

Расширение Вселенной → локальная физика (опыт построения современной физической картины мира)

Мясников В.М.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
им. В.И.Ульянова(Ленина) (ЛЭТИ)
ул. проф. Попова, дом 5, Санкт-Петербург, 197376, Россия
Телефон: (812) 245-25-43*

В статье предложены и реализованы оригинальные идеи ("начала") построения кватерных пространств, пространства–массы, гравитации, ньютоновской физики. Построена модель и сформулированы законы расширения Вселенной. Предложена и частично реализована программа "Расширение Вселенной → локальная физика".

Miasnikov V.M. The article introduces and proves original ideas ("principia") of constructing quater-spaces, space-mass, gravitation, newtonian physics. A model is built and laws of Expanding the Universe are presented. A program of "Expanding the Universe → local physics" is also introduced and partially realised.

Введение

Вселенная расширяется. Этот фундаментальный научный факт, установленный теоретически (А.А.Фридман, 1922) и экспериментально (Э.Хаббл, 1929), является в настоящее время общепризнанным.

Что же понимается современной наукой под расширением Вселенной, и какую роль играет, и играет ли, расширение Вселенной в современной физической картине мира?

В общих чертах под расширением Вселенной (Метагалактики) подразумевается следующее: радиус кривизны пространства Вселенной растет, по крайней мере, на современном этапе эволюции. Проявляется это в том, что расстояния между далекими галактиками увеличиваются и тем быстрее, чем дальше они находятся друг от друга. При наблюдении с Земли далекие галактики «разбегаются» от Земли, что подтверждается красным смещением в спектрах этих галактик.

Что касается роли расширения Вселенной в современной физической картине мира, то мы имеем в виду следующее: все физические процессы в микро-, макро-, или мега-мире происходят во Вселенной, *расширяющейся* Вселенной, поэтому представляется естественным, что эти процессы как-то связаны с расширением Вселенной, или даже более определенно, не могут быть независимыми от расширения Вселенной.

Современное представление о Вселенной строится по схеме «гравитация ⇒ расширение Вселенной». Но логически допустима и обратная схема «расширение Вселенной ⇒ гравитация». Эта идея и положена в основу нашей работы. Но круг вопросов, которые мы рассматриваем (гравитация является лишь одним из них), более широк, и кратко его можно выразить схемой «расширение Вселенной ⇒ локальная физика». Эту схему следует понимать так: рассматривая (постулируя) расширение Вселенной как первичное, фундаментальное свойство Природы (заметим, установленное наблюдениями и измерениями), выводим из него, как следствия, (некоторые) принципы и законы физики. Для того, чтобы реализовать эту схему, очевидно, нужно иметь более четкое, конкретное и, мы бы сказали, конструктивное представление о расширении Вселенной (эмпирического и даже теоретического факта о разбегании далеких галактик для этого явно недостаточно). Этой проблеме посвящена первая часть нашей работы, где строится модель Вселенной, типа фридмановской, разумеется по схеме «гравитация ⇒ расширение» (иного пути у нас пока просто нет) и затем исследуется собственно расширение. При этом, в понятие «расширение» вкладывается значительно более широкий смысл. И только после этого полученные представления о расширении постулируются как первичные, фундаментальные свойства Природы.

В связи с таким подходом может возникнуть вопрос, насколько такая процедура законна (понятие расширения Вселенной, полученное как вторичное, возводится в ранг первичного)? Вместо обоснования такого подхода сошлемся на аналогичные примеры из истории физики. Достаточно вспомнить, например, как входило в физику понятие поля. Мы, со своей стороны, сформулировали философский принцип:

*Не законы физики определяют эволюцию Вселенной,
а эволюция Вселенной определяет законы физики.*

Этот принцип мы и рассматриваем в качестве обоснования нашего подхода.

Кватерны. Кватерные пространства.

Бесспорно удачная геометрическая интерпретация специальной теории относительности (СТО) Г. Минковским (1908) и, главным образом, геометрическая интерпретация тяготения в общей теории относительности (ОТО) А. Эйнштейном (1916) породили уверенность в более широкой и даже полной геометризации физики. Известны многочисленные попытки, предпринимаемые в этом направлении крупными физиками и математиками, начиная с создателя теории относительности. В целом, все эти попытки сегодня считаются неудовлетворительными. Нам представляется, что это не случайно и тому есть принципиальные причины.

Два философских принципа положены нами в основу критического анализа этой ситуации:

1) Все физические объекты, величины и т.п. разделяются на два принципиально независимых вида: *скаляры* и *прочие*;

2) Математический аппарат, применяемый в той или иной физической теории, должен быть адекватен физическим представлениям этой теории. Адекватность означает, что исключительно средствами применяемого математического аппарата, по возможности строго, должны быть определены математические объекты, величины, их преобразования и т.п., которые затем интерпретируются (используются) как соответствующие физические объекты, величины, преобразования и т.п. в физической теории.

