

<http://serg.fedosin.ru/gl.htm>

Теория гравитации Лесажа

[Материал из свободной русской энциклопедии «Традиция»](#)

Теория гравитации Лесажа является одной из [альтернативных теорий гравитации](#). В 1690 году швейцарский математик из Базеля Николас Фатио де Дуилье ^[1] и в 1748 году Жорж-Луи Ле Саж, родившийся и живший в Женеве, предложили простую кинетическую теорию [гравитации](#), которая дала механическое объяснение формуле для силы Ньютона. ^[2] Из-за того, что работа Фатио не была широко известна и оставалась неопубликованной длительное время, именно описание теории Ле Сажем стало темой повышенного интереса в конце 19 века, когда данная теория была изучена в контексте только что открытой кинетической теории газов. ^[3] К началу 20 века теория в некоторых своих частях полагалась неточной и даже опровергнутой, в основном из-за проблем, поднятых Максвеллом ^[4] и Пуанкаре. ^[5] Хотя теория Ле Сажа не рассматривается основным научным сообществом как главенствующая теория гравитации, она продолжает изучаться некоторыми исследователями. Причиной является отсутствие до сих пор точной теории квантовой гравитации и описания причины тяготения тел на микроуровне. Успехом теории стал вывод формулы Ньютона для гравитационного притяжения и выражения гравитационной постоянной через параметры, характеризующие потоки гравитонов, в работах Сергея Федосина 1999 – 2009 гг.

Содержание

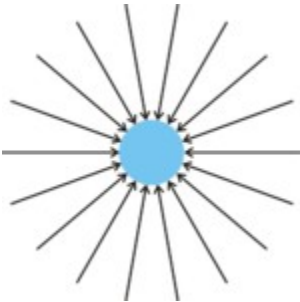
- 1 Основная теория
 - 1.1 Природа столкновений
 - 1.2 Обратно квадратичная зависимость
 - 1.3 Пропорциональность массе
- 2 Раннее развитие теории
 - 2.1 Фатио
 - 2.1.1 Некоторые свойства теории Фатио
 - 2.1.2 Приём теории Фатио научным сообществом
 - 2.2 Крамер, Редекер
 - 2.3 Ломоносов
 - 2.4 Ле Саж
 - 2.5 Основы концепции Ле Сажа
 - 2.6 Принятие теории Ле Сажа
- 3 Кинетическая теория
- 4 Волновые модели
- 5 Дальнейшее развитие теории
- 6 Предсказания и критика

- o 6.1 Вещество и частицы
 - o 6.2 Гравитационное экранирование
 - o 6.3 Скорость гравитации
 - o 6.4 Диапазон действия гравитации
 - o 6.5 Энергия
- 7 Негравитационные приложения и аналогии
- 8 Теория Ле Сажа в настоящее время
 - o 8.1 Федосин
- 9 Первичные источники
- 10 Вторичные источники
- 11 Внешние ссылки

- 12 Смотрите также

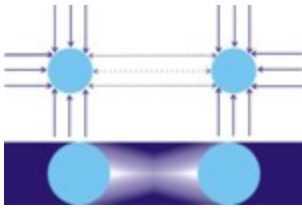
Основная теория

Теория утверждает, что сила гравитации – это результат движения крошечных частиц, двигающихся на высокой скорости во всех направлениях во Вселенной. Интенсивность потока частиц предполагается одинаковой во всех направлениях, таким образом, удалённый от всех других тел объект А ударяется частицами со всех сторон, в результате чего он подвергается давлению вовнутрь себя, но не подвергается направленной силе (P1).



P1: Одно тело. Нет чистой направленной силы

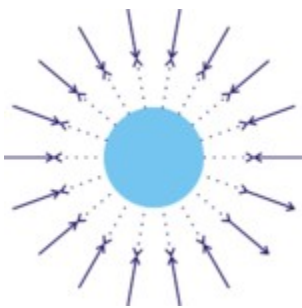
Однако, в случае присутствия второго объекта В часть частиц, которые иначе бы ударили по объекту А со стороны В, экранируется, таким образом В работает как экран, т.е. с направления В по объекту А ударит меньше частиц, чем с противоположного направления. Аналогично, объект В будет ударен меньшим количеством частиц со стороны А, по сравнению с противоположной стороной. Можно сказать, что объекты А и В «экранируют» друг друга, и оба тела прижимаются друг к другу результирующим дисбалансом сил (P2). Таким образом, притяжение между телами в данной теории на самом деле является уменьшенным давлением на каждое тело гравитационных частиц со стороны других тел. По этой причине данную теорию иногда называют «push гравитация» или «теневая гравитация», хотя наиболее часто встречается название «гравитация Ле Сажа».



P2: Два тела притягивают друг друга

Природа столкновений

Если соударение тела А и гравитационных частиц полностью упруго и изотропно, интенсивность отраженных частиц будет настолько же сильной, как и входящих частиц, т.е. чистая направленная сила не возникнет. Данное утверждение в некоторой степени верно и в том случае, если мы введём второе тело В, которое будет действовать как экран для гравитационных частиц в направлении тела А. Гравитационная частица С, которая в обычной ситуации ударила бы по объекту А, блокируется В, но другая частица D, которая в обычной ситуации не ударила бы по А, перенаправляется упругим отражением на объект В, и следовательно заменяет С. Таким образом, если столкновение полностью упруго, отраженные частицы между объектами А и В компенсируют «экранирующий» эффект. Чтобы объяснить суть гравитационной силы, мы должны предположить, что соударение частиц не является полностью упругим, или хотя бы то, что отражённые частицы замедляются, т.е. их импульс уменьшается после столкновения. Это приведёт к тому, что от объекта А отходит поток с уменьшенным импульсом, но приходит поток с неизменённым импульсом, таким образом появляется чистый направленный импульс к центру объекта А (P3). Если принять это предположение, то отраженные частицы в случае двух взаимодействующих тел полностью не компенсируют экранирующий эффект из-за того, что отражённый поток слабее, чем падающий на тело поток.

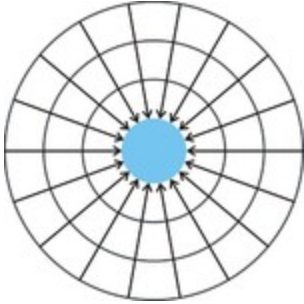


P3: Противоположные потоки

Обратно квадратичная зависимость

Из нашего предположения, что по крайней мере некоторые гравитационные частицы, сходящиеся на объекте, поглощаются или замедляются данным объектом, следует, что интенсивность потока гравитационных частиц, испускаемого от

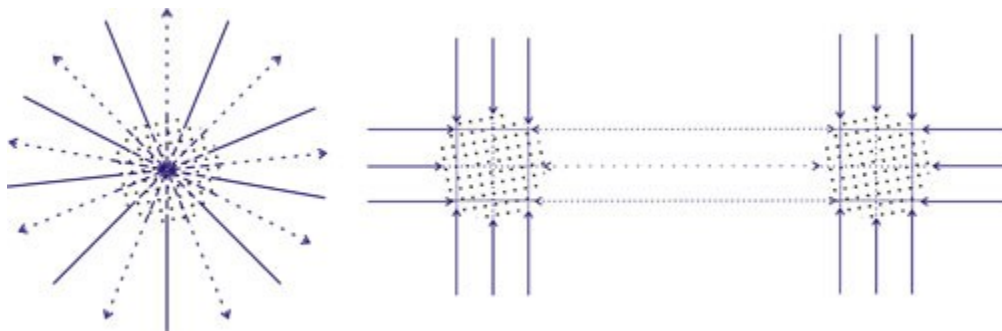
массивного объекта, меньше, чем интенсивность потока, падающего на данный объект. Можно предположить, что этот дисбаланс импульса потока и соответственно силы, приложенной к любому телу вблизи объекта, распределён по сферической поверхности с центром на данном объекте (P4). Дисбаланс импульса потока над всей сферической поверхностью, окружающей объект, не зависит от размера окружающей сферы, в тоже время площадь поверхности сферы увеличивается пропорционально квадрату радиуса. Следовательно, дисбаланс импульса на единицу площади уменьшается в обратно квадратичной зависимости от расстояния.



P4: Обратно квадратичная зависимость

Пропорциональность массе

Из предположений, указанных выше, вытекает сила, которая прямо пропорциональна только поверхности тела. Но сила гравитации пропорциональна также массам. Чтобы удовлетворить необходимость в пропорциональности от массы, теория утверждает, что: а) базовые элементы материи очень малы, таким образом, материя в основном состоит из пустого пространства; б) что гравитационные частицы настолько малы, что только очень малая часть из них перехватывается материей. В результате этого, «тень» каждого тела прямо пропорциональна поверхности каждого из базовых элементов материи. Если теперь предположить, что элементарные непрозрачные (для гравитационных частиц) элементы всей материи идентичны (т.е. имеют одинаковое отношение плотности к поверхности), то из этого следует, что экранирующий эффект (хотя бы приблизительно) пропорционален массе (P5).



P5: Проницаемость, затухание и пропорциональность массе

Раннее развитие теории

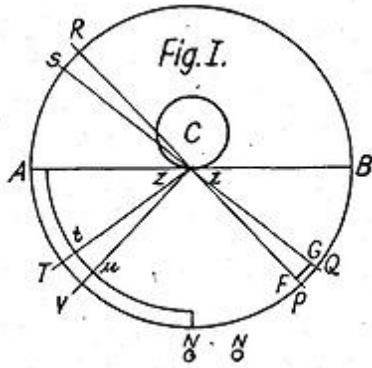
Фатио

Фатио представил первую формулировку своих мыслей о гравитации в письме к Гюйгенсу весной 1690 года.^[1] Два дня спустя он зачитал содержание письма перед Лондонским Королевским обществом. В последующие годы Фатио написал несколько черновых рукописей своего главного труда «De la Cause de la Pesanteur», но они так и не были изданы при его жизни. В 1731 г. Фатио послал свою теорию как поэму на латинском языке в стиле Лукреция в Парижскую академию наук, но она не была принята к рассмотрению. Некоторые фрагменты рукописей Фатио, включая поэму, были в последующем приобретены Ле Сажем (см. ниже), но он не смог найти издателя для рукописей Фатио.^[6] На основании этих фрагментов и конспекта, сделанного самим Фатио, Бернард Гагнебин в 1949 г. попытался восстановить труды Фатио.^[7] Гагнебин не знал, что полная копия одного из ранних черновиков, написанных в 1701 году, была найдена Карлом Боппом в 1915 году среди бумаг семьи Бернулли и легла в основу издания труда Фатио, опубликованного Боппом в 1929 году.^[8] Издание Боппа более подробное, чем издание Гагнебина, но издание Гагнебина включает в себя исправления, сделанные Фатио до 1743 года включительно, на 40 лет позже создания черновика, на котором основывается издание Боппа. Для детального анализа труда Фатио и сравнением между изданиями Боппа и Гагнебина – смотрите публикации Зехе.^[9] Приведённое ниже описание проблем большей частью основано на издании Боппа. Они были названы Фатио «Проблемы I-IV», в тоже время между Проблемой I и проблемой II формулируется 5 теорем. Проблемы II-IV составляют вторую половину издания Боппа и содержат математически наиболее передовые идеи теории Фатио, но они не были включены Гагнебиным в его издание трудов Фатио.

