

ПРЕДИСЛОВИЕ

Всякий раз, как мы рассматриваем огромное множество разных мнений о явлениях природы, мы не без горестного изумления видим, что после стольких усилий великих мужей, после стольких славных открытий такое множество физических явлений до сих пор остается недостаточно объясненными ...

М.В. Ломоносов¹

Сегодня и школьник знает, что все тела притягивают друг друга. Но в то время, когда Исаак Ньютон писал свои “Начала”, сама эта идея не была настолько привычной и очевидной, как кажется нам теперь, и многие, включая Ньютона, пытались понять причины тяготения. Если задуматься, то и сейчас на вопрос о причинах тяготения невозможно ответить. Легко сказать, что тяготение обусловлено обменом гравитонами, но труднее объяснить, что собой представляют гравитоны и что является их источником. Представление о том, что источниками гравитонов являются сами притягивающиеся тела, не является единственно возможным, как и идея о сохранении интенсивности гравитационного взаимодействия на любых расстояниях. Вероятно, большинство физиков уверено, что квантование гравитационного поля, понимаемое как расширение области применимости исходящей из общей теории относительности некой новой теории до планковских расстояний и энергий, выяснит и причины тяготения. Но нет гарантии, что эта будущая теория может быть построена именно на таком фундаменте, в частности, что геометрический язык пригодится при описании тяготения на микроуровне. Да и на макроуровне имеются факты, которые удастся истолковать в рамках принятой картины только привлекая неизвестные в других областях физики виды материи и энергии. Кроме того, ложным может оказаться и ожидание, что гравитацию на квантовом уровне можно описать отдельно от других известных взаимодействий.

Мне кажется, что поиск механизма гравитации стоит рассматривать как отдельную задачу на данном этапе, характеризуемом недостатком опытных данных о реализуемом в природе механизме. Обсуждение возможных механизмов может

¹ М.В.Ломоносов. Письмо к Эйлеру от 5 июля 1748 г. Собрание сочинений, т.1, Изд. АН СССР, Москва, Ленинград, 1952.

вовлечь в круг интересов исследователей некоторые уже известные эффекты, которые пока никак не связываются с гравитацией. В первую очередь это касается космологических эффектов, проявляющихся только на огромных расстояниях и за большое время. Например, в основе общепринятого толкования космологических красных смещений лежит физическая аксиома о том, что эти смещения вызваны эффектом Доплера. Но эта аксиома не имеет прямого экспериментального обоснования, а огромная конструкция базирующейся на этой аксиоме современной космологии с ее такими привычными уже Большим Взрывом, расширением вселенной и другими следствиями целиком зависит от ее справедливости. Вряд ли возможно проверить саму эту аксиому, но зато ее отрицание, т.е. утверждение о том, что красные смещения вызываются *не* эффектом Доплера, в принципе может быть экспериментально проверено на Земле. В то же время, допустимы такие механизмы гравитации (один из них описан в моей статье, включенной в этот сборник), при реализации которых в природе красное смещение возникает из-за взаимодействия с фоном гравитонов - без расширения вселенной.

Имеются и факты вне космологии, которые должны приниматься во внимание при установлении механизма гравитации. Один из них – это аномальное ускорение американского космического зонда “Пионер 10”², которое невозможно объяснить в рамках общей теории относительности.

Другой – это экспериментальное наблюдение дискретных уровней энергии нейтронов в гравитационном поле Земли группой Несвижевского³. В этом замечательном эксперименте потенциальная яма для нейтронов, проходящих через узкую щель, формируется с одной стороны – гравитационным полем, а с другой – отражателем нейтронов, поэтому у некоторых физиков возникают сомнения, наблюдаются ли в нем квантовые проявления гравитации. Другим поводом для сомнений является огромная разница - на 40 порядков - между наблюдаемыми в эксперименте энергиями уровней (и соответственно разностями между ними) $\sim 10^{-12}$ эВ и ожидаемой из размерных соображений планковской энергией $\sim 10^{19}$ ГэВ, при которой как будто должны проявляться квантовые эффекты гравитации. Вероятно, наблюдение в будущем переходов между этими уровнями, т.е. результата испускания гравитонов с очень малыми энергиями, может уменьшить такие сомнения.