Первый принцип вводится нами как альтернатива возможности полной геометризации физики, т.е. определяются физические объекты (величины), исключая такую возможность в принципе. Формулируем это в виде постулата, который мы назвали «*постулат негеометризуемости*»:

*Скалярная физическая величина не геометризуема
ни в каком смысле.*

и который можно рассматривать в качестве определения *физического скаляра*, учитывая, что не только в физике, но и в математике нет строгого определения скаляра. Постулат негеометризуемости, строго говоря, также не является определением физического скаляра, но он указывает, что свойство физического объекта (физической величины) — «быть скаляром» — является абсолютным свойством в том смысле, что при *любых* преобразованиях, в *любых* системах отсчета (с *любой* точки зрения) физический скаляр остается скаляром и не может стать пространственным объектом. Впрочем, сказанное относится и к пространственным объектам, которые при любых преобразованиях не могут стать скалярами. Подробнее см. [6], гл. I).

Второй принцип приводит нас к выводу, что основные математические объекты теории относительности, т.н. 4-векторы, *в свете постулата негеометризуемости*, не адекватны физическим представлениям этой теории и подлежат замене. (В качестве примера приведем известное утверждение, что в решении Шварцшильда при пересечении сферы Шварцшильда «время и пространство меняются местами», что в свете постулата негеометризуемости просто не имеет смысла. Адекватные математические объекты должны исключать саму возможность формулировки подобных утверждений).

Идеальными математическими объектами, с нашей точки зрения (т.е. с учетом постулата негеометризуемости), мы полагаем кватернионы [1], которые являются естественным обобщением комплексных чисел и которые «геометрически» можно интерпретировать как «сумму скаляра и вектора». Более того, мы вводим один частный вид кватернионов, которые мы называем «кватерны» (от лат. *quater* — четырежды, 4 раза) $Q = q_0^* + \vec{q}$. Здесь q_0^* — скалярная часть кватера Q , звездочка здесь и далее означает умножение на мнимую единицу, т.е. q_0^* — чисто мнимый скаляр, а \vec{q} — вещественный вектор в ортонормированном базисе $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$.

Кватерным пространством–временем мы называем многообразие

$$X = \{ X | X = c^* t + \vec{r} \},$$

где \vec{r} — радиус–вектор из фиксированной точки пространства (точки отсчета), c^* — скорость света (со звездочкой, т.е. умноженная на мнимую единицу), t — время, отсчитываемое от некоторого начала в точке отсчета. Линейные кватерные преобразования в таких пространствах образуют группу вращений (группа Лоренца), круговых и гиперболических, каждое из которых состоит из двух полуоборотов спинорного (в смысле спиноров В.Паули) типа. Кватерная линейная теория поля естественно получается как свойство пространства. Если в пространстве–времени задана кватерная плотность электрического заряда (аналог 4–векторной плотности тока, см. [2]), уравнения поля дают уравнения Максвелла для электромагнитного поля. Если же задана плотность массы, уравнения поля дают уравнения Максвелла для гравитационного поля, являющиеся линейным приближением уравнений ОТО.

Пространство–масса. Закон всемирного тяготения.

Модель материальной точки.

Рассмотрим далее статическое пространство, в котором имеется одна единственная материальная точка (тело) массы m . В соответствии с нашими предположениями пространство должно иметь кватерную структуру, зависеть некоторым образом от массы m и не зависеть от времени. Естественно положить материальную точку в качестве точки отсчета ($r=0$) и тогда любая точка пространства описывается кватером $R = -r_g^* + \vec{r}$, где $r_g = \frac{\gamma m}{c^2}$ — величина, которую мы называем *гравитационный радиус* массы (тела) m (γ — гравитационная постоянная), а само такое пространство называем (*кватерное*) *пространство–масса*.

С другой стороны известно, что в рассматриваемом случае масса m определяет также гравитационное поле. Отождествляя кватеры пространства–массы и гравитационного потенциала, из уравнений Максвелла для гравитационного поля получаем закон тяготения для тела отсчета массы m и пробного тела массы m' :

$$\vec{F} = \begin{cases} -\frac{\gamma m m' \vec{r}}{(r^2 - r_g^2)^{3/2}}, & r > r_g \\ \frac{\gamma m m' \vec{r}}{(r_g^2 - r^2)^{3/2}}, & 0 \leq r < r_g \end{cases} \quad (1)$$

Взглянем теперь «со стороны» на материальную точку (тело) массы m и то, что «увидим», назовем *моделью материальной точки*.