Некоторые свойства теории Фатио

Пирамида Фатио (Проблема I):^{[1] [10]} Фатио предположил, что вселенная наполнена мельчайшими корпускулами, которые движутся с очень высокой скоростью беспорядочно и прямолинейно во всех направлениях. Чтобы проиллюстрировать свои мысли, он использовал следующий пример: Вообразим объект S , на котором расположена бесконечно маленькая плоскость zz и нарисована сфера с центром в zz . В эту сферу Фатио поместил пирамиду $PzzQ$, в которой некоторые корпускулы движутся в направлении zz , а также некоторые корпускулы, которые уже были отражены объектом S и, следовательно, покидают плоскость zz . Фатио предположил, что средняя скорость отражённых частиц меньше и следовательно импульс слабее, чем у падающих на тело корпускул. В результате получается *один поток*, который толкает все тела по направлению к zz . Таким образом, с одной стороны скорость потока остаётся постоянной, но с другой стороны при большей близости к zz плотность потока увеличивается и следовательно его интенсивность

пропорциональна $1/r^2$. А так как можно нарисовать бесконечное количество таких пирамид вокруг C , пропорциональность $1/r^2$ приложима ко всей области вокруг C .



Р6: Пирамида Фатио

Уменьшенная скорость: Чтобы подтвердить ту мысль, что корпускулы после отражения движутся с уменьшенными скоростями, Фатио сделал следующие предположения: ^[1] ^[11] а) обыкновенное вещество или гравитационные корпускулы, или и то и другое – неупруги; б) столкновения полностью упруги, но корпускулы не абсолютно твёрдые, и следовательно переходят в состояние вибрации после соударения и(или) в) из-за трения корпускулы начинают вращаться после столкновения. Эти отрывки теории Фатио – наиболее малопонятны, потому что он так и не решил, какой из вариантов столкновений наиболее предпочтителен. ^[12] Однако в последней версии своей теории в 1742 году он сократил связанные отрывки и написал «полная упругость или пружинистая сила» для корпускул и «неполная упругость» для обыкновенного вещества, следовательно корпускулы должны отражаться с уменьшенными скоростями. ^[13]

Вдобавок, Фатио столкнулся с другой проблемой: что происходит, когда корпускулы сталкиваются друг с другом? Неупругое столкновение приводит к постоянному уменьшению скорости корпускул и следовательно к уменьшению гравитационной силы. Чтобы избежать данной проблемы, Фатио предположил, что диаметр корпускул очень мал по сравнению с расстоянием между ними, таким образом, взаимодействия между корпускулами происходят очень редко.

Конденсация: ^[14] Чтобы смягчить противоречия, которые возникли из-за того, что чем меньше скорость корпускул, тем больше корпускул должно аккумулироваться около тел, Фатио предположил, что корпускулы отражаются в пирамиду $TzzV$ (Р6). Если скорость корпускул была бы одной и той же, то за определённое время корпускулы, приходящие со стороны PQ , достигали бы C , затем отраженные частицы приходили бы в TV . Но из-за уменьшенной скорости после взаимодействия в C корпускулы за данное время дойдут только до tu . Однако, это не приводит к бесконечному накоплению частиц, а только к конденсации, т.к. увеличенная плотность остаётся постоянной. Фатио указал на то, что, продолжая увеличивать скорость, Tt может стать сколько угодно малым по отношению к TZ .

Пористость обыкновенного вещества:^[15] Чтобы обеспечить пропорциональность массе, Фатио предположил, что обыкновенное вещество чрезвычайно пронизуемо для гравитационной жидкости (потока корпускул). Он сделал наброски 3 моделей, чтобы подтвердить своё предположение. а) Фатио предположил, что материя состоит из маленьких «шариков», диаметр которых по сравнению с расстоянием между ними «бесконечно» мал. Но он отбросил данное предположение, на основании того, что при таких условиях «шарики» будут стремиться друг к другу, и тело не будет оставаться «стабильным». б) После этого он сделал предположение, что «шарики» могут быть соединены линиями или прутьями, и формируют в некотором роде кристаллическую решетку. Однако он признал негодной и эту модель тоже. Если некоторые атомы находятся рядом друг с другом, то гравитационная жидкость не сможет проникнуть в эту структуру одинаково со всех сторон, и соответственно пропорциональность массе невозможна. в) В конце концов, Фатио убрал и «шарики», оставив только линии или сетку. Сделав линии «бесконечно» тонкими по сравнению с расстоянием между ними, можно достигнуть таким образом максимальной пронизательной способности.



Р7: Модель вещества с кристаллической решёткой (двадцатигранник)

Сила давления корпускул (Проблема II):^[16] Уже в 1690 году Фатио предположил, что «толкающая сила», вызываемая корпускулами на ровную плоскость при разных направлениях движения корпускул, в 6 раз меньше, чем сила, которая была бы создана этими же корпускулами, если бы они двигались только по нормали к поверхности. Фатио приводит доказательство своего предположения, путём определения силы, которая вызывается корпускулами в определённой точке плоскости площадью zz . Он выводит формулу $f = \rho v^2 zz / 6$. Это решение очень похоже на формулу, известную в кинетической теории газов для давления $p = f / zz = \rho v^2 / 3$, которая была найдена Даниилом Бернулли в 1738 году. Возможно, что это первый раз, когда наблюдается близкая аналогия между таким видом гравитационной теории и кинетической теорией газов – *задолго* до развития базовых концепций последней из указанных теорий. Однако значение, полученное Бернулли, в 2 раза больше, чем значение Фатио, потому что (по Зехе), Фатио рассчитал только значение mv для изменения импульса после столкновения, а не $2mv$, и следовательно получил неправильный результат (его результат верен только для полностью неупругого столкновения). Фатио пытался использовать своё решение не только для объяснения гравитации, но также и для объяснения поведения газов. Он попытался сконструировать термометр, который должен был

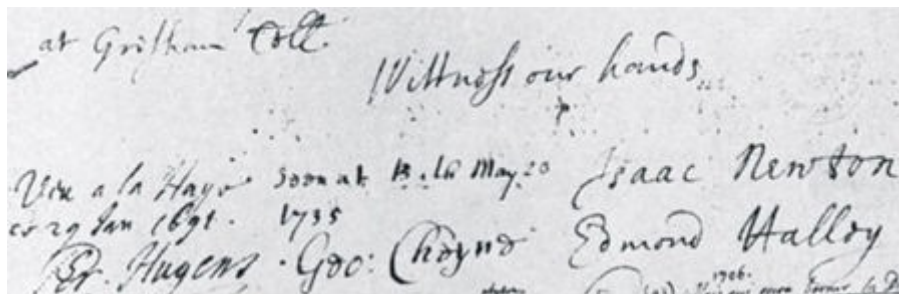
показывать «состояние движения» молекул воздуха и, следовательно, определять температуру. Но Фатио (в отличие от Бернулли) не идентифицировал теплоту с движением частиц воздуха, он использовал другую субстанцию, которая должна была быть ответственной за этот эффект.^[17] Также не известно, оказали ли труды Фатио влияние на Бернулли или нет.

Бесконечность (Проблема III):^[18] В этой главе Фатио исследует связь между понятием «бесконечность» и её отношением к своей теории. Фатио часто объяснял свои предположения тем фактом, что различные явления «бесконечно меньше или бесконечно больше», чем другие, и таким образом многие проблемы могут быть уменьшены до неопределяемого значения. Например, диаметр «переборки» в ячейках вещества «бесконечно меньше», чем расстояние между ними, или что скорость корпускул «бесконечно больше», чем у обыкновенного вещества, или разница в скорости между отраженными или неотраженными корпускулами «бесконечно маленькая».

Сопrotивление среды (Проблема IV):^[19] Это математически самая сложная часть теории Фатио. Здесь он пытается оценить сопротивление потока корпускул движущемуся телу. Предположим, что u - скорость обыкновенного вещества, v – скорость гравитационных частиц и ρ – плотность среды. В случае, если $v \ll u$ и $\rho = const$, Фатио сделал вывод, что сопротивление равно ρu^2 . В случае, если $v \gg u$ и $\rho = const$, сопротивление равно у него $4\rho uv/3$. В этом месте Ньютон, изучавший теорию Фатио, констатировал, что отсутствие сопротивления орбитальному движению планет требует чрезвычайной разреженности любой среды в космосе. Поэтому Фатио уменьшил плотность среды и заявил, что для сохранения достаточной гравитационной силы это уменьшение должно быть компенсировано изменением v «обратно пропорционально квадратному корню из плотности». Это следует из корпускулярного давления Фатио, которое пропорционально ρv^2 . Согласно Зехе, попытка Фатио увеличить v до очень больших значений, действительно сделает сопротивление очень маленьким по сравнению с гравитацией, из-за того, что сопротивление в модели Фатио пропорционально ρuv , а гравитация (т.е. давление корпускул) пропорциональна ρv^2 .

Приём теории Фатио научным сообществом

Фатио контактировал с некоторыми из самых известных учёных своего времени – в частности, некоторые из них подписали его рукопись:



Р8: Подписи Галлея, Гюйгенса и Ньютона на рукописи Фатио

Ньютон: в 1690-1693 годах между Фатио и Ньютоном существовали «сильные личные отношения». Утверждения Ньютона о теории Фатио сильно различаются. Например, после описания необходимых условий механического объяснения гравитации, в 1692 году он написал в (неопубликованной) записке в своей собственной копии "Principia":

Уникальная гипотеза, которая может объяснить гравитацию, была разработана самым гениальным геометром мистером Н. Фатио.^[20]

С другой стороны, сам Фатио заявлял, что хотя Ньютон лично пояснил, что теория Фатио является самым лучшим возможным механическим объяснением гравитации, но Ньютон склонялся также к идее, что настоящее объяснение гравитации не является только механическим. Также, Давид Грегори (Gregory) сделал заметку в своей "Memoranda": «Мистер Ньютон и мистер Галлей смеялись над манерой изложения гравитации Фатио». Это якобы было замечено им 28 декабря 1691 года. Однако, настоящая дата неизвестна, т.к. и чернила и перо, которые использовались, отличаются от остальной части страницы.^[21] После 1694 года отношения между Фатио и Ньютоном охладели.

Гюйгенс был первым человеком, проинформированным Фатио о своей теории, но он никогда не считал эту теорию окончательной. Фатио верил, что убедил Гюйгенса в состоятельности своей теории, но Гюйгенс опроверг это в своём письме к Лейбницу.^[22] Также существовала короткая переписка по теории между Фатио и Лейбницем. Последний критиковал теорию Фатио за наличие пустого пространства между частицами, существование которого отрицалось Лейбницем на философской почве.^[23] Якоб Бернулли проявил интерес к теории Фатио, и побудил Фатио записать свои мысли о гравитации в законченной рукописи, что и было сделано Фатио. Бернулли после этого скопировал рукопись, которая теперь находится в библиотеке университета Базеля, и на которой основано издание Боппа.^[24]

Тем не менее, теория Фатио оставалась в основном неизвестной для учёных (кроме некоторых исключений, например Крамера и Ле Сажа) из-за того, что а) он не смог формально опубликовать свои работы и б) он попал под влияние группы религиозных фанатиков, называющих себя комиссарды, и его публичная репутация была разрушена.

Крамер, Редекер

В 1731 году швейцарский математик Габриель Крамер опубликовал диссертацию,^[25] в конце которой появился набросок теории, абсолютно похожей на теорию Фатио (включая «сетевидную» структуру вещества, аналогию со светом, экранирование и т.д.), но без упоминания имени Фатио. Фатио было известно, что Крамер имел доступ к копии его главной работы, так что он обвинил Крамера в

плагиате теории без её понимания. Крамер также проинформировал Ле Сажа о теории Фатио в 1749 году. В 1736 году немецкий врач Редекер тоже публикует похожую теорию.^[26] Как Ле Саж и затем Превост, Редекер предположил, что частицы в его модели абсолютно неупруги, но не дал точный анализ феномена. Существовала ли связь между Фатио и Редекером – неизвестно.

