Гц до значения 10 229 999 994. 4810 Гц. На орбите ни время, ни скорость хода атомных часов не изменяются и часы излучают частоту 10 229 999 994. 4810 Гц. Из-за того, что на пути от спутника к приёмнику увеличивается скорость движения фотонов, к приёмнику на Земле приходит сигнал частоты 10.230 000 000 Гц

В отличие от продольного доплер-эффекта, который различен для разных спутников, так как зависит от угла, под которым его видит приёмник, гравитационное изменение частоты сигнала

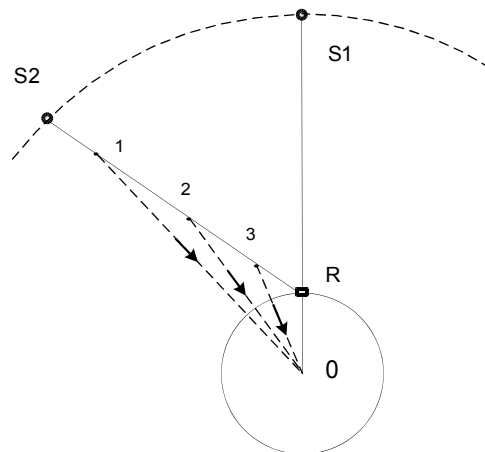


Рис.2

одинаково для всех спутников GPS, так как оно зависит только от разности высот спутника и приёмника. Например, хотя расстояние S2-R до спутника S2 (Рис.2) больше расстояния S1-R и сигнал идёт к приёмнику дольше, скорость фотонов на пути S2-R изменяется на такую же величину $0.161\ 734$ м/сек, как и на пути S1-R от спутника S1. Увеличение расстояния до спутника S2 компенсируется уменьшением влияния земного тяготения на скорость фотонов, так как по мере приближения к приёмнику направление вектора тяготения, как показано стрелками на Рис.2, отклоняется от направления движения фотонов.

Смещение частоты из-за скорости движения спутника

В зависимости от угла, под которым приёмник видит спутник, возникает продольный эффект Доплера. Этот эффект так же, как и вращение Земли относительно орбит спутников, учитывается в приёмнике при решении уравнений и на него вводится соответствующая поправка. Однако кроме этого ещё вводится так называемая поправка на скоростное замедление времени, так как по СТО во всех движущихся системах время замедляется и скорость хода часов уменьшается. Релятивистское замедление времени является самым известным эффектом СТО (достаточно вспомнить «парадокс близнецов») и на него в системе GPS также вводится соответствующая поправка [6].

Когда источник света приближается к приёмнику или удаляется, приёмник видит, что частота сигнала увеличивается или уменьшается. Но когда источник движется перпендикулярно линии «источник-приёмник», приёмник должен видеть свет, частота которого, казалось бы, должна быть точно равна той, которую излучает источник, как это, например, имеет место в акустике. Однако при поперечном движении приёмник видит свет пониженной частоты. Это снижение частоты специальная теория относительности объясняет замедлением времени в движущихся системах. Первую попытку экспериментально подтвердить замедление времени, измеряя частоту света в поперечном направлении, предприняли в 1938 году Айвс и Стилуэлл [13]. Последующие эксперименты с очень высокой точностью подтверждали «замедление времени» в самой движущейся системе, но уже без прямого измерения частот поперечных лучей. Как нам известно, эксперимент, в котором впервые успешно проводилось прямое поперечное наблюдение, был проведен в 1979 году: доплеровский сдвиг второго порядка был определён по спектру движущихся со скоростью $9.28e8$ см/с атомов водорода [14]].

Поперечный эффект Доплера экспериментально подтверждён с высокой точностью и поэтому в системе GPS на него вводится соответствующая поправка. Релятивисты утверждают, что объяснить поперечный эффект с классической точки зрения невозможно и рассматривают его как подтверждение замедления времени в движущихся системах.

В статье «Звёздная aberrация и поперечный эффект Доплера» мы объяснили почему уменьшается частота излучаемого в поперечном направлении света [15]. Статья была опубликована более 15 лет назад и многие могли её не найти и поэтому мы позволим себе коротко повторить изложенное там объяснение

На Рис.2 показаны изменения направлений движения фотонов, когда источник света движется перпендикулярно к направлению на приёмник.