Итак, пространство–масса, порожаемое материальной точкой, описывается кватерами $R = -r_g^* + \vec{r}$, где $r_g = \frac{\gamma m}{c^2}$ — гравитационный радиус массы m , а \vec{r} — радиус–вектор из геометрического центра тела. Сферу $r = r_g$ радиуса r_g называем гравитационной сферой массы (тела) m . Эта сфера определяет два независимых пространства — внешнее ($r > r_g$) и внутреннее ($0 \leq r < r_g$). Анализ закона тяготения показывает, что в первом случае сила направлена к центру (к гравитационной сфере), во втором — от центра (также к гравитационной сфере!). Все это можно представить таким образом, что вся масса m «локализована» на поверхности гравитационной сферы и притягивает к себе массивные тела как изнутри, так и извне. При этом, следует ясно понимать, что «на самом деле» никакой сферы нет, и о каком-либо распределении масс на этой сфере не может быть и речи. Гравитационная сфера — это просто термин, означающий, что законы гравитации сформулированы так, как будто (при нашем макроскопическом здравом смысле) эта сфера действительно существует. И именно это делает понятие гравитационной сферы чрезвычайно удобным и наглядным, и мы в дальнейшем им широко пользуемся.

Для $r \gg r_g$ закон тяготения (1) переходит в ньютоновский закон и внешнее пространство материальной точки — в макроскопическое пространство–масса с его возможностями перехода к ньютоновской и пост–ньютоновской динамике, теории относительности (с черными дырами!) и др.

Единственным, доступным нам «примером» внутреннего пространства является наша Вселенная (Метагалактика). Закон тяготения (1) для внутреннего пространства «материальной точки массы Вселенной» позволяет интерпретировать разбегание галактик, наблюдаемое с Земли, как свободное падение этих галактик на гравитационную сферу Вселенной.

Вселенная. Динамика Вселенной. Гравитационный вакуум. Принцип Маха.

Принцип относительности Ньютона.

Рассмотренный случай «внутреннего» пространства материальной точки представляет собой хорошую модель нашей Вселенной. Мы рассматриваем здесь Вселенную с позиций ньютоновской теории тяготения, но с учетом гравитационной сферы Вселенной.

Итак, пусть M — масса Вселенной, тогда её гравитационный радиус

$$r_g = R = \frac{\gamma M}{c^2},$$

именуемый далее *радиус Вселенной*. Из закона тяготения для $r \ll R$ находим квадрат скорости свободного падения на гравитационную сферу

$$V^2 = \frac{2\gamma M}{\sqrt{R^2 - r^2}} - 2c^2 \approx 2c^2 \left[\left(1 + \frac{1}{2} \frac{r^2}{R^2}\right) - 1 \right] = c^2 \frac{r^2}{R^2}$$

Откуда

$$V = \frac{cr}{R} = rH, \quad \text{где } H = \frac{c}{R} = \frac{c^3}{\gamma M},$$

— закон Хаббла с постоянной Хаббла H (независящей от r). Таким образом, удаленные галактики находятся в состоянии свободного падения под действием гравитационных сил. Отсюда, в частности, можно сделать вывод, что так называемые космологическое и гравитационное красные смещения должны быть одной природы (в последующем мы показываем это и из других соображений).

Отметим также силу притяжения гравитационной сферы для пробной частицы массы m' , находящейся на расстоянии r от фиксированной точки отсчета ($r = 0$) и которая относительно точки отсчета представляется как сила отталкивания, а также ускорение свободного падения пробной частицы на гравитационную сферу Вселенной (мы их называем *хаббловскими*) для $r \ll R$

$$F_X = m'rH^2, \quad \ddot{r} = rH^2.$$

Существует ли граница гравитационного воздействия тела массы m на другие тела? На пробное тело массы m' действует ньютоновская сила притяжения $F_H = -\frac{\gamma mm'}{r^2}$. Кроме того, на него действует хаббловская сила F_X . Суммарная сила

$$F = F_X + F_H = m'rH^2 - \frac{\gamma mm'}{r^2}$$

При малых r преобладает ньютоновский член, и в системе отсчета, связанной с телом m , сила F является силой притяжения. С увеличением r ньютоновская сила уменьшается, а хаббловская растет, и при некотором r сила F равна нулю, а при дальнейшем увеличении r сила F становится силой отталкивания. Расстояние, при котором сила $F = 0$, называем *антигравитационным радиусом* массы (тела) m

$$r_{ag} = \left(\frac{\gamma m}{H^2} \right)^{1/3}$$

Существование антигравитационного радиуса устраняет т.н. гравитационный парадокс, имеющий место в ньютоновской вселенной, объясняет наблюдаемую иерархию вещества во Вселенной и др. Кроме того, наша Вселенная является уникальным объектом, у которого антигравитационный радиус равен гравитационному $r_g = r_{ag} = R$ (Заметим, что это обстоятельство существенно укрепляет нашу уверенность, что мы на верном пути, ибо наша Вселенная, по своей сути, и должна быть уникальным объектом, где все «крайности» сходятся).