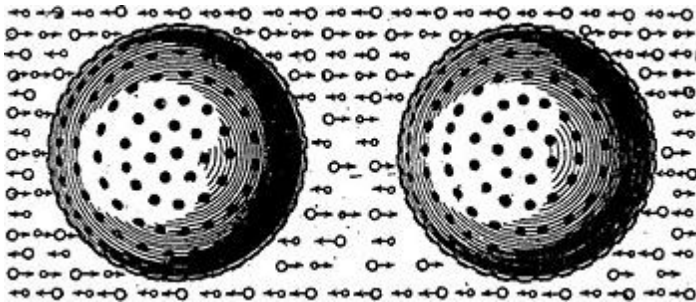
Ломоносов

За несколько лет до Ле Сажа Ломоносов также интерпретировал тяготение как приталкивание тел друг к другу некими корпускулами.^[27]

Ле Саж

Первое описание своей теории *Essai sur l'origine des forces mortes* было отправлено Ле Сажем в Парижскую Академию наук в 1748 году, но оно так и не было опубликовано.^[6] По словам Ле Сажа, после создания и отправки своего эссе он был проинформирован о теориях Фатио, Крамера и Редекера. Только в 1756 году в первый раз одно из описаний его теории было опубликовано,^[2] а в 1758 году он отправил более детальное описание теории под названием *Essai de Chymie Méchanique* на конкурс в Академию наук Руана.^[28] В этом труде он пытался объяснить как природу гравитации, так и силы химического притяжения. Описание теории, которое стало доступным широкой публике, называлось *Lucrèce Newtonien*, в этом описании была раскрыто соответствие данной теории с представлениями Лукреция.^[29] Описание теории на английском языке имеется в издании:^[30] Ещё одно описание теории из записок Ле Сажа было опубликовано после смерти автора в 1818 году Пьером Превостом.^[31]

Основы концепции Ле Сажа



Р9: Корпускулы Ле Сажа между двумя телами

Р9: Корпускулы Ле Сажа

Ле Саж детально описал теорию и сделал количественные теоретические оценки некоторых параметров.

- Он назвал гравитационные частицы *внеземными частицами*, поскольку предполагал, что они возникают за пределами нашей видимой вселенной.

Распределение потока внеземных частиц является изотропным и законы его распространения такие же, как у света.

- Ле Саж доказывал, что гравитационная сила не будет возникать, если столкновения частиц с материей будут полностью упругими. Поэтому он предположил, что частицы и основные составляющие материи "абсолютно твёрдые" и утверждал, что это влечёт усложнённую форму взаимодействия, частично неупругую в направлении, нормальном к поверхности обычной материи, и полностью упругую в тангенциальном направлении. При этом средняя скорость рассеянных частиц равна $2/3$ от их начальной скорости. Чтобы избежать неупругого взаимодействия между самими частицами, он предположил, что диаметр частиц много меньше расстояния между ними.
- В предположении, что сопротивление потоку частиц пропорционально uv (где v есть скорость частиц, u - скорость материального тела), а гравитация пропорциональна v^2 , отношение сопротивление/гравитация может быть сделано бесконечно малым при увеличении v . Отсюда он заключил, что внеземные частицы могли бы двигаться со скоростью света, но при дальнейшем рассмотрении он увеличил скорость частиц до величины, в 10^5 раз большей скорости света.
- Чтобы обеспечить пропорциональность силы гравитации массе тел, материя должна состоять из структур в виде ячеек, размер которых в 10^7 раз меньше расстояния между ними. При этом ядра ячеек много меньше размеров ячеек (почти в 10^{20} раз), так что частицы могут свободно проходить между ними.
- Ле Саж также пытался использовать экранирующий эффект для подсчёта силы сцепления в веществе и других сил, предполагая существование нескольких видов внеземных частиц различных размеров, как показано на Р9.

Ле Саж считал, что он был первым, кто вывел все следствия из теории. Превост также полагал, что теория Ле Сажа более развитая, чем теория Фатио.^[6] Однако Зехе из сравнения обеих теорий и тщательного анализа рукописей Фатио (которые были и в распоряжении Ле Сажа) приходит к заключению, что Ле Саж не добавил чего-то существенно нового и не превзошёл уровень теории Фатио.^[9]

Принятие теории Ле Сажа

Идеи Ле Сажа не были хорошо приняты в его дни, исключая нескольких его друзей – Pierre Prévost, Charles Bonnet, Jean-André Deluc и Simon Lhuillier. Они описали теорию Ле Сажа в своих книгах и статьях, которые были использованы их последователями как вторичные источники теории Ле Сажа (из-за отсутствия публикации теории самим Ле Сажем).

Эйлер, Бернулли и Боскович

Леонард Эйлер однажды отметил, что модель Ле Сажа была "несравненно лучше", чем модель любого другого автора, и что все возражения сбалансированы в этой модели. Позже он сказал, что аналогия гравитационных частиц со светом не может

быть значительна, поскольку верил в волновую природу света. При дальнейшем рассмотрении Эйлер разочаровался в модели, о чём и сообщил Ле Сажу:^[32]

«*Вы должны извинить меня, Сэр, за мою большую нерасположенность к вашим вземным частицам, но я всегда предпочитаю признаваться в своём невежестве причины гравитации, чем прибегать к помощи такой странной гипотезы.*»

Даниилу Бернулли было приятно находить подобие модели Ле Сажа и его собственных идей о природе газов. Однако Бернулли был того мнения, что его кинетическая теория газов носила скорее математический характер, и точно также он рассматривал теорию Ле Сажа как в высшей степени математическую теорию.^[33]

Боскович (Roger Joseph Boscovich) указал, что теория Ле Сажа является первой, которая действительно объясняет гравитацию на механической основе. Он однако отверг модель из-за огромного количества требуемых вземных частиц. John Playfair описал аргументы Босковича следующим образом:

«*Идея о том, что безмерное множество атомов, судьбой которых является нескончаемое путешествие в бесконечном пространстве, без изменения направления их движения или возврата к тому месту, откуда они начали своё движение, является предположением, весьма слабо поддерживаемым принципом экономии природы. Встаёт вопрос об источниках этих бесчисленных потоков частиц; должны ли они учитывать непрерывное созидание энергии частиц, неограниченное во времени и пространстве?*»^[34]

Похожий аргумент был дан позже Максвеллом (смотри ниже). Кроме этого Боскович совсем отрицал существование контактного и непосредственного действия частиц, но предполагал отталкивающее и притягивающее действие на расстоянии.

Лихтенберг, Кант и Шеллинг

Лихтенберг (Georg Christoph Lichtenberg)^[35] узнал о теории Ле Сажа из "Lucrece Newtonien", согласно Превосту. Лихтенберг вначале думал (подобно Декарту), что каждое объяснение природных феноменов должно быть основано на прямолинейном движении и передаче импульса, и теория Ле Сажа удовлетворяла этим требованиям. В 1790 г. он выразил в одной из своих рукописей своё восхищение данной теорией, веря, что она включает в себя всё наше знание и делает дальнейшие исследования излишними. Он высказался следующим образом: "Если эта теория является фантазией, то она кажется великой и наиболее завораживающей из всех остальных..." и мы можем заполнить ею пробел в наших книгах, который может быть заполнен лишь подобной фантазией.^[36]

Лихтенберг часто ссылаясь на теорию Ле Сажа в своих лекциях по физике в университете Геттингена. Однако около 1796 г. он изменил свои взгляды после изучения аргументов Иммануила Канта, который критиковал любые теории, в которых притяжение объяснялось через передачу импульса.^[37] Кант указывал, что само существование пространственно разделённых конфигураций вещества, таких как частицы ненулевого радиуса, доказывает необходимость некоторого вида стягивающих сил, обеспечивающих соединение различных частей вместе. Далее, эта сила не может быть просто объяснена давлением гравитационных частиц, поскольку в таком случае сами эти частицы также должны быть целостными вследствие аналогичной причины. Чтобы избежать порочного круга в доказательстве, Кант предполагал существование фундаментальной притягивающей силы. Это было точно то же возражение, которое появлялось против импульсной доктрины Декарта в предыдущем веке, и привело Декарта к забвению этого аспекта его философии.

Другой немецкий философ, Фридрих Вильгельм Джозеф Шеллинг, отвергал модель Ле Сажа, поскольку её механический материализм был несовместим с идеалистической и антиматериалистической философией Шеллинга.^[38]

Лаплас

Рассматривая теорию Ле Сажа, Пьер-Симон Лаплас предпринял попытку определения [скорости гравитации](#), которая согласовывалась бы с астрономическими наблюдениями. Он высчитал, что эта скорость должна быть “по крайней мере в сотни миллионов раз больше скорости света”, чтобы избежать неприемлемо больших неравенств в эффектах аберрации при движении Луны.^[39] Это было использовано большинством исследователей, включая самого Лапласа, как поддержка ньютоновской концепции непрерывного действия на расстоянии, и указывало на вероятную неправдоподобность любой модели типа модели Ле Сажа. К огорчению Ле Сажа, Лаплас никогда прямо не цитировал в своих работах теорию Ле Сажа.

Кинетическая теория

Поскольку теории Фатио, Крамера и Редекера не были широко известны, во второй половине девятнадцатого века к теории Ле Сажа стал возрастать интерес, совпав с развитием кинетической теории.

Лерой

Согласно теории Ле Сажа гравитационные частицы должны терять скорость при столкновениях с обычным веществом (для возникновения гравитационной силы), и тогда большое количество энергии должно переходить во внутреннюю энергию. Если частицы не имеют возможности сами аккумулировать эту энергию, то избыток энергии должен перейти веществу. Изучая эту проблему, Лерой (P. Leraу)^[40] предложил модель с частицами, аналогичную модели Ле Сажа, в которой

энергия столкновений в телах порождает магнетизм и теплоту. Он предположил, что это могло бы дать ответ на вопрос, что является источником энергии, приходящей от звёзд.

Кельвин и Таит

Теория Ле Сажа стала объектом повышенного интереса в конце 19 века после появления статьи, опубликованной Кельвиным в 1873 г.^[41] В отличие от Лероя, который трактовал тепловую проблему не количественно, Кельвин установил, что поглощаемая энергия настолько велика, что её достаточно, чтобы превратить в пар любой объект в доли секунды. Так Кельвин пришёл к идее, которую Фатио предполагал ещё в 1690 г. при попытке рассмотреть термодинамическую проблему, связанную с теорией Ле Сажа. Кельвин предположил, что избыточная теплота могла бы преобразовываться во внутреннюю энергию частиц, основываясь на гипотезе о вращательной природе материи. Другими словами, первоначальная энергия прямолинейного движения трансформируется во внутреннюю вращательную и колебательную энергию частиц. Исходя из утверждения Клаузиуса о том, что энергия различных видов внутреннего движения молекулярного газа имеет тенденцию приобретать фиксированную долю от общей энергии, Кельвин пришёл к утверждению, что *энергичные*, но не быстро движущиеся частицы будут сохранять своё начальное состояние благодаря соударениям (на космологической шкале) с другими частицами. Кельвин также доказывал, что было бы возможно извлечь неограниченное количество свободной энергии из потоков внеземных частиц, и на этой основе описал соответствующий вечный двигатель. (Недостатком в доказательстве Кельвина вероятно было то, что утверждение Клаузиуса о распределении энергии может применяться только к обычному веществу, находящемуся в термодинамическом равновесии с потоками внеземных частиц, но тогда исчезает гравитационный эффект).