² J.D.Anderson et al. Phys. Rev. Lett., **81** (1998) 2858; Phys. Rev. **D65** (2002) 082004. [gr-qc/0104064 v4]

³ V.V. Nesvizhevsky et al. Nature, **415** (2002) 297.

И третий факт – это давно известное противоречие между общей теорией относительности и квантовой механикой в описании движения микрочастиц: если в одной теории все частицы должны двигаться по геодезическим, то в другой частицы не могут двигаться по определенным траекториям. Может быть, причина этого противоречия в том, что обе теории не учитывают воздействия отдельных гравитонов на микрочастицу. Тогда опять-таки малые энергии гравитонов в будущей теории кажутся более уместными, чем планковские энергии.

Еще одно важное обстоятельство, которое нужно учитывать – это возможная составленность фундаментальных фермионов (электронов, нейтрино, кварков и др.), с которой может быть связано наличие трех известных однотипных поколений этих частиц. Нельзя исключить того, что компоненты таких составных фермионов могут быть связаны между собой сверхсильно за счет квантового гравитационного взаимодействия, совсем не похожего на тяготение классическое.

Этот сборник включает статьи, посвященные истории подхода Лесажа (притяжение за счет отталкивания в море быстрых частиц, которые сегодня мы бы назвали гравитонами), попыткам экспериментально обнаружить поглощение гравитации, проблемам отклонения от ньютоновского характера движения на галактических расстояниях, а также нескольким возможным механизмам гравитации.

История подхода Лесажа и идей его предшественника Фатио, отношение к этому кругу идей Ньютона, Эйлера, Ломоносова, Лапласа, Кельвина, Максвелла и других ученых описаны в статьях Эванса, Люнтерена, Эдвардса и Слабински. Возможному поглощению гравитации и попыткам обнаружить это поглощение, в том числе и опытам К. Майораны, посвящены статьи Мартинса, Радзиевского, Радзиевского и Кагальниковой, Саврова, группы геофизиков из Новосибирска – Сарычевой, Тимофеева и Хомутова; лучшие достигнутые ограничения на параметр экранирования описаны в статье Унникришнана и Джиллиса. Проблема отклонения от ожидаемого характера движения в галактических системах и пути ее решения, а также возникающие ограничения на модификацию закона тяготения рассмотрены в статьях Евстигнеевой, Милгрема и группы астрофизиков Агуирре, Бургеса, Фридланда и Нолте. Некоторые возможные механизмы гравитации рассмотрены в статьях Петрова, Иванова и Саскинда. Популярная статья Саскинда, заключающая наш сборник, охватывает более широкую тематику, но описание квантовой гравитации с помощью суперструн - в широком, и скорее всего необходимом, контексте всей физики элементарных частиц - составляет ее соль.

Переводы шести статей из сборника “Pushing Gravity” и статьи Милгрема выполнил Л.А. Савров, эти переводы отредактированы мной. Мной переведены статьи Агуирре и др. и Саскинда.

Работу над сборником начал профессор В.В. Радзиевский, меня и Л.А. Саврова он пригласил в качестве соавторов сборника. После его смерти в январе 2003 г., его дочь Валентина Изотова предложила нам продолжить эту работу.

Благодарности

Мы благодарны за предоставление исходных файлов шести статей из сборника “Pushing Gravity”, ed. M. Edwards, Apeiron, Montreal, 2002 и за разрешение опубликовать эти статьи в переводе на русский язык директору издательства Рою Кейсу и редактору Мэтью Эдвардсу. М. Эдвардс выступил инициатором издания нашего сборника. Благодарим за разрешения перепечатать на русском языке статьи, ранее опубликованные на английском, следующие издательства и редакции журналов: Institute of Physics Publishing, Bristol, “Classical and Quantum Gravity”, “Physics World”; World Scientific Publishing Co, Singapore.

Благодарим всех авторов нашего сборника за участие в нем. Проект издания нашего сборника не был бы реализован без помощи Валентины Владимировны Изотовой, ставшей организатором проекта и его спонсором.

М.А. Иванов
Май 2004 г.
Минск