Притяжение гравитационной сферы, действующее на любую частицу во Вселенной, как бы растягивает эту частицу равномерно во все стороны, что можно интерпретировать как существование отрицательного давления в каждой точке пространства Вселенной, последнее, в свою очередь, можно интерпретировать как существование некоего «вещества» с отрицательной плотностью, равномерно распределенного во Вселенной. Мы назвали это «вещество» *гравитационным вакуумом*. Введение гравитационного вакуума позволяет отказаться от «квазиклассической» гравитационной сферы и использовать классическую ньютоновскую гравитацию в пуассоновской формулировке с «поправкой на вакуум»

$$\Delta\varphi \equiv \nabla^2\varphi = 4\pi\gamma(\rho + \rho_{\text{вак}}),$$

где ρ — плотность вещества, а $\rho_{\text{вак}} = -\frac{3H^2}{4\pi\gamma}$ — плотность вакуума.

Динамика вещества и гравитационного вакуума во Вселенной полностью определяется плотностью вещества. Пусть однородная и изотропная Вселенная равномерно заполнена веществом с постоянной плотностью ρ или относительной плотностью $\Omega = \frac{\rho}{\rho_{kp}}$, где $\rho_{kp} = \frac{3H^2}{8\pi\gamma}$ — эйнштейновская критическая плотность.

Выделим сферу произвольного радиуса r с центром в точке отсчета и обозначим V и \dot{r} — скорость и ускорение частицы вещества на поверхности сферы и $V_{\text{вак}}$ и $\dot{r}_{\text{вак}}$ — соответственно, скорость и ускорение «частицы» вакуума на поверхности сферы. Анализ уравнений движения дает следующие зависимости скоростей и ускорений вещества (и вакуума) в зависимости от параметра Ω :

$$\begin{aligned} \Omega < 1 &\Rightarrow V > 0 \quad (V_{\text{вак}} > 0), \quad \dot{r} > 0 \quad (\dot{r}_{\text{вак}} < 0) \\ 1 < \Omega < 2 &\Rightarrow V < 0 \quad (V_{\text{вак}} < 0), \quad \dot{r} > 0 \quad (\dot{r}_{\text{вак}} < 0) \\ 2 < \Omega &\Rightarrow V < 0 \quad (V_{\text{вак}} < 0), \quad \dot{r} < 0 \quad (\dot{r}_{\text{вак}} > 0) \end{aligned} \quad (2)$$

В первом случае сфера расширяется ($V > 0$), во втором и третьем — сжимается ($V < 0$). Ввиду произвольности в выборе сферы эти выводы распространяются на всю Вселенную. Условия (2) имеют совершенно ясный смысл. Если плотность ρ меньше критической ($\Omega < 1$), то притяжение вещества внутри сферы оказывается недостаточным, чтобы противостоять притяжению остального вещества Вселенной (гравитационной сферы), и произвольная выделенная сфера, а следовательно и Вселенная, расширяется. При этом никакого «первого толчка», каковым считают т.н. «большой взрыв», не требуется. Если же плотность ρ больше критической, то наоборот, притяжение вещества внутри выделенной сферы оказывается больше притяжения остального вещества Вселенной, и выделенная сфера сжимается. Обращаем также внимание, что переход от расширения ($V > 0$) к сжатию ($V < 0$) возможен только при переходе через значение параметра $\Omega = 1$, что, с другой стороны, невозможно, т.к. ускорение при этом положительно. Случай $\Omega = 1$, если он возможен, соответствует т.н. сингулярному состоянию Вселенной. (Это противоречит традиционной модели Фридмана, в которой утверждается, что случай $\Omega = 1$ соответствует плоской (евклидовой) модели Вселенной, см. [3]. Мы утверждаем, что это ошибка. Интерпретация решений уравнений Фридмана для $\Omega = 1$ прямо противоположна, это то самое, таинственное сингулярное состояние, причем эта сингулярность имеет место не в начале эволюции и не в конце её, а в «середине»).

Далее, обратим внимание на вакуум в (2). Гравитационный вакуум расширяется или сжимается вместе с веществом в зависимости от средней плотности вещества, т.к. скорости в условиях (2) совпадают по направлению. Что касается ускорений, то они всегда противоположны по знаку и равны по модулю, что приводит, как мы уже упоминали, к отрицательным давлениям, силам противодействующим ньютоновской гравитации и др. Необходимость последних возникает, например, в космологических моделях, в связи с интерпретацией космологического члена. Если считать, что вещество и вакуум взаимодействуют всегда так же, как в динамике Вселенной, т.е. их скорости всегда одинаковы, а ускорения всегда противоположны по направлению, то нельзя ли силы инерции объяснить взаимодействием вакуума и вещества?