Соответственно, Таит (Peter Guthrie Tait) назвал теорию Ле Сажа удовлетворительным объяснением гравитации для текущего времени. По этому поводу он сказал:

«*Самое необычайное в этой теории, если она является истинной, это сведение всех видов энергии к энергии кинетического движения.*»
[42]

Сам Кельвин был однако не очень оптимистичным в отношении того, что теория Ле Сажа может дать удовлетворительное объяснение гравитации. После его короткой статьи 1873 г., указанной выше, он никогда не возвращался более к этой теме, кроме следующего его комментария:

«*Кинетическая теория материи является гипотезой до тех пор,*»

пока она не станет способной объяснить химическое сродство, электричество, магнетизм, гравитацию, инерцию центростремительного ускорения, и другие аналогичные вещи. Теория Ле Сажа могла бы дать объяснение гравитации и её отношения к инерции масс, на основе вихревой концепции и изотропии гравитации, однако кристаллы явно не изотропны. Нам некому указать тот путь, который мог бы привести к преодолению указанных трудностей, подойти к ним с той стороны, где что-то уже найдено или предполагается быть открытым. ^[43]

Престон

Престон (Samuel Tolver Preston) ^[44] показал, что большинство постулатов, введённых Ле Сажем в отношении гравитационных частиц, такие как прямолинейное движение, редкие столкновения и т.д., могли бы следовать из того, что эти частицы подобны газу, в котором на космологической шкале длина свободного пробега очень велика. Престон разделял предположение Кельвина о дополнительных внутренних энергетических состояниях частиц. Он пояснял модель Кельвина на примере столкновения стального кольца и наковальни – наковальня будет оставаться в покое, а стальное кольцо начнёт вибрировать и отскочит с уменьшенной скоростью. Престон выводил, что длина свободного пробега частиц по крайней мере не менее расстояния между планетами, так что на достаточно больших расстояниях частицы обмениваются энергией движения за счёт столкновений друг с другом. Отсюда следует его вывод об исчезновении силы гравитации между телами на больших расстояниях, *независимо от размеров тел.* Друде (Paul Drude) утверждал в связи с этим, что имеется возможность связать между собой идеи Ньюмана (Carl Gottfried Neumann) и Зеелигера (Hugo von Seeliger), которые полагали возможным поглощение гравитации в открытом космосе. ^[45]

Максвелл

Обзор теории Кельвина и Ле Сажа был опубликован Максвеллом в девятом издании энциклопедии Britannica под заголовком *Атом* в 1875 г. ^[46] После описания основных концепций теории он написал (с сарказмом, согласно Aronson): ^[47]

«*Здесь кажется должна быть дорожка, ведущая к объяснению закона гравитации, которая, взятая с учётом всех известных фактов, может превратиться в столбовую дорогу, ведущую к самым глубоким тайнам науки.*



Максвелл комментировал предположение Кельвина о разных энергетических состояниях частиц, что делает их не простыми примитивными сущностями, а скорее системами с внутренними состояниями, которые сами должны удерживаться силами притяжения, требующими объяснения. Он доказывал, что

температура тел должна стремиться к величине, соответствующей средней кинетической температуре внеземных частиц. Последняя же величина должна быть очень высокой, что приводит к заключению о том, что вещество испепелится и сгорит за несколько секунд после начала бомбардировки частицами Ле Сажа. Максвелл писал:

« Мы отвели больше места для описания этой теории, чем она этого заслуживает, потому что она простая и является теорией, в которой причина гравитации раскрывается настолько, чтобы её можно было критиковать и защищать. »

Максвелл также доказывал, что теория требует "неограниченного расхода внешней мощности" на создание гравитационных частиц и следовательно нарушает закон сохранения энергии как фундаментальный принцип природы. Престон ответил на критику Максвелла тем, что кинетическая энергия каждой простой частицы может быть сделана бесконечно малой при условии малой массы частицы (при большой концентрации частиц). Этот вопрос позже обсуждался более детально Пуанкаре, который считал, что термодинамическая проблема в модели Ле Сажа остаётся нерешённой.

Isenkrahe, Rysanek, du Bois-Reymond

Caspar Isenkrahe представил свою модель в ряде публикаций в 1879-1915 гг. ^[48] Его основные положения весьма близки к тем, что и в моделях Ле Сажа и Престона, но он более детально использовал кинетическую теорию. Однако его аргумент об уменьшении скорости частиц после столкновений без увеличения энергии других объектов противоречил закону сохранения энергии. Isenkrahe отметил возможную связь между весом тел и их плотностью (поскольку изменение плотности вероятно изменяет гравитационное экранирование), отсюда и из эффекта термического расширения он заключил, что тёплые тела должны быть тяжелее, чем холодные.

В другой модели А. Rysanek в 1887 г. ^[49] сделал тщательный анализ, используя закон Максвелла о распределении скоростей частиц в газе. Он различал между собой гравитационный и светоносный эфир. Такое разделение обоих сред было необходимым потому, что согласно его расчётам отсутствие любого тормозящего эффекта в гравитационном эфире при движении Нептуна давало минимальное значение для скорости частиц порядка $5 \cdot 10^{17}$ м/с. Подобно Лерою Rysanek доказывал, что поглощённая энергия конвертируется в теплоту, которая могла бы переходить в светоносный эфир и/или поддерживать излучение от звёзд. Однако эти качественные оценки не соответствуют количественным выводам в отношении тепла, производимого частицами в телах (при условии полного поглощения их энергии).

В 1888 г. Paul David Gustav du Bois-Reymond высказался против модели Ле Сажа, частично потому, что предсказанная сила гравитации не является прямо

пропорциональной массе. Для того, чтобы достичь пропорциональности массе как в законе Ньютона, (в котором ничего не говорится об эффекте экранирования, насыщения силы и неограниченной пористости вещества), поток внеземных частиц должен быть неограниченно интенсивным. Du Bois-Reymond отверг это как абсурд. Вдобавок, du Bois-Reymond подобно Канту уточняет, что теория Ле Сажа не может достичь своей цели, поскольку она использует концепции, подобные "упругости" и "абсолютной твёрдости", которые (по его мнению) сами могут быть объяснены только с помощью сил какого-то притяжения. Та же самая проблема возникает для сил сцепления в молекулах. В результате основная цель такой модели, которая давала бы распределение элементарных сил притяжения, не достигается без дополнительных предположений.^[50]

Волновые модели

Keller и Boisbaudran

В 1863 г. F.A.E. и Em. Keller^[51] была представлена теория, использующая механизм типа Ле Сажа в комбинации с продольными волнами эфира. Было предположено, что эти волны распространяются во всех направлениях и теряют свой импульс при столкновениях с телами, так что давление от волн между телами становится меньше, чем давление снаружи тел. В 1869 г. L. de Boisbaudran^[52] описал ту же самую модель, что и Лерой (включая поглощение энергии и производство тепла в телах и т.д.), но как и Keller он заменил частицы продольными волнами в эфире.

Лоренц

После описанных выше попыток ряд авторов в начале 20 века использовали электромагнитное излучение в качестве частиц Ле Сажа. Это было связано с теорией эфира Лоренца и электронной теорией того времени, когда было доказано электрическое строение вещества.

В 1900 г. Лоренц^[53] написал, что частицы в модели Ле Сажа несовместимы с электронной теорией. Однако регистрация давления от световых электромагнитных волн и проникающая способность рентгеновских лучей (х-лучей) привели его к заключению, что ничто не противоречит существованию ещё более проникающей радиации, которая могла бы быть основой частиц Ле Сажа. Лоренц показал, что притягивающая сила между заряженными частицами (как некоторая модель элементарных единиц материи) могла бы появиться при условии поглощения энергии. Это была та же самая проблема, что сопровождала модель частиц. Лоренц писал:

«*То обстоятельство, что такое притяжение существует в отсутствие проявления электромагнитной энергии, является настолько серьёзной трудностью, что не может рассматриваться как окончательное объяснение гравитации. Имеются и другие*

»

доводы. Если механизм гравитации состоит в колебаниях, которые пересекают эфир со скоростью света, притяжение модифицируется движением небесных тел до такой степени, что астрономические наблюдения не могут допустить это.

В 1922 г.^[54] Лоренц рассмотрел исследование Кнудсена (Martin Knudsen) разрежённых газов, где обсуждалась модель частиц Ле Сажа и давалась их электромагнитная модель, и повторил своё заключение от 1900 г.: Без поглощения нет гравитационного эффекта.

В 1913 г. Давид Гильберт сослался на теорию Лоренца и критиковал её за то, что сила вида $1/r^2$ не может появиться, если расстояние между атомами будет много больше длины волны.^[55]

Томсон

В 1904 г. Томсон^[56] рассмотрел модель типа Ле Сажа, в которой первичный поток внеземных частиц состоит из гипотетической формы излучения с проникающей способностью, превышающей таковую у рентгеновских лучей. Он доказывал, что максвеллова проблема тепла может быть обойдена в предположении, что поглощённая энергия не переходит в теплоту, но *переизлучается* в ещё более проникающую форму. Он отметил, что такой процесс мог бы быть представлен и как причина энергии радиоактивности, однако внутренняя причина для радиоактивности более вероятна. В 1911 г. Томсон вернулся к своей начальной точке зрения по данному предмету в статье "Материя" в энциклопедии Britannica, 11 издание.^[57] Там он установил, что такая форма вторичного излучения в некоторой степени аналогична той, которая возникает при прохождении заряженных частиц через вещество. Он отмечает:

«*Одним из самых интересных результатов являются недавние открытия того, что механизм Ле Сажа для гравитации имеет очень близкую аналогию с явлениями, для которых мы имеем сейчас прямые экспериментальные свидетельства....Для объяснения гравитации лучи должны обладать большей проникающей способностью, чем рентгеновские лучи, но последние, как мы знаем, после взаимодействия либо остаются теми же самими, либо уменьшают проникающую способность.*

Tommasina и Brush

В противоположность Лоренцу и Томсону, Thomas Tommasina^[58] между 1903 и 1928 гг. предположил длинноволновую радиацию для объяснения гравитации, и коротковолновую радиацию для сил сцепления в веществе. Charles F. Brush^[59] в 1911 г. также предложил длинноволновую радиацию. Позже он изменил свою точку зрения в пользу ультракоротких волн.

Дальнейшее развитие теории

Дарвин

В 1905 г. Дарвин (George Darwin) вычислял гравитационную силу между двумя телами на чрезвычайно близких расстояниях с целью определения геометрических эффектов, которые могли бы привести к отклонению от закона Ньютона.^[60] Дарвин заменил клеточные ячейки вещества Ле Сажа на микроскопические твёрдые сферы постоянного размера. Он заключил, что только в случае идеально неупругих столкновений (нулевое отражение) появляется сила ньютоновского типа, что усложняет термодинамическую проблему теории Ле Сажа. Также такая теория является пригодной, если нормальные и тангенциальные компоненты соударений являются неупругими (противореча механизму рассеяния Ле Сажа), и элементарные частицы имеют одинаковый размер. По Дарвину эмиссия света происходит от конверсии энергии частиц Ле Сажа. Тело с различными поверхностными температурами будет двигаться в сторону своей холодной поверхности. В последующем обзоре гравитационных теорий Дарвин кратко описывает теорию Ле Сажа и свой вклад в её обсуждение, при этом он говорит следующее:

« Я не буду более ссылаться на эту концепцию, так как я верю, что ни один учёный не будет расположен принять её как правильный путь. ^[61] »

Пуанкаре

Частично основываясь на расчётах Дарвина, критика теории прозвучала и со стороны Пуанкаре в 1908 г.^[62] Он заключил, что притяжение пропорционально $S\sqrt{\rho v}$, где S есть площадь молекулярной поверхности Земли, v есть скорость частиц, ρ является плотностью среды. Следуя Лапласу он доказывал, что для поддержания пропорциональности массе верхний предел для S будет в десять миллионов раз меньше земной поверхности. Далее, эффект торможения (от сопротивления среды) пропорционален $S\rho v$ и следовательно отношение торможения к притяжению обратно пропорционален Sv . Для уменьшения торможения Пуанкаре вычислил нижний предел для $v = 24 \cdot 10^{17}$ по отношению к скорости света. Потом можно найти нижний предел для Sv и v , и верхний предел для S , и с этими величинами рассчитать производимую теплоту, которая пропорциональна $S\rho v^3$. Расчёт показывает, что температура Земли должна вырасти до 10^{26} градусов за секунду. Пуанкаре отмечает, "что Земля не может долго находиться в таком состоянии." Пуанкаре анализирует также некоторые волновые модели (Томасина и Лоренца), отмечая, что они сохраняют те же проблемы, что и в моделях с частицами. Для уменьшения торможения тел требуются сверхсветовые волновые скорости, при этом ещё остаётся проблема тепла. После описания радиационной модели, подобной модели Томсона, Пуанкаре заключает:

"Мы приходим ко всё более усложняющимся гипотезам, если полагаем теорию Ле Сажа подходящей".