Если источник S неподвижен, к приёмнику R приходят только те фотоны, которые были излучены в направлении 0 точно на источник (Рис.2,а). Фотоны, излученные в направлениях 1 и

2, очевидно к приёмнику R не приходят.

Представим, что источник и приёмник находятся в идеальной пустоте и источник со скоростью V движется перпендикулярно линии SR (Рис.2,b). В момент излучения все фотоны получают добавочную скорость V , и направление движения и их скорость относительно приёмника изменяются. Те фотоны, которые источник излучает в направлении 0, теперь из-за добавочной скорости к приёмнику не приходят.

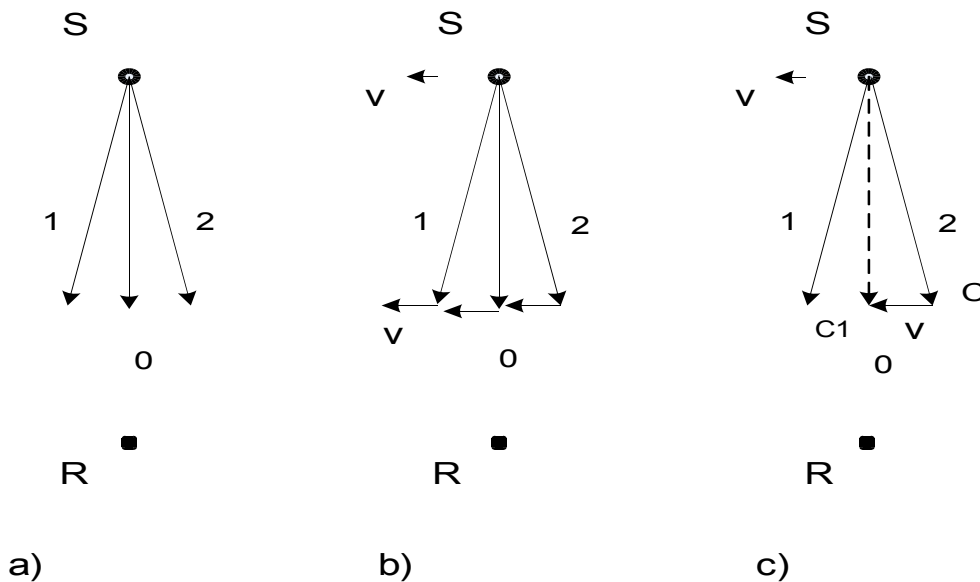


Рис.2

Вместо этих фотонов к приёмнику приходят фотоны, излученные в направлении 2, то есть фотоны, излученные немного назад: при векторном сложении скорости V со скоростью C результирующая скорость $C1$ (на Рис.2 показана пунктиром) оказывается направленной в сторону приёмника и по величине эта скорость меньше, чем C . В идеальной пустоте в направлении к приёмнику фотоны движутся со скоростью $C1$, меньшей C , и поэтому приёмник видит свет уменьшенной частоты.

В реальной ситуации фотоны всегда движутся не в идеальной пустоте, а в газовой среде, и скорость их движения определяется показателем преломления среды (Рис.2,c). Но в первый момент после излучения до встречи с атомами среды фотоны - так же, как и случае движения в абсолютной пустоте - движутся относительно источника со скоростью C и к этой скорости C векторно добавляется скорость V . Из-за добавленной скорости, фотоны, излученные в направлении 0, изменяют направление и к приёмнику R не приходят. Фотоны, излученные в направлении 2 («назад») изменяют направление движения в сторону приёмника и после первого переизлучения атомами среды идут в сторону приёмника. Так же, как и в случае движения в пустоте, фотоны до переизлучения атомами среды идут со скоростью $C1$, меньшей C . Фотон встречается с атомом среды со скоростью $C1$ и его частота уменьшается. Переизлученный фотон относительно атома движется со скоростью C до встречи со следующим переизлучаемым атомом и со средней скоростью C/n и с пониженной частотой идёт к приёмнику.