Да, можно, и мы это показали даже двумя способами. Во-первых, строго (в рамках нашей модели) доказали принцип Маха, т.е. силы инерции действительно обязаны своим появлением гравитационному воздействию далеких масс во Вселенной или, что то же самое, силы инерции суть гравитационные силы и следовательно имеет место так называемый принцип эквивалентности Эйнштейна. Во-вторых, мы определили «идеальную инерциальную систему» как совокупность всех мыслимых инерциальных систем, произвольно движущихся с постоянными скоростями относительно друг друга и рассматриваемых как *единое целое*, объединяя которое с гравитационным вакуумом, определяем *эфир*, почти совпадающий с классическим эфиром, но свободный от многих (может быть, всех!) его недостатков и, наконец, отождествляем эфир с ньютоновским абсолютным пространством, в котором формулируем принцип относительности (эквивалентности) Ньютона:

Следующие два утверждения:

1. тело массы m под действием силы \vec{f} движется с ускорением $\vec{a} = \frac{1}{m} \vec{f}$ относительно «неподвижного» абсолютного пространства;
2. абсолютное пространство движется с ускорением $-\vec{a}$ относительно «неподвижного» тела массы m , при этом на тело действует сила $-\vec{f} = m(-\vec{a})$;

— эквивалентны («1 \Leftrightarrow 2.»).

Такая формулировка принципа относительности Ньютона включает в себя все законы динамики, в частности все три закона Ньютона, и снимает многие «трудные» вопросы ньютоновской динамики.

Рассмотренная выше модель Вселенной строится на основании теории гравитационного поля, которое является лишь линейным приближением уравнений ОТО. Качественный анализ законов тяготения позволяет выявить самые общие составляющие такой модели, такие

как расширение, закон Хаббла, иерархия вещества и др., но многие детали, связанные, главным образом, с эволюцией Вселенной, остаются за рамками этой модели.

Расширение Вселенной

Далее мы берем космологические уравнения Фридмана с космологической постоянной (см., например, [3]) и вносим «поправку на вакуум», аналогично тому, как это сделано выше для уравнения Пуассона. Анализ решений полученных уравнений для различных комбинаций параметров дает практически все «классические» космологические модели (Эйнштейна, Де Ситтера, Фридмана, Эйнштейна–Де Ситтера, Хойла и др., см. [3]) Некоторые соображения потребовали от нас выбора следующих значений параметров: эйнштейновская космологическая постоянная $\Lambda = 0$ и давление отрицательно $P = -\frac{2}{3}c^2\rho_{кр} = -\frac{c^2H^2}{4\pi\gamma}$. Решая полученные

уравнения оригинальным методом (именно этот метод позволил нам выявить ошибку в интерпретации классической модели Фридмана, см. выше) получаем зависимости типа (2), из которых выбираем в качестве окончательного случай $\Omega < 1$, $k = -1$ (выбор этот сделан исключительно для определенности, опираясь на тот факт, что современные оценки параметра Ω (несколько десятых долей единицы) отдают предпочтение этому случаю, ну и конечно на тот факт, что в дальнейшем мы не встретили ни одного противоречия). Независимым параметром выбираем Ω , $-\infty < \Omega < 1$, все остальные величины определяем как функции этого параметра. Индекс «ноль» везде далее означает принадлежность современной эпохе.

Перечислим основные результаты, в той последовательности, как они получаются при построении модели.

- Вводится космологическое время τ . Момент эволюции, соответствующий космологическому времени τ , называем *эпохой* τ .

- В каждую эпоху вводится локальное время dt . Время dt «расширяется» по мере эволюции Вселенной $dt_0 = Sdt$, где

$$S = \frac{\sqrt{1-\Omega}}{\sqrt{1-\Omega_0}} = \left[1 + \frac{1}{2}H_0(2-\Omega_0)\tau \right]^{-1} = \frac{1}{1+\bar{H}_0 t}$$

— коэффициент расширения. Здесь \bar{H}_0 — постоянная Хаббла в настоящее время (отличная от параметра Хаббла H_0 и связанная с ним отношением «золотого» сечения!), а t — локальное время от современной эпохи ($\tau = 0$) до эпохи τ .

- Скорость возрастания радиуса кривизны $c = \frac{da}{dt}$ не зависит от эпохи, Мы её интерпретируем как скорость расширения Вселенной, и в этом качестве она постоянна и является наибольшей для перемещения физических объектов. То, что только свет (электромагнитная волна, фотон) достигает скорости c требует дополнительных обоснований, после чего скорость расширения Вселенной можно называть скоростью света.

- Радиальные относительно точки наблюдения расстояния (длины) расширяются $dl_0 = Sdl$.

- Расширение длин и времени естественно объясняет космологическое красное смещение Z , не требующее, вообще говоря, для своего объяснения привлечения эффекта Доплера. При этом $S = Z + 1$ — известный (см. [3]) космологический параметр.

- Современное значение относительной плотности $\Omega_0 = 3 - \sqrt{5} \approx 0.76$, а постоянная Хаббла $\bar{H}_0 = 1.803 \cdot 10^{-18} \frac{1}{сек} = 55.645 \frac{км/сек}{Мпс}$ (см. также [4], [5]).