Он также установил, что если в модели Лоренца поглощаемая энергия переходит полностью в теплоту, то это приведёт к увеличению температуры Земли до 10^{13} градусов за секунду. Пуанкаре далее рассматривал теорию Ле Сажа в контексте "новой динамики", развитой с учётом принципа относительности. Для теории с частицами он замечает, что *"довольно трудно представить закон столкновений, совместимый с принципом относительности"*, также остаются проблема тепла и проблема торможения.

Предсказания и критика

Вещество и частицы

Пористость вещества

Одним из основных предсказаний теории является чрезвычайно высокая пористость вещества. Как предполагали Фатио и Ле Саж в 1690/1758 гг. (и до них Гюйгенс), вещество должно состоять в основном из пустого пространства, так что очень малые частицы могут пронизывать тела почти беспрепятственно и каждая отдельная часть вещества может принимать участие в гравитационном взаимодействии. Это предсказание (в определённом отношении) подтвердилось с течением времени. В самом деле, вещество состоит в основном из пустого пространства и определённые частицы наподобие нейтрино могут проходить через него почти без помех. Однако представление элементарных частиц как классических тел, которые взаимодействуют обычным контактным способом, зависящим от их формы и размеров (сетевая структура вещества согласно Фатио / Ле Сажу и одинаковые сферы согласно Isenkrane/Дарвину), не согласуется с современным пониманием элементарных частиц. Предположение Лоренца/Томсона об электрически заряженных частицах как *основных составляющих* вещества верно лишь отчасти (например, в атомных ядрах имеются и нейтральные нейтроны).

Космическая радиация

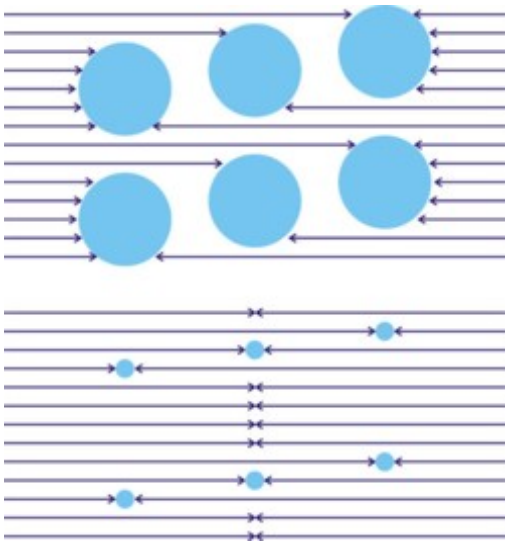
Каждая модель типа Ле Сажа предполагает существование заполняющих всё пространство изотропно распределённых потоков частиц или радиации большой интенсивности и с высокой проникающей способностью. Это подобно космическому микроволновому фоновому излучению (CMBR), открытому в 20-м веке. Фоновое излучение действительно изотропно заполняет всё пространство, но его интенсивность чрезвычайно мала, как и проникающая способность. Поток нейтрино, излучаемый например Солнцем, имеет проникающую способность, какую ожидал Ле Саж от его внеземных частиц, но этот поток не совсем изотропен (так как основными источниками нейтрино являются отдельные звёзды) и его интенсивность ещё меньше, чем у фонового излучения. Конечно, ни фоновое

излучение, ни нейтрино не распространяются со сверхсветовыми скоростями, что считалось свойством частиц Ле Сажа. С современной точки зрения отбрасывание простой “push”-концепции Ле Сажа, а также утверждение, что частицы типа нейтрино могли бы быть переносчиками в теории квантовой гравитации, было рассмотрено и не подтверждено Фейнманом.^[63] Здесь однако надо учесть упрощения, сделанные Фейнманом:

- Он не учитывал процессы высших порядков при квантовых взаимодействиях частиц.
- Рассматривалось локальное взаимодействие двух тел при обмене ими частицами типа нейтрино, но без учёта обмена частицами со всеми остальными массами во Вселенной.

В то же время по признанию самого Фейнмана в его книге, без данных упрощений и в предположении существования бозонов нулевой массы как квантов поля с целым спином закон Ньютона всё-таки возможен, причём гравитационный потенциал от тел будет пропорционален массе тел.

Гравитационное экранирование



P10: Гравитационное экранирование

Хотя вещество полагается весьма пористым в теории Фатио – Ле Сажа, оно не может быть совершенно прозрачным, иначе не будет гравитационной силы. Но вероятно это может привести к следующей проблеме: при достаточной массе вещества экранирование, производимое двумя кусками вещества, может стать меньше, чем сумма экранирований от них, взятых отдельно друг от друга, благодаря перекрытию их теней (P10, выше). Этот гипотетический эффект, названный гравитационное экранирование, подразумевает, что добавление вещества не приводит к прямой пропорциональности гравитационной массы. В целях улучшения теории Фатио и Ле Саж постулировали, что эффект экранирования настолько мал, что не наблюдается, что предполагает очень малое сечение взаимодействия вещества с гравитационными частицами (P10, выше). Это

даёт очень высокую границу на интенсивность потока частиц, требуемого для возникновения силы гравитации. Согласно стандартной физике любая форма гравитационного экранирования является нарушением принципа эквивалентности и не согласуется с [общей теорией относительности](#).^[64] Для дополнительной информации о связи гравитационного экранирования и гравитации Ле Сажа, смотри Martins,^{[65][66]} и Borzeszkowski et al.^[67]

Поскольку предположение Isenkrahe о связи между плотностью, температурой и весом было основано на ожидании эффекта изменения *плотности* вещества, и поскольку температура при данной плотности может увеличиваться или уменьшаться, это предположение не приводит к какому-нибудь фундаментальному соотношению между температурой и гравитацией. (На самом деле *имеется* соотношение между температурой и гравитацией, так же как и между энергией связи и гравитацией, но эти реальные эффекты не связаны с предположением Isenkrahe. Об этом в разделе ниже "Связи энергий".) Относительно предсказания о связи между гравитацией и плотностью, все эксперименты показывают отсутствие такой прямой связи.

Скорость гравитации

Торможение

Согласно теории Ле Сажа, изолированное тело подвергается торможению, если оно находится в движении относительно выделенной изотропной системы отсчёта, связанной с внеземными частицами (то есть в этой системе отсчёта скорость внеземных частиц одинакова во всех направлениях). Такое может быть в предположении, что на движущееся тело спереди падают частицы с увеличенной скоростью относительно тела, по сравнению с частицами, падающими сзади. Этот эффект должен приводить к *уменьшению* расстояния между Солнцем и Землёй. Амплитуда торможения вероятно пропорциональна произведению vu , где v есть скорость частиц, а u есть скорость тела, характерная сила гравитации пропорциональна v^2 , так что отношение торможения к гравитационной силе пропорционально u/v . Для заданной характерной силы гравитации торможение при данной скорости u может быть сделано относительно малым за счёт увеличенной скорости v частиц. Для того, чтобы уменьшить торможение до приемлемого уровня, совместимого с наблюдениями, скорость v должна на много порядков превышать скорость света. Отсюда делают вывод, что теория Ле Сажа несовместима с современной механикой и [специальной теорией относительности](#), согласно которой частицы (или волны) не могут превысить скорость света. Также если бы сверхсветовые частицы существовали бы, энергия их потока с высокой эффективной температурой расщепила бы обычную материю на части за доли секунды. Однако подобные категорические выводы не учитывают свойств внеземных частиц. А они могут быть таковы, что торможение не обязательно пропорционально произведению vu , а может вообще не зависеть от скорости u тел. Такое возможно при учёте зависимости от энергии сечения взаимодействия гравитационных частиц с веществом,^[68] а также за счёт использования эффекта

сокращения длины и изменения плотности в движущихся телах согласно специальной теории относительности.^[69] В результате реализуется принцип инерции: свободное тело движется прямолинейно без изменения своей скорости, и торможения не наблюдается.

Аберрация

Как было показано Лапласом, другим возможным эффектом теории Ле Сажа является орбитальная аберрация от ограниченной [скорости гравитации](#). Хотя по Ле Сажу и Кельвину скорость гравитационных частиц намного превышает скорость света, имеется временная задержка при взаимодействии тел (транзитное время). В случае орбитального движения это приводит к связи текущего положения одного тела с более ранним положением другого тела, которое надо учитывать при расчёте гравитационной силы. В противоположность эффекту торможения, в данном случае появляется компонента силы, как бы ускоряющая оба тела друг от друга. Для поддержания стабильной орбиты гравитация либо должна распространяться много быстрее скорости света, либо не должна быть чисто центральной силой. Это было воспринято некоторыми как окончательное опровержение теорий типа Ле Сажа. В противоположность этому, общая теория относительности является совместимой с указанной выше аберрацией по Лапласу, так как если даже гравитация распространяется со скоростью света, ожидаемая аберрация почти полностью уничтожается зависящим от скорости членом в общей силе.^[70] В связи с указанной задержкой передачи взаимодействия имеются также работы^[68],^[71], где на основе уравнений [лоренц-инвариантная теория гравитации](#) (ЛИТГ) доказывается необходимость возникновения второй компоненты гравитационной силы, пропорциональной скорости движения тел в гравитационном [поле кручения](#), независимо от общей теории относительности. При этом все компоненты силы необходимо вычислять с учётом запаздывания распространения гравитации. Согласно^[69], учёта формулы сложения скоростей специальной теории относительности оказывается достаточно, чтобы избежать кажущегося ускорения тел друг от друга за счёт транзитного времени.

Диапазон действия гравитации

В моделях с частицами, подобных модели Кельвина, диапазон действия гравитации ограничен благодаря свойствам взаимодействия частиц друг с другом. Диапазон также эффективно ограничивается способностью частиц вызывать гравитацию, уменьшающуюся после прохождения частиц через вещество. Такие предсказания, как эффективный диапазон действия гравитации, зависят от особенностей и предположений относительно способов взаимодействия частиц. Кроме этого для данного типа моделей наблюдаемая крупномасштабная структура космоса накладывает ограничения, благодаря которым гравитация должна обеспечивать существование таких необъятных гравитационных структур.

Энергия

Поглощение

Как указано в историческом разделе, основной проблемой для каждой модели типа Ле Сажа является перенос энергии частицами и преобразование её в теплоту. Согласно Максвеллу и Пуанкаре, неупругие столкновения гравитационных частиц с веществом могут привести к испарению вещества за доли секунды. Для примера, Аронсон^[47] даёт простое доказательство утверждения Максвелла:

« Предположим в противоположность гипотезе Максвелла, что молекулы вещества обладают большей энергией по сравнению с гравитационными частицами. В этом случае частицы в среднем будут получать энергию при столкновениях с молекулами и частицы, падающие на тело В, будут заменяться более энергичными частицами, отскакивающими от тела В. Тогда появится эффект, обратный гравитации: между всеми телами появится взаимное отталкивание, в противоположность наблюдениям. Если с другой стороны средние кинетические энергии частиц и молекул одинаковы, то не будет переноса энергии и столкновения будут эквивалентны упругим столкновениям, которые, как было показано, не дают гравитационной силы. »

В данном рассуждении речь идёт об энергиях, но упускаются из вида закон сохранения импульса и эффект экранирования гравитационных частиц веществом. Вследствие последнего эффекта антигравитации и отталкивания тел, в гипотетическом случае превышения энергии у молекул вещества по сравнению с энергией гравитационных частиц, не будет. Тела нельзя представлять как раскалённые объекты, плавающие в газе из холодных медленных частиц и испускающих эти частицы с большой скоростью обратно после их падения на эти тела. По Ле Сажу частицы проходят через пористые вещественные тела, несколько уменьшая свою интенсивность, и падают на другие пористые тела, с которыми в итоге получается гравитационное взаимодействие как результат экранирования одного тела другим. Даже если гравитационные частицы не уменьшают, а увеличивают свою энергию после взаимодействия с телами, какая-то сила гравитации (а не отталкивания) всё равно остаётся, так как в данном случае частицы не могут ускоряться телами всегда в направлении своего распространения и потому имеет место эффект экранирования. Что касается утверждения, что при равенстве энергий частиц и молекул гравитационной силы не будет, то в общем случае оно неверно. Сила определяется изменением вектора импульса в единицу времени, а не изменением энергии. Для примера рассмотрим Землю, на которую падает горячее световое излучение от Солнца, обеспечивающее всю жизнь на нашей планете. Вследствие стационарности поток приходящей энергии полностью переизлучается поверхностью планеты, но с гораздо меньшей температурой излучения, при этом средняя температура Земли остаётся постоянной. Излучение от Земли можно считать изотропным, тогда как излучение от Солнца таковым не является. Это приводит к появлению некоторой силы давления от солнечного

излучения. Данный пример показывает, что и сила гравитации может существенно зависеть от деталей взаимодействия гравитонов с веществом.