То же самое происходит и при излучении сигнала спутником GPS. Если поправка в часы спутника не введена, сигнал излучается на частоте 10.23 ГГц. Относительно спутника фотоны

движутся со скоростью C , но так как спутник движется с орбитальной скоростью 3.874 км/сек, из-за векторного сложения этой скорости со скоростью C скорость фотонов относительно приёмника и атмосферы изменяется от C до $C1 < C$:

$$C1 = \sqrt{C^2 - V^2} = \sqrt{299792458^2 - 3.874^2} = \sqrt{299792458^2 - 3.874^2} = 299\,792\,457.974\,96955710502476504676 \text{ м/сек}$$

$$\text{и } C - C1 = 299\,792\,458 - 299\,792\,457.974\,96955710502476504676 = 0.02\,503\,044289497523495324 \text{ м / s}$$

Скорость $C1$ оказывается на $0.02\,503\,044289497523495324$ м/сек меньше скорости C . Относительное уменьшение скорости равно

$$0.02\,503\,044289497523495324 / 299\,792.458 = 8.349\,257\,0366714278560136426113828\text{e-11}.$$

Со скоростью $299\,792\,457.974$ м/сек излученные спутником фотоны идут до первого переизлучения атомами среды. Встречаясь с атомами среды, фотоны уменьшают частоту и относительно среды идут со скоростью C/n .

Относительное уменьшение частоты такое же, как у скорости $C1$, и равно 8.349e-11 . Поэтому при отсутствии поправки на скорость хода часов к приёмнику приходит сигнал с частотой, меньшей чем частота 10.23 ГГц, на

$$10.230\,000\,000 \times 8.349\,257\,0366714278560136426113828\text{e-11} = 0.854\,12899485148706967019563914446 \text{ Гц}$$

и приёмник получает частоту

$$10\,230\,000\,000 - 0.854\,12899485148706967019563914446 = 10\,229\,999\,999.145\,87100514851293033 \text{ Гц}$$

Чтобы к приёмнику на Земле приходил сигнал частоты 10.23 ГГц, в часы спутника перед запуском на орбиту должна быть введена поправка на 0.854 Гц и часы должны излучать сигнал частоты $10\,230\,000\,000.854$ Гц.

Таким образом, скоростное уменьшение частоты сигнала объясняется не мифическим «замедлением времени» в движущихся системах, а уменьшением скорости движения фотонов в момент излучения их движущимся спутником. Атомные часы, настроенные перед запуском на повышенную частоту $10\,230\,000\,000.854$ Гц, на орбите идут с такой же частотой и спутник излучает сигнал именно этой частоты. Сразу же после излучения фотоны изменяют частоту на 0.854 Гц и к приёмнику на Земле сигнал идёт с частотой 10.23 ГГц

Утверждение релятивистов о том, что при скорости движения в несколько километров в секунду время замедляется и атомные часы уменьшают скорость хода выглядит просто нелепо, так как даже ускорение в $10^{19}g$, как показали циклотронные эксперименты, не влияет на скорость атомных часов [11].

Результирующее смещение частоты

Выше мы рассмотрели отдельно эффект гравитационного смещения и скоростной эффект. В системе GPS вводится одна результирующая поправка на оба «релятивистские» эффекта.

Из-за скорости орбитального движения спутника частота сигнала понижается на 8.349e-11 , а из-за изменения гравитационного потенциала повышается на 5.3948e-10 . Результирующий эффект определяется разностью

$$5.3948\text{e-10} - 8.349\text{e-11} = 4.45599\text{e-10}$$

Частота излученного спутником сигнала увеличивается на 4.45599×10^{-10}

$$10\,230\,000\,000 \times 4.45599 \times 10^{-10} = 4.664\,7777 \text{ ГГц}$$

и поэтому атомные часы перед запуском на орбиту настраиваются на частоту

$$10\,230\,000\,000 - 4.664\,7777 = 10\,229\,999\,995.335\,2223 \text{ ГГц}$$

Спутник GPS излучает сигнал частоты $10\,229\,999\,995.33 \text{ ГГц}$. За время 0.067 сек , пока сигнал идёт от спутника к приёмнику на Земле, частота сигнала увеличивается на 4.664 Герц и приёмник получает частоту 10.23 ГГц .