- Скорость света и гравитационная постоянная не расширяются

$$c_0 = c, \quad \gamma_0 = \gamma.$$

Постоянная Планка *расширяется*, причем пропорционально второй степени коэффициента расширения

$$h_0 = S^2 h.$$

- Масса и энергия расширяются

$$m_0 = Sm, \quad E_0 = SE.$$

Расширение массы не означает рождения новых частиц и не затрагивает законов сохранения заряда (барионного и других). Но фотон, пришедший к нам из глубин Вселенной, несмотря на

красное смещение, не только не теряет энергию (не стареет), но совсем наоборот, увеличивает её

$$E_0 = h_0 \nu_0 = (S^2 h)(S^{-1} \nu) = S h \nu = S E.$$

• Закон сохранения энергии имеет место в каждую эпоху, но при переходе от одной эпохи в другую это, вообще говоря, не так. Эту проблему, в принципе, можно решить как в теории относительности, где при переходе в движущуюся систему отсчета масса увеличивается. Мы предлагаем иной путь — рассмотреть более широкую систему — Метавселенную, как модель материальной точки, для которой наша Вселенная является наблюдаемой внутренней частью. Тогда проблема законов сохранения для нашей Вселенной просто переносится на более широкую систему, в которой все законы должны безусловно выполняться.

• Основная идея эволюции Метавселенной состоит в том, что во внешнем пространстве имеет место гравитационный коллапс и материя из внешнего пространства переходит в наше. Развитие этого процесса во времени и является историей нашей Вселенной.

Отметим, в заключение, некоторые проблемы современной космологии, которые нашли в нашей модели удовлетворительную интерпретацию.

1. Вселенная не имела в прошлом состояния с бесконечной плотностью. Глобального «большого взрыва», породившего всю Вселенную, не было. Но могли быть локальные «взрывы», в каждом из которых материя развивалась, например, по сценарию модели горячей вселенной. Такими объектами, мы полагаем, могут быть квазары ($Z < 4$) и/или точечные источники радиоизлучения ($Z \gg 4$).

2. Реликтовое излучение, его замечательная однородность и изотропия. Это действительно *реликтовое* излучение, остатки первого появления материи в виде излучения в нашей Вселенной с началом коллапса во внешнем пространстве. Тепловой характер реликтового излучения объясняется тем, что само пространство выступает в качестве черного излучающего тела, а современная температура $T = 2.7^\circ\text{K}$ объясняется разогревом от абсолютного нуля (а не остыванием от $T = \infty$!).

3. Естественно объясняются гигантская энергия квазаров, их большие красные смещения, генетическая связь с активными ядрами галактик, наблюдаемая неоднородность вещества во Вселенной при однородном (в среднем) и изотропном распределении галактик и, по-видимому, квазаров в пространстве, и др.

4. В связи с неоднократно поднимаемым в литературе вопросом о необходимости «новых» законов физики для объяснения некоторых наблюдаемых во Вселенной явлений, сформулируем наше философское кредо по этому вопросу: *не законы физики определяют эволюцию Вселенной, а эволюция Вселенной определяет законы физики.*

Расширение Вселенной ⇒ локальная физика

Локальная физика, т.е совокупность физических законов, принципов, физических объектов и т.п. определяется законами расширения (эволюции) Вселенной.

Разумеется, мы далеки от мысли доказать это утверждение. Наша цель — показать, что это в принципе возможно, и даже наметить некий конкретный путь. Для этого формулируем законы расширения, вытекающие из нашей модели, в форме постулатов, именуемых далее *постулатами расширения.*

Постулат 1. Вселенная однородна и изотропна.

Постулат 2. (космологический постулат) Все локальные законы физики одинаковы в любую эпоху эволюции Вселенной и в любом месте Вселенной.

Постулат 3. В расширяющейся Вселенной существует предельная скорость движения одной материальной частицы относительно другой материальной частицы. Предельное значение скорости называем скоростью расширения Вселенной или, более привычно, скоростью света. Утверждение о том, что эта скорость не меняется с эволюцией, считаем следствием постулата 2. Заметим, что постулат 3 не утверждает, что вообще не существует скоростей, больших скорости света.

Постулат 4. Время, длина и масса расширяются

$$\begin{cases} \Delta t = (1 + Ht) \cdot \Delta t_0 & \Delta t_0 \ll t \\ \Delta l = (1 + Ht) \cdot \Delta l_0 & \Delta l_0 \ll ct \\ m = (1 + Ht) \cdot m_0 \end{cases} \quad (3)$$

Здесь $\Delta t_0, \Delta l_0, m_0$ — отрезки времени, длины и масса в настоящий момент (эпоха τ_0), $\Delta t, \Delta l, m$ — соответствующие отрезки времени, длины и масса в эпоху τ , H — постоянная

Хаббла в настоящее время (индекс «ноль» и черту для простоты опускаем) и t — локальное время от настоящего момента до момента, соответствующего эпохе τ .

Сформулируем, наконец, еще один постулат, который, вообще говоря, не следует из нашей модели, но представляется естественным и необходимым из самых общих философских соображений:

Постулат 5. (закон инерции расширяющейся Вселенной). Вселенная расширяется в соответствии с постулатом 4 (законами (3)), пока и поскольку некоторые причины не побуждают её отклоняться от этих законов. И если такие причины появляются, Вселенная стремится устранить эти причины, или, по крайней мере, свести их действие к минимуму.