Как неприемлемым является нарушение закона сохранения энергии в теории Isenkrahe, так и применение Кельвиным теоремы Клаузиуса ведёт к некоторому виду вечного двигателя. Предположение о вторичном переизлучении в волновых моделях привлекло интерес Томсона, но не было принято всерьёз Максвеллом и Пуанкаре, так как по их мнению нарушало второй закон термодинамики.

Проблема энергии рассматривалась также в связи с идеей аккумуляирования массы в теории расширяющейся Земли.^[2] Одними из первых, кто связал увеличение массы с моделью push-гравитации и расширением Земли, были Иван Осипович Янковский и Ott Christoph Hilgenberg.^[72] Идея увеличения массы и теория расширения Земли не поддерживается большинством учёных. Кроме этого, если бы увеличение массы происходило полностью за счёт всей имеющейся энергии у падающих внеземных частиц, то с учётом принципа [эквивалентности массы и энергии](#) и расчётов Пуанкаре, масса удваивалась бы за доли секунды.

Связи энергий

Основываясь на наблюдательных доказательствах, сейчас известно, что вклад в тяготение осуществляется всеми видами энергии, а не только массами тел. Энергия связи атомных ядер, энергия слабого взаимодействия, кинетическая энергия электронов атомах, – все они делают вклад в гравитационную массу атомов, что было подтверждено в экспериментах по проверке принципа эквивалентности (эксперимент Этвеша и т.д.).^[73] Это означает, например, что с увеличением скорости атомов увеличивается их гравитационная масса. Более того, эксперименты по лазерному измерению Луны показали, что даже энергия собственной гравитационной связи также создаёт гравитацию, в соответствии с принципом эквивалентности, принятым в общей теории относительности.^{[74] [75]} Естественно, что возникшие до появления общей теории относительности теории типа Ле Сажа не предсказывали данный эффект, связывающий особым образом энергии разных видов.

Негравитационные приложения и аналогии

Мнимая гравитация

Спитцер (Lyman Spitzer) в 1941 г.^[76] вычислил, что поглощение радиации между двумя частицами пыли приводит к силе притяжения, которая изменяется пропорционально $1/r^2$ (очевидно, он не подозревал об механизме экранирования Ле Сажа и радиационном давлении и гравитации Лоренца). Георгий Гамов, назвавший данный эффект "мнимой гравитацией", предположил в 1949 г.,^[77] что после Большого взрыва температура электронов падала быстрее, чем температура окружающего излучения. Поглощение излучения могло приводить к механизму Ле Сажа между электронами, и играть важную роль в процессах образования галактик

в начальный момент. Данное предположение было отвергнуто Филдом в 1971 г.,^[78] который показал, что этот эффект слишком мал, так как электроны и излучение должны быть в близком тепловом равновесии. Хоган и Вайт предположили в 1986 г.,^[79] что мнимая гравитация могла бы влиять на формирование галактик при поглощении света от первичных звёзд. Но Ванг и Филд показали,^[80] что любая форма мнимой гравитации является неспособной оказать достаточно влияния на формирование галактик.

Плазма

Механизм Ле Сажа был определён как существенный фактор в поведении пылевой плазмы. [3] А.М. Игнатов^[81] показал, что между двумя пылевыми гранулами возникает сила притяжения благодаря неупругим столкновениям ионов плазмы и пылевых частиц (в приближении безстолкновительной плазмы). Эта сила обратно пропорциональна квадратному корню из расстояния между частицами пыли и может сравниваться по величине с кулоновской силой отталкивания зарядов этих частиц.

Вакуумная энергия

В квантовой теории поля предполагается существование виртуальных частиц, которые приводят к так называемому эффекту Казимира. Казимир (Casimir) вычислил, что между двумя проводящими плоскостями могут присутствовать только определённые длины электромагнитных волн и волн от виртуальных частиц, изменяя тем самым вакуумную энергию. Тогда плотность энергии между плоскостями уменьшается по мере их сближения, приводя к силе притяжения. Однако сущность данного эффекта значительно отличается от механизма Фатио и Ле Сажа.

Теория Ле Сажа в настоящее время

Пересмотр теории Ле Сажа в 19 веке привёл к ряду связанных между собой проблем. Они относились к избыточному тепловыделению, торможению при движении, экранированию и гравитационной аберрации. Поскольку интерес физиков постепенно смещался в сторону от механических концепций, то это привело к уменьшению интереса к теории Ле Сажа. В 20 веке теория Ле Сажа была заслонена [общей теорией относительности](#).

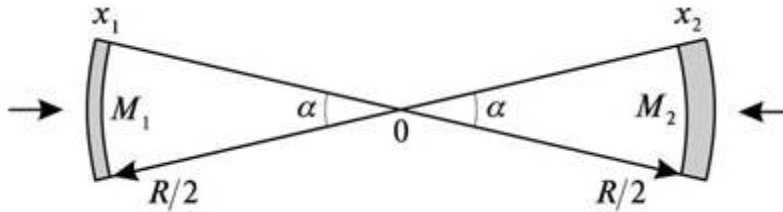
Тем не менее периодически появляются всё новые работы, использующие теорию Ле Сажа для объяснения гравитации. Среди них имеются следующие публикации (по фамилиям авторов): Radzievskii и Kagalnikova (1960),^[82] Shneiderov (1961),^[83] Buonopano и Engels (1976),^[84] Adamut (1982),^[85] Jaakkola (1996),^[86] Tom Van Flandern (1999),^[87] Edwards (2007).^[88] Ряд моделей типа Ле Сажа и связанные с ними вопросы обсуждаются в работе Edwards, et al.^[89]

С 1999 по 2009 гг. Федосин представил три несколько различающихся варианта механизма гравитации, математически выводя закон обратных квадратов Ньютона и параметры потоков гравитационных частиц (гравитонов). Основными предположениями являются следующие:

- Гравитонами могут быть многочисленные релятивистские частицы наподобие фотонов, нейтрино и космических лучей. Если гравитоны образуются на низших пространственных уровнях материи, они будут иметь малые энергии и размеры, что обеспечивает им высокую проникающую способность. Наличие гравитонов приводит к возникновению гравитационных полей вокруг тел и аккумуляции вещества в компактные объекты типа планет и звёзд. Звёзды в свою очередь являются источниками релятивистских частиц, но уже увеличенных размеров, становящимися гравитонами следующего уровня материи. Так гравитоны порождают вещество на одном уровне материи, а вещество порождает гравитоны следующего уровня материи, что объясняет взаимопревращения и эволюцию вещества и поля. Это согласуется с теорией [бесконечной вложенности материи](#), с [теорией подобия](#) физических величин и законов движения объектов на разных уровнях материи и с [SPФ-симметрией](#).
- Количество гравитонов, способных передавать импульс веществу и оказывать гравитационное давление, убывает экспоненциально по закону типа Бугера-Ламберта-Бера в зависимости от длины пройденного в веществе пути.
- Энергия гравитонов после их взаимодействия с веществом конвертируется снова в энергию гравитонов или в излучение, уходящее из вещества, что исключает проблему излишнего нагрева вещества. Примером здесь является Земля, полностью переизлучающая всю энергию, приходящую от Солнца.
- Для скорости гравитонов обычной гравитации принимается значение, равное скорости света c .
- За целостность объектов с размерами элементарных частиц отвечает [сильная гравитация](#). [Постоянная сильной гравитации](#) равна $\Gamma = 1,514 \cdot 10^{29} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2)$. В [гравитационной модели сильного взаимодействия](#) сильная гравитация вместе с [полями гравитационного кручения](#), возникающими при вращении и движении элементарных частиц, и с электромагнитными силами ответственна за [сильное взаимодействие](#).
- Сила инерции есть сила, действующая на тело со стороны потоков гравитонов и противодействующая изменению достигнутого состояния движения.

$$A_0 = \frac{dN_0}{dt d\alpha},$$

В первом варианте механизма гравитации использовалась величина где dN_0 означает число гравитонов, влетающих в единицу времени dt в единичный угол $d\alpha$.^[68] Притягивающиеся элементы вещества, показанные на Р 11, имеют различающиеся массы M_1 и M_2 , соответствующие толщину x_1 и x_2 , и плотности вещества ρ_1 и ρ_2 .



P11: Гравитация между шаровыми сегментами с разными массами M и толщиной x на расстоянии R между сегментами

Число гравитонов, прошедших с одной стороны слой вещества массы M_1 , равно:

$$A_1 = A_0 \exp(-\eta \rho_1 x_1),$$

где η – некоторая постоянная. Сила, действующая с этой стороны на первый элемент вещества, будет равна: $F_1 = p \alpha (A_0 - A_1)$, где p есть импульс одного гравитона. Подобным образом можно вычислить силу, действующую на второй элемент вещества в данном направлении, а также силы с противоположного направления. При этом следует учесть, что масса первого элемента равна: $M_1 = \rho_1 \alpha x_1 (R/2)^2$ и аналогично определяется масса второго элемента вещества через его плотность и толщину. Если выбирать различные пары элементов вещества так, что для угла α выполняется условие $\alpha (R/2)^2 = 1$, то складывая соответствующие силы и разлагая экспоненты, приходим точно к закону Ньютона для гравитации. Гравитационная постоянная определяется тогда соотношением: $\gamma = 4 p A_0 \eta^2$. Для оценки величины коэффициента поглощения используется выражение $\eta \rho x = 1$, где в качестве ρ и x подставляются плотность и радиус нейтронной звезды. Это даёт значение $\eta = 3,7 \cdot 10^{-22}$ м²/кг.

Во втором варианте число гравитонов, прошедших с одной стороны слой вещества массы M_1 , принималось равным: ^[69]

$$A_1 = A_0 \exp(-\chi \rho_1 y x_1),$$

где χ – некоторая постоянная, y – половина характерного поперечного размера слоя вещества.

Приблизительно также как и в первом варианте, при сравнении силы между элементами вещества с формулой Ньютона определяется гравитационная постоянная, а также постоянная $\chi = 2 \cdot 10^{-27}$ м/кг. Проникающая способность гравитонов получается настолько большой, что гравитоны можно сравнить лишь с нейтрино с энергией порядка 100 эВ. При этом с точностью до множителя порядка единицы находится, что гравитационный потенциал на поверхности массивного тела не может превысить величины квадрата скорости света, а максимально возможная скорость генерации энергии гравитации равна отношению энергии покоя тела ко времени прохождения гравитонами радиуса тела.

Наконец, в третьем варианте вводится величина $B_0 = \frac{dN_0}{dt d\alpha dS}$, как поток гравитонов, пересекающих в единицу времени перпендикулярную потоку единичную площадку dS из единичного телесного угла $d\alpha$. Зависимость числа гравитонов, прошедших в веществе с концентрацией нуклонов n_1 путь x_1 , имеет вид:

$$B_1 = B_0 \exp(-\sigma n_1 x_1),$$

где σ – постоянная, имеющая смысл сечения взаимодействия гравитонов с веществом, и которая оказывается равной $7 \cdot 10^{-50} \text{ м}^2$.