Полученные нами смещения частоты ($8.349e-11$ - от скорости спутника, $5.3948e-10$ - от изменения тяготения, $4.45599e-10$ - от совместного воздействия и $10\,229\,999\,995.33 \text{ ГГц}$) мы сравнили с данными, опубликованными релятивистами, и обнаружили достаточно большие расхождения. Например, в [1, 5, 10] в отличие от полученных нами значений $8.349e-11$ и $5.3948e-10$ приводятся значения 2.5046×10^{-11} и 6.9693×10^{-10} , но указывается практически те же значения 4.4647×10^{-10} и $10.229\,999\,995\,43 \text{ ГГц}$. В более поздних статьях указываются значения, близкие к полученным нами: 8.349×10^{-11} , 5.307×10^{-10} и 4.472×10^{-10} при той же частоте $10.229\,999\,995\,43 \text{ ГГц}$ [16]. В работе [6] указывается частота $10.229\,999\,995\,453 \text{ ГГц}$. Достаточно хорошее совпадение результатов, полученных нами на основе классических представлений, с последними опубликованными данными позволяет утверждать, что при анализе работы системы GPS теория относительности с её мистическим утверждением о замедлении времени в движущихся системах оказывается просто излишней.

Заключение

Введение в системе GPS так называемых «релятивистских» поправок рассматривается как подтверждение справедливости основных следствий теории относительности — гравитационного красного смещения и замедления времени в движущихся системах. В данной статье мы показали, что приёмник на Земле получает сигнал изменённой частоты не из-за мистического изменения времени на спутнике, а из-за изменения частоты электромагнитного излучения на пути от спутника к приёмнику. И такое объяснение становится возможным только при условии, что основной постулат СТО - постулат «инвариантности» скорости света ошибочен и скорость света **в пустоте** может изменяться по величине и быть больше или меньше c . Этот постулат «подтверждается» только ошибочными объяснениями эксперимента Майкельсона и наблюдений Де Ситтера за двойными звёздами — в обоих случаях свет распространяется не в пустоте, как это предполагается, а в воздухе (Майкельсон) или в разреженной межзвёздной газовой среде (Де Ситтер), где скорость света определяется показателем преломления среды и поэтому не зависит от движения источника. И на основании этого эксперимента и этого наблюдения делается вывод о независимости скорости света от движения источника! И ни один эксперимент, ни одно наблюдение не доказывают независимость скорости света от движения наблюдателя, в то время как постулат инвариантности утверждает, что скорость света не зависит ни от движения источника, ни от движения наблюдателя, измеряющего эту скорость.

В предыдущей нашей работе [17] на основе классических представлений мы смогли объяснить эксперимент Физо с движущейся водой — одно из самых важных «подтверждений» теории относительности. В этой, как и во всех других наших работах [18], исследования

проводились при условии, что скорость света не обладает мистическим свойством инвариантности и в идеальной пустоте зависит от скорости движения источника.

И всегда возникает вопрос: почему мы должны анализировать все явления только с учётом постоянства скорости света и только поэтому соглашаться с тем, что время может замедляться, что масса тела увеличивается при увеличении скорости и тому подобное?

И вместо того, чтобы такое достижение человечества, как система GPS, анализировать, полагая, что время течёт быстрее или медленнее, не лучше ли провести прямой эксперимент по измерению времени распространения сигнала в одном направлении? Несмотря на то, что такой эксперимент не возможен из-за правила «синхронизации часов по Эйнштейну».

Эксперимент возможен и требует только того, чтобы на два движущихся по одной орбите спутника GPS поместить по одному обычному, за \$100 приёмнику GPS и заставить спутники обмениваться сигналами. Часы спутников синхронизированы и поэтому каждый приёмник сразу определяет время движения сигнала от второго спутника. И сразу увидят, что сигнал от первого спутника ко второму идёт дольше, чем от второго к первому. Потому что скорость распространения сигнала относительно спутника 2 меньше скорости относительно спутника 1.