Два необходимых замечания к постулату 5:

1. О термине «вселенная». Утверждение о том, что Вселенная расширяется, здесь означает, что расширяется любой объект или любая совокупность объектов, выделенная во Вселенной, в том числе и совокупность всех мыслимых объектов, которую обычно и называют сегодня термином «Вселенная».

2. Если Вселенная это любой объект или любая их совокупность, и никаких объектов, не принадлежащих Вселенной в принципе не существует, и если Вселенная расширяется в соответствии с постулатами 1 – 4, то откуда могут появиться причины, побуждающие Вселенную отклоняться от законов расширения? Мы полагаем, что *взаимодействие* объектов является причиной отклонения совокупности этих объектов от расширения, но не в смысле причинно-следственных отношений, а в том смысле, что *взаимодействие* и *отклонение от расширения* — просто разные названия одного и того же феномена соответственно в локальной физике и модели расширяющейся Вселенной. И только следуя нашей схеме «расширение => локальная физика», мы рассматриваем расширение, точнее, отклонение от расширения, как первичное, и соответственно применяем закон инерции расширяющейся Вселенной.

Если бы Вселенная расширялась в строгом соответствии с постулатами 1 – 4, то во Вселенной в буквальном смысле ничего бы не было, во всяком случае того, что мы называем словом «физика», т.е. физических объектов, физических законов, и конечно тех, кто мог бы такие законы формулировать и изучать, т.е. нас с вами. Именно отклонение от расширения и порождает то фантастическое разнообразие физических объектов и явлений, которые мы наблюдаем и изучаем.

Как мы показали, космологическое красное смещение есть следствие эволюции Вселенной. Поскольку с эволюцией все расстояния растут, в том числе и расстояния до наблюдаемых галактик, что естественно интерпретировать как удаление от нас этих галактик, т.е. красное смещение можно интерпретировать и как эффект Доплера, в том числе и эффект Доплера как энергетический эффект. Кроме того, мы показали, что удаленные галактики находятся в состоянии свободного падения на гравитационную сферу Вселенной, т.е. космологическое красное смещение можно интерпретировать и как гравитационное. Таким образом, все известные современной науке причины красного смещения могут в *равной степени* объяснить космологическое красное смещение. Мы полагаем, что это не случайно, и причина на самом деле одна. А если вспомнить принцип Маха. тождественность инертной и гравитационной масс и др., то, по-видимому, имеет место общий принцип природы (или философии природы), некий предельный вариант «бритвы Оккама», который можно сформулировать примерно так: одинаковые явления природы должны иметь одно и то же объяснение (одну причину) (Уильям Оккам, 1289-1349 : “*entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem — сущности не следует умножать сверх необходимости*”). Иначе говоря, Вселенная не может себе позволить «роскошь» иметь более одного экземпляра массы, несколько различных причин красного (фиолетового) смещения и т.п.

Последний принцип является философским, и мы, естественно, не включаем его в число постулатов расширения, однако этот принцип, наряду с постулатами, положен в основу всех дальнейших рассуждений.

Инерциальные системы. Предположим, что Вселенная расширяется в строгом соответствии с постулатами 1 – 4 (отдавая отчет, что это лишь крайняя идеализация). Вселенная однородна и изотропна (постулат 1), следовательно, в качестве точки отсчета можно выбрать любую. Для удобства речи выберем Землю. Система отсчета, связанная с Землей, по необходимости является инерциальной (речь идет о Земле просто как о точке в пространстве Вселенной, а не как о вращающемся массивном теле). Пусть далее мы с Земли наблюдаем далекую галактику с красным смещением Z ($Z \ll 1$). Свет, который мы регистрируем сегодня на Земле, был

испущен галактикой в момент $t = -\frac{r}{c}$ нашего земного времени, знак минус — т.к. отсчет

времени ведется в прошлое. Подставляя t с учетом закона Хаббла $V = rH = cZ$ в (3), получаем

$$\Delta t = \left(1 - \frac{V}{c}\right)\Delta t_0, \quad \Delta l = \left(1 - \frac{V}{c}\right)\Delta l_0, \quad m = \left(1 - \frac{V}{c}\right)m_0. \quad (4)$$

С другой стороны, единственный источник информации от галактики — электромагнитная волна, параметры которой

$$\Delta t_0 = \frac{1}{\nu_0}, \quad \Delta l_0 = \lambda_0, \quad m_0 = \frac{E_0}{c^2} = \frac{h_0 \nu_0}{c^2}, \quad (5)$$

— частота, длина волны, энергия — величины, измеряемые сегодня на Земле (в спектре галактики), рассматриваем в системе отсчета Земли и сейчас.