Действующая с одной стороны сила на элемент вещества, как импульс в единицу времени от потока поглощённых гравитонов, имеет вид: $F_1 = p d\alpha dS (B_0 - B_1)$. Далее поток гравитонов проходит через второй элемент вещества и снова ослабляется, создавая некоторую силу на этот элемент в том же направлении. После определения сил от гравитонов, падающих на элементы вещества с противоположного направления, можно найти результирующую силу тяготения в виде закона Ньютона и выразить гравитационную постоянную через величины, характеризующие поток гравитонов:

$$\gamma = \frac{4pB_0\sigma^2}{m^2},$$

где m – масса нуклона.

Для мощности потока энергии гравитонов через единичную площадку из единицы телесного угла получается формула:

$$U = pcB_0 = \frac{\gamma cm^2}{4\sigma^2} = 10^{42} \text{ Вт/(ср м}^2\text{)}.$$

Разделив данное выражение на скорость c и умножив на полный телесный угол 4π , можно найти максимально возможный импульс за единицу времени, доставляемый гравитонами на единицу площади. Эта величина приблизительно равна максимальному гравитационному давлению от гравитонов :

$P = 4\pi pcB_0 = 4 \cdot 10^{34} \text{ Па}$. Это же значение имеет и плотность энергии потоков гравитонов, усреднённая по пространству и по всем направлениям (размерности давления и плотности энергии совпадают). Исходя из формулы для генерации энергии гравитации в телах показывается, что она равна отношению потенциальной гравитационной энергии тела ко времени, необходимому гравитонам, чтобы пройти радиуса тела со скоростью света. Тогда можно считать, что приносимая гравитонами и вытекающая из тела энергии близки настолько, что это не приводит к нагреву тел.

Указанные выше проблемы возможного торможения при движении, экранирования и гравитационной аберрации разрешаются в ^[69] путём применения формул специальной теории относительности к выражениям для сил и к скорости гравитонов. Комбинации переменных в формулах для сил таковы, что в силу лоренц-инвариантности они не зависят от скорости движения тел, так что в первом приближении выполняется закон инерции и торможения при движении тел не возникает. С другой стороны, если сечение взаимодействия гравитонов с веществом изменяется обратно пропорционально квадрату энергии гравитонов как в квантовой теории упругого рассеяния, то силы от потоков гравитонов будут уравниваться и при движении тела. Вопрос с экранированием становится ясным, так как имеется формула с экспоненциальным уменьшением числа гравитонов при их движении в веществе, учитывающая видоизменение сил при любых пространственных конфигурациях взаимодействующих тел. Использование формулы сложения скоростей для потоков гравитонов при рассмотрении двух движущихся тел позволяет понять проблему аберрации за счёт пересчёта скоростей гравитонов из неподвижной системы отсчёта в системы отсчёта, связанные с телами. ^[90]

С помощью результатов теории гравитации Лесажа выводится взаимосвязь между массой и зарядом протона, объясняется подобие уравнений электромагнитного и гравитационного полей, высокая проникающая способность гравитации, отрицательность потока энергии гравитационного и положительность потока энергии электромагнитного полей, наличие одного знака у массы и двух знаков у электрического заряда. Как следствие получается, что гравитационное и электромагнитное взаимодействия относятся к первичным фундаментальным взаимодействиям, обладающим большим радиусом действия и свойством потенциальности энергии. Слабое и сильное взаимодействия полагаются вторичными фундаментальными взаимодействиями, так как первое из них сводится к трансформации вещества объектов в реакциях слабого взаимодействия, а второе является комбинированным взаимодействием, включающим в себя гравитацию и электромагнетизм соответствующих уровней материи. ^[91]

Первичные источники

1. ^{a б в г} Fatio (1690a), [letter no. 2572](#).
2. ^{a б} Le Sage, G.-L. (1756), "Letter à une académicien de Dijon..", *Mercure de France*: 153–171.
3. Thomson, W. (Lord Kelvin) (1873). "On the ultramundane corpuscles of LeSage", *Phil. Mag.*, 4th ser. **45**, 321-332.
4. Maxwell, J.C., 1875. "Atom", *Encyclopedia Britannica*, Ninth Ed., pp. 38-47.
5. Poincaré, H. (1908). "La dynamique de l'électron", *Revue générale des sciences pures et appliquées* 19, pp. 386-402, reprinted in *Science and Method*. Flammarion, Paris. Английский перевод был опубликован как *Foundation of Science*, Science Press, New York, 1929.
6. ^{a б в} См. вторичные ссылки, Prévost (1805).

7. Fatio (1743), в: Gagnebin, Bernard. De la Cause de la Pesanteur: Mémoire de Nicolas Fatio de Duillier, présenté à la Royal Society le 26 février 1690. - Reconstitué et publié avec une introduction par Bernard Gagnebin (Notes and Records of the Royal Society of London, Vol. VI, May 1949, pp. 105-160).
8. Fatio (1701), в: Bopp, Karl. Drei Untersuchungen zur Geschichte der Mathematik. – Schriften der Straßburger Wissenschaftlichen Gesellschaft in Heidelberg. Neue Folge, 10. Heft, Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1929: Die wiederaufgefundene Abhandlung von Fatio de Duillier: De la cause de la Pesanteur ediert von K. Bopp; pp. 19-66.
9. ^{a 6} См. вторичные ссылки, Zehe (1980).
10. Fatio (1701), стр. 32-35; Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 134-156.
11. Fatio (1701), стр. 34.
12. Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 198-204.
13. Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 385; Fatio (1743), стр. 134-135.
14. Fatio (1690a), стр. 387.
15. Fatio (1701), стр. 36-38 и 59-61; Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 206-214.
16. Fatio (1701), стр. 47-49; Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 227-241 и 198-205.
17. Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 239.
18. Fatio (1701), стр. 49-50; Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 242-254.
19. Fatio (1701), стр. 50-64; Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 255-276.
20. Newton, на латинском языке: "*Huius autem generis Hypothesis est unica, per quam Gravitas explicari potest, eamque Geometra Ingeniosissimus Pr. Fatius primus excogitavit.*"; Fatio (1701), стр. 65.
21. Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 374.
22. Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 176.
23. Вторичные ссылки, Zehe (1980), стр. 173-175.
24. Fatio (1701), стр. 19-20.
25. Cramer, G.: Theses Physico-Mathematicae de Gravitate, Geneve, 1731.
26. Redeker, F. A. (1736), "De cause gravitatis meditatio", Lemgoviae ex officina Meyeriana.
27. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений. Т.1 – М.: Изд. АН СССР, 1950.
28. Le Sage, G.-L. (1761). "[Essai de Chymie Mécanique](#)". *Not published - private print.*
29. Le Sage, G.-L. (1784), "[Lucrèce Newtonien](#)", Memoires de l'Academie Royale des Sciences et Belles Lettres de Berlin: 404–432.
30. Le Sage, G.-L. (June 30, 1898), The Newtonian Lucretius, in Langley, Samuel P., "The Le Sage theory of gravitation", Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution: 139–160.
31. Le Sage, G.-L. (1818), "Physique Mécanique des Georges-Louis Le Sage", в Prévost, Pierre, Deux Traités de Physique Mécanique, Geneva & Paris: J.J. Paschoud, pp. 1–186.
32. Wolf (1862), вторичный источник.
33. Evans (2002), вторичные источники.

34. Playfair (1807), вторичные источники.
35. Lichtenberg, G. C. (2003), Zehe, H. & Hinrichs, W., ed., "Aufzeichnungen über die Theorie der Schwere von G.L. Le Sage", Nachrichten der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, II. Mathematisch-physikalische Klasse (1).
36. Lichtenberg, на немецком языке: "*Ist es ein Traum, so ist es der größte und erhabenste der je ist geträumt worden, und womit wir eine Lücke in unseren Büchern ausfüllen können, die nur durch einen Traum ausgefüllt werden kann*".
37. Kant, I. (1786), [Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft](#), Dynamik, Lehrsatz 5.
38. Schelling, F.W.J. (1797). "[Ideen zu einer Philosophie der Natur \(2. book, 3. chapter\)](#)".
39. Laplace, P.-S. (1805/1966), A Treatise in Celestial Mechanics, 4, Book 10, Chapter 7, Chelsea - New York, 1966.
40. Leraу, P. (1869). "[Theorie nouvelle de la gravitation](#)". *Comptes Rendus* **69**: 615–621.
41. Thomson, William (Lord Kelvin) (1873). "[On the ultramundane corpuscles of Le Sage](#)". *Phil. Mag.* **45**: 321–332.
42. Tait, P. G. (1876), [Lectures on some recent advances in physical science with a special lecture on force](#), London: Macmillan and Co.
43. Kelvin, Popular Lectures, vol. i. p. 145.
44. Preston, S. T. (1877). "On some dynamical conditions applicable to LeSage's theory of gravitation". *Phil. Mag., fifth ser.* **4**: 206–213 (pt. 1) and 364–375 (pt. 2).
45. Drude (1897), вторичные источники.
46. Maxwell, J. C. (1875). "Encyclopedia Britannica, Atom" **3**: 38–47.
47. ^{a 6} Aronson (1964), вторичные источники.
48. Isenkrahe, C. (1879), Das Räthsel von der Schwerkraft: Kritik der bisherigen Lösungen des Gravitationsproblems und Versuch einer neuen auf rein mechanischer Grundlage, Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn.
49. Rysanek, A. (1887), Repert. Exp. Phys. Vol. 24: 90–115.
50. du Bois-Reymond, P. D. G. (1888). "[Ueber die Unbegreiflichkeit der Fernkraft](#)". *Naturwissenschaftliche Rundschau* **3** (14): 169–176.
51. Keller, F.A.E & Keller, Ém. (1863). "[Mémoire sur la cause de la pesanteur et des effets attribués à l'attraction universelle](#)". *Comptes Rendus* **56**: 530–533.
52. de Boisbaudran, L. (1869). "[Note sur la théorie de la pesanteur](#)". *Comptes Rendus* **69**: 703–705.
53. Lorentz, H. A. (1900). "[Considerations on Gravitation](#)". *Proc. Acad. Amsterdam* **2**: 559–574.
54. Lorentz, H. A. (1922, English translation: 1927), [Lectures On Theoretical Physics](#), London: Macmillan and Co.
55. Corry (1999), вторичные источники.
56. Thomson, J. J. (1904). [Electricity and matter](#), Westminster: Archibald Constable & Co., Ltd.
57. Thomson, J. J. (1911), Matter, , Encyclopædia Britannica Eleventh Edition: 891–895.
58. Tommasina, T. (1928), La Physique de la Gravitation, Paris: Gauthier-Villars.