Ссылки

- 1 Гравитационное замедление времени https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B8
- 2 Gravitational redshift <https://astronomy.swin.edu.au/cosmos/G/Gravitational+Redshift>
- 3 Gravitational redshift https://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_redshift
- 4 Global positioning system: signals, measurements, and performance <https://books.google.com/books?id=pv5MAQAIAAJ>
- 5 The global positioning system, relativity, and extraterrestrial navigation Neil Ashby and Robert A. Nelson 2008 <https://tf.nist.gov/general/pdf/2444.pdf>
- 6 Релятивистские эффекты в GPS <https://maxpark.com/community/5654/content/2027783>
- 7 What Does Gravitational Redshift Actually Mean? <https://www.secretsofuniverse.in/gravitational-redshift/>
- 8 Pound–Rebka experiment https://en.wikipedia.org/wiki/Pound%E2%80%93Rebka_experiment
- 9 Эксперимент Паунда и Ребки https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%9F%D0%B0%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%B0_%D0%B8_%D0%A0%D0%B5%D0%B1%D0%BA%D0%B8
- 10 Relativity in the Global Positioning System, Neil Ashby, 2003 <https://link.springer.com/article/10.12942/lrr-2003-1>
- 11 What the Global Positioning System Tells Us about Relativity, Tom Van Flandern http://acmephysics.narod.ru/b_r/gps.htm
- 12 Relativity in the Global Positioning System, Neil Ashby 2003 <https://link.springer.com/article/10.12942/lrr-2003-1>
- 13 Ives–Stilwell experiment https://en.wikipedia.org/wiki/Ives%E2%80%93Stilwell_experiment
- 14 Direct observation of the transversal Doppler-shift, D. Hasselkamp, E. Mondry, A. Scharmann, 1979 <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01435932>
- 15 Звездная aberrация и поперечный эффект Доплера. Геннадий Соколов, Виталий Соколов <https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Astrophysics/Download/2002>
- 16 Error analysis for the Global Positioning System https://en.wikipedia.org/wiki/Error_analysis_for_the_Global_Positioning_System
- 17 Optical Fizeau Experiment with Moving Water is Explained without Fresnel's Hypothesis and Contradicts Special Relativity, Gennadiy Sokolov and Vitali Sokolov <https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/8225>
- 18 Соколов Геннадий, Соколов Виталий <https://www.gsjournal.net/Science-Journals-Papers/Author/1768/Gennadiy.%20Sokolov>

Приложение

$$\begin{aligned} 1 \quad & 0.5650 \times 2\,184 / 299\,792.458 & + & 0.5 \times 0.1050 \times 2\,184 / 299\,792.458 \\ & 0.5650 \times 0.00728503983912764076273059544413 & + & 0.5 \times 0.1050 \times 0.00728503983912764076273059544413 \\ & 0.00411604750910711703094278642593 & + & 0.0003.8246459155420114004335626081683 \\ & & & \mathbf{0.00449851210066131817098614268675} \end{aligned}$$

- 2 $0.6708 \times 2\,000 / 299\,792.458 + 0.5 \times 0.1252 \times 2\,000 / 299\,792.458$
 $0.6708 \times 0.0066712819039630409915115342895 + 0.5 \times 0.1252 \times 0.0066712819039630409915115342895$
 $0.0044750959011784078971059372014 + 4.176222471880863660686220465226e-4$
0.00489271814836649426317455924792
- 3 $0.7960 \times 0.0066712819039630409915115342895 + 0.5 \times 0.164 \times 0.0066712819039630409915115342895$
 $0.00531034039555458062924318129444 + 5.47045116124969361303945811739e-4$
0.00585738551167954999054712710618
- 4 $0.960 \times 0.0066712819039630409915115342895 + 0.5 \times 0.2203 \times 0.0066712819039630409915115342895$
 $0.00640443062780451935185107291792 + 7.3484170172152896521499550198843e-4$
0.00713927232952604831706606841991
- 5 $1.1803 \times 0.0066712819039630409915115342895 + 0.5 \times 0.3059 \times 0.0066712819039630409915115342895$
 $0.0078741140312475772822810639219 + 0.00102037256721114711965168916958$
0.00889448659845872440193275309148
- 6 $1.4862 \times 0.0066712819039630409915115342895 + 0.5 \times 0.4422 \times 0.0066712819039630409915115342895$
 $0.00991485916566987152158444226105$
0.01138987959463609988480764249246
- 7 $1.9284 \times 0.0066712819039630409915115342895 + 0.5 \times 0.6735 \times 0.0066712819039630409915115342895$
 $0.01286490002360232824803084272387 +$
0.01511145420476188230192235189586
- 8 $2.6019 \times 0.0066712819039630409915115342895 + 0.5 \times 1.0995 \times 0.0066712819039630409915115342895$
 $0.01735800838592143635581386106785 +$
0.0210255456126251181408973270435
- 9 $3.7014 \times 0.0066712819039630409915115342895 + 0.5 \times 1.9781 \times 0.0066712819039630409915115342895$
 $0.02469308283932879992598079301916 +$
0.03129131420644344561863527600819
- 10 $5.6795 \times 0.0066712819039630409915115342895 + 0.5 \times 4.1205 \times 0.0066712819039630409915115342895$
 $0.03788954557355809131128975899722 +$
0.05163405411619794651405139751716

Сумма = **0.161 734 62242335662760402064550935** m / s