59. Brush, C. F. (1911). "A kinetic theory of gravitation". *Nature* **86**: 130–132. DOI:[10.1038/086130a0](https://doi.org/10.1038/086130a0).
60. Darwin, G. H. (1905). "The analogy between Lesage's theory of gravitation and the repulsion of light". *Proc. Royal Soc.* **76**: 387–410. DOI:[10.1098/rspa.1905.0042](https://doi.org/10.1098/rspa.1905.0042).
61. Darwin, G. H. (1916). "Introduction to Dynamical Astronomy".
62. Poincaré, H. (1908), "[La dynamique de l'électron](#)" (PDF), *Revue générale des sciences pures et appliquées* Vol. 19: 386–402. Английский перевод появился в: Poincaré, H. (2003), *Science and Methode*, Courier Dover Publications Science, ISBN 0486432696.
63. Feynman, R. P. (1995), *Feynman Lectures on Gravitation*, Addison-Wesley, pp. 23–28.
64. Bertolami, O. & Paramos, J. & Turyshev, S. G. (2006), [General Theory of Relativity: Will it survive the next decade?](#) in H. Dittus, C. Laemmerzahl, S. Turyshev, , *Lasers, Clocks, and Drag-Free: Technologies for Future Exploration in Space and Tests of Gravity*: 27–67.
65. Martins (1999), вторичные источники.
66. Martins (2002), вторичные источники.
67. Borzeszkowski et al. (2004), вторичные источники.
68. ^{а б в} Федосин С. Г. [Физика и философия подобия от преонов до метagalactic](#), Пермь: Стиль-МГ, 1999, ISBN 5-8131-0012-1. 544 стр., Табл.66, Ил.93, Библ. 377 назв.
69. ^{а б в г} Fedosin S.G. [Model of Gravitational Interaction in the Concept of Gravitons](#). *Journal of Vectorial Relativity*, Vol. 4, No. 1, March 2009, P.1-24; статья на русском языке: [Модель гравитационного взаимодействия в концепции гравитонов](#) .
70. Carlip, S. (1999). "[Aberration and the Speed of Gravity](#)". *Pys. Lett. A* **167**: 81–87.
71. Fedosin S.G. [«Electromagnetic and Gravitational Pictures of the World»](#). *Apeiron*, Vol. 14, No. 4, P. 385-413, 2007; статья на русском языке: [Электромагнитная и гравитационная картины мира](#).
72. Scalera, G. and Jacob, K.-H., ed. (2003), *Why expanding Earth? – A book in honour of O.C. Hilgenberg*, Rome: INGV.
73. Carlip, S. (1997). "[Kinetic Energy and the Equivalence Principle](#)". *Am. J. Phys.* **65**: 409–413.
74. Adelberger, E.G., Heckel, B.R., Smith, G., Su, Y., and Swanson, H.E. (1990-Sep-20). "[Eötvös experiments, lunar ranging and the strong equivalence principle](#)". *Nature* **347**: 261–263. DOI:[10.1038/347261a0](https://doi.org/10.1038/347261a0).
75. Williams, J.G., Newhall, X.X., and Dickey, J.O. (1996). "[Relativity parameters determined from lunar laser ranging](#)". *Phys. Rev. D* **53**: 6730–6739. DOI:[10.1103/PhysRevD.53.6730](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.53.6730).
76. Spitzer, L. (1941). "The dynamics of the interstellar medium; II. Radiation pressure ". *The Astrophysical Journal* **94**: 232–244. DOI:[10.1086/144328](https://doi.org/10.1086/144328).
77. Gamow, George (1949). "On relativistic cosmogony". *Reviews of modern physics* **21**: 367–373. DOI:[10.1103/RevModPhys.21.367](https://doi.org/10.1103/RevModPhys.21.367).

78. Field, G. B. (1971). "Instability and waves driven by radiation in interstellar space and in cosmological models". *The Astrophysical Journal* **165**: 29–40. DOI:[10.1086/150873](https://doi.org/10.1086/150873).
79. Hogan, C.J. (1989). "Mock gravity and cosmic structure". *The Astrophysical Journal* **340**: 1–10. DOI:[10.1086/167371](https://doi.org/10.1086/167371).
80. Wang, B. and Field, G.B. (1989). "Galaxy formation by mock gravity with dust?". *The Astrophysical Journal* **346**: 3–11. DOI:[10.1086/167981](https://doi.org/10.1086/167981).
81. Ignatov, A.M. (1996). "Lesage gravity in dusty plasma". *Plasma Physics Reports* **22** (7): 585–589.
82. Radzievskii, V.V. and Kagalnikova, I.I. (1960). "The nature of gravitation". *Vsesoyuz. Astronom.-Geodezich. Obsch. Byull.* **26** (33): 3–14.. Черновой перевод на английском языке имеется в техническом отчёте правительства США: FTD TT64 323; TT 64 11801 (1964), Foreign Tech. Div., Air Force Systems Command, Wright-Patterson AFB, Ohio (reprinted in *Pushing Gravity*).
83. Shneiderov, A. J. (1961). "On the internal temperature of the earth". *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* **3**: 137–159.
84. Buonomano, V. & Engel, E. (1976). "Some speculations on a causal unification of relativity, gravitation, and quantum mechanics". *Int. J. Theor. Phys.* **15**: 231–246. DOI:[10.1007/BF01807095](https://doi.org/10.1007/BF01807095).
85. Adamut, I. A. (1982). "The screen effect of the earth in the TETG. Theory of a screening experiment of a sample body at the equator using the earth as a screen". *Nuovo Cimento C* **5**: 189–208. DOI:[10.1007/BF02509010](https://doi.org/10.1007/BF02509010).
86. Jaakkola, T. (1996). "[Action-at-a-distance and local action in gravitation: discussion and possible solution of the dilemma](#)" (PDF). *Apeiron* **3** (3-4): 61–75.
87. Van Flandern, T. (1999). "Dark Matter, Missing Planets and New Comets" (2 ed.), Berkeley: North Atlantic Books, pp. Chapters 2–4.
88. Edwards, M .R. (2007). "[Photon-Graviton Recycling as Cause of Gravitation](#)" (PDF). *Apeiron* **14** (3): 214–233.
89. Edwards, M. R., ed. (2002), *Pushing Gravity: New Perspectives on Le Sage's Theory of Gravitation*, Montreal: C. Roy Keys Inc.
90. Федосин С.Г. [Физические теории и бесконечная вложенность материи](#), Пермь, 2009, 844 стр., Табл. 21, Ил.41, Библ. 289 назв. ISBN 978-5-9901951-1-0.
91. [Комментарии к книге](#): Федосин С.Г. [Физические теории и бесконечная вложенность материи](#). Пермь, 2009, 844 стр., Табл. 21, Ил.41, Библ. 289 назв. ISBN 978-5-9901951-1-0.

Вторичные источники

- Aronson, S. (1964). "[The gravitational theory of Georges-Louis Le Sage](#)". *The Natural Philosopher* **3**: 51–74.
- Borzeszkowski, H.-H., Chrobok, T., Treder, H.-J. (2004), [Screening and absorption of gravitation in pre-relativistic and relativistic theories](#), in G. T. Gillies, V. N. Melnikov and V. de Sabbata, , Proceedings of the 18th Course of the School on Cosmology and Gravitation: 1–37.
- Corry, L. (1999). "[David Hilbert between Mechanical and Electromagnetic Reductionism](#)" (PDF). *Archive for History of Exact Sciences* **53** (6): 489–527.

- Drude, Paul (1897). "Ueber Fernwirkungen". *Annalen der Physik* **298** (12): I–XLIX. DOI:[10.1002/andp.18972981220](https://doi.org/10.1002/andp.18972981220).
- Evans, J. C. (2002), "Gravity in the century of light: sources, construction and reception of Le Sage's theory of gravitation", in Edwards, M.R., *Pushing Gravity: New Perspectives on Le Sage's Theory of Gravitation*, Montreal: C. Roy Keys Inc., pp. 9–40.
- Martins, de Andrade, R. (1999), "[The search for gravitational absorption in the early 20th century](#)", in Goemmer, H., Renn, J., and Ritter, J., *The Expanding Worlds of General Relativity (Einstein Studies)*, 7, Boston: Birkhäuser, pp. 3–44.
- Martins, de Andrade, R. (2002), "[Gravitational absorption according to the hypotheses of Le Sage and Majorana](#)", in Edwards, M.R. (PDF), *Pushing Gravity: New Perspectives on Le Sage's Theory of Gravitation*, Montreal: C. Roy Keys Inc., pp. 239–258.
- Playfair, J. (1807). "Notice de la Vie et des Ecrits de George Louis Le Sage (English)". *Edinburgh Review*: 137–153. English summary of Prévost (1805).
- Prévost, P., ed. (1805), *Notice de la Vie et des Ecrits de George Louis Le Sage*, Geneva & Paris: J.J. Paschoud.
- Wolf, R. (1862). "[George-Louis Le Sage](#)". *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz* **4**: 173–192.
- Zehe, H. (1980), *Die Gravitationstheorie des Nicolas Fatio de Duillier*, Hildesheim: Gerstenberg, ISBN 3-8067-0862-2.

Внешние ссылки

- Mathpages: [LeSage's Shadows](#), [Omni-Directional Flux](#), [Kinetic Pressure and Tetrode's Star](#), [Nicolas Fatio and the Cause of Gravity](#), [Fatio, Le Sage and the camisards](#), [Historical Assessments of the Fatio-Lesage Theory](#)

Дополнительные гипотезы

- Halton Arp: [The Observational Impetus for Le Sage Gravity](#).
- Auffray, J.-P.: [Preston on E=mc²](#) and [Dual origin of E=mc²](#).
- Borg Xavier : [Electromagnetic radiation pressure \(EMRP\) gravity theory - Blaze Labs Research](#).
- Buonomano, V.: [Co-Operative Phenomena as a Physical Paradigm for Special Relativity, Gravitation and Quantum Mechanics](#).
- Edwards, et al.: [Pushing Gravity](#).
- Mingst, B. & Stowe, P.: [Derivation of Newtonian Gravitation from LeSage's Attenuation](#).
- Popescu, I.I.: [Ether and Etherons](#).
- Tom Van Flandern: [Possible new properties of gravity](#).

См. также

- [Гравитационное экранирование](#)
- [Самосогласованные](#)

- [Гравитация](#)
- [Альтернативные теории гравитации](#)
- [Ковариантная теория гравитации](#)
- [Лоренц-инвариантная теория гравитации](#)
- [Гравимагнетизм](#)
- [Гравитационная индукция](#)
- [Бесконечная вложенность материи](#)
- [Подобие уровней материи](#)
- [SRФ-симметрия](#)
- [Относительность в физике](#)
- [Философия носителей](#)
- [Максвеллоподобные гравитационные уравнения](#)
- [гравитационные константы](#)
- [Скорость гравитации](#)
- [Поле кручения](#)
- [Сильная гравитация](#)
- [Постоянная сильной гравитации](#)
- [Гравитационная модель сильного взаимодействия](#)
- [Эквивалентность массы и энергии](#)
- [Модель кварковых квазичастиц](#)
- [Субстанциональная модель нейтрона](#)
- [Субстанциональная модель протона](#)
- [Субстанциональная модель электрона](#)
- [Теория относительности и гравитация](#)

Теории гравитации

Стандартные теории гравитации	Альтернативные теории гравитации	Квант гр
<p>Классическая физика</p> <ul style="list-style-type: none"> • Теория тяготения Ньютона <p>Релятивистская физика</p> <ul style="list-style-type: none"> • Общая теория относительности <ul style="list-style-type: none"> ○ Математическая формулировка общей теории относительности ○ Гравимагнетизм <p>Принципы</p> <ul style="list-style-type: none"> • Принцип эквивалентности сил гравитации и инерции • Принцип Маха • Геометродинамика [1] 	<p>Классические</p> <ul style="list-style-type: none"> • Теория гравитации Лесажа • Модифицированная ньютоновская динамика (MOND) [2] <p>Релятивистские</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ковариантная теория гравитации <ul style="list-style-type: none"> ○ Лоренц-инвариантная теория гравитации ○ Максвеллоподобные гравитационные уравнения ○ Метрическая теория относительности ○ Сильная гравитация • Релятивистская теория гравитации • Гравитация с массивным гравитоном [3] • Телепараллелизм [4] 	<ul style="list-style-type: none"> • Кан ква [11] • Пет гра • Пол гра • При дин три • Евк гра • Ура ДеБ • Инд гра • Нек гео

	<ul style="list-style-type: none">• Теория Нордстрёма [5]• Теория Бранса — Дикке [6]• Биметрические теории гравитации [7]• Несимметричные теории гравитации [8]• Теория гравитации Уайтхеда [9]• Теория Эйнштейна — Картана [10]	
--	---	--

Источник: <http://serg.fedosin.ru/gl.htm>

[На список страниц](#)