Соответствующие величины

$$\Delta t = \frac{1}{\nu}, \quad \Delta l = \lambda, \quad m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}, \quad (6)$$

измеряемые также на Земле и сейчас (в эталонном спектре), в соответствии с постулатом 2 можно рассматривать в системе отсчета галактики в момент земного времени $t = -\frac{r}{c}$. Непосред-

ственное сравнение величин (5) и (6) в точности дают соотношения (4) (именно в результате такого сравнения и обнаружено космологическое красное смещение), точнее, первые два соотношения (4). Третье соотношение (4) здесь вводится впервые, оно не было известно в таком виде, т.к. не было известно, что постоянная Планка расширяется. (Если считать, что постоянная Планка не расширяется, то соотношение для энергии имеет прямо противоположный смысл. Так это и считается на сегодняшний день и известно под названием «старение» фотона.). Для перехода в систему отсчета галактики не обязательно «лететь» на эту галактику, можно остаться на Земле, но обязательно «перенестись» во времени в эпоху, соответствующую земному времени $t = -\frac{r}{c} = -\frac{Z}{H}$.

Сделаем первый предварительный вывод: в той мере, в какой можно считать Вселенную однородной и изотропной, далекие галактики удаляются от нас со скоростью $V = cZ$, имеют место соотношения (4), и переход в систему отсчета, связанную с галактикой (необходимо инерциальную) можно интерпретировать как перенесение в прошлое на определенное для данной скорости (данной галактики) время.

Представим теперь, что мы находимся в реальной неподвижной системе отсчета. Другая, подвижная система движется от нас по лучу зрения со скоростью V , и в этой системе имеется источник, свет от которого мы наблюдаем в неподвижной системе. Тогда имеет место доплеровское красное смещение, т.е. справедливы соотношения (для $V \ll c$)

$$\Delta t = \frac{1}{\nu} = \left(1 - \frac{V}{c}\right) \frac{1}{\nu_0} = \left(1 - \frac{V}{c}\right)\Delta t_0 \quad (7)$$

$$\Delta l = \lambda = \left(1 - \frac{V}{c}\right)\lambda_0 = \left(1 - \frac{V}{c}\right)\Delta l_0$$

Сравнивая (7) и (4), видим, что два первых соотношения (4) совпадают с (7). Имея в виду, что красное смещение должно иметь одну и ту же причину («бритава Оккама»), полагаем, что совпадение должно быть полным. Таким образом, мы можем теперь определить условия, при которых подвижную систему отсчета можно считать инерциальной в реальных условиях и при этом указать некоторые свойства инерциальных систем (пока для случая удаления).

Систему отсчета, движущуюся с постоянной скоростью V от (неподвижной) точки отсчета по лучу зрения, можно считать инерциальной в некоторых физических условиях постольку, поскольку в этих условиях можно считать пространство однородным и изотропным. При этом имеют место соотношения (4) (для $V \ll c$), т.е. в подвижной системе отсчета, по сравнению с неподвижной, длина (в направлении движения) сокращается, время ускоряется (секунда становится короче, т.е. сокращается) и масса уменьшается (сокращается). Переход от неподвижной системы отсчета в подвижную можно интерпретировать как перенесение (во времени) в прошлое на некоторое, зависящее от скорости, время.

Полученные выводы не совпадают с выводами специальной теории относительности Эйнштейна. Причина в следующем. Если рассматривать движения материальных частиц относительно неподвижной точки отсчета, то все движения разбиваются на три принципиально несводимые друг к другу вида: движение от точки отсчета (расстояние от точки отсчета увеличивается), движение к точке отсчета (расстояние уменьшается) и движение по сфере постоянного радиуса с центром в точке отсчета (расстояние не меняется). Выводы СТО, в *общем правильные*, относятся к *разным* движениям, и три эффекта, сформулированные Эйнштейном, (сокраще-

ние длины, замедление времени, увеличение массы) *не имеют* места, *все три* одновременно *в одном и том же* движении.

Если же подвижная система отсчета приближается с постоянной скоростью к неподвижной точке отсчета, то переход в подвижную систему отсчета можно интерпретировать как переход во времени в будущее, при этом длина увеличивается, время замедляется, масса увеличивается.

Что касается третьего вида движения, движения по сфере постоянного радиуса с центром в точке отсчета, то мы полагаем, что такое движение *не является физическим* (относительно центра сферы), и никаких эффектов при таком движении не наблюдается. В частности, вывод Эйнштейна о т.н. боковом эффекте Доплера является ошибочным, такого эффекта нет. (Представляется разумным также, заново обсудить планетарную модель атома Резерфорда, постулаты Бора, стационарные орбиты электрона в атоме и т.п.)

Специальная теория относительности. Рассмотренные выше свойства инерциальных систем во Вселенной естественно («бритва Оккама») приводят к формулировке локальной специальной теории относительности, отличной от СТО Эйнштейна. «Новая СТО» — не противопоставление (и уж тем более — не «опровержение»!) СТО Эйнштейна, но её дальнейшее развитие, её «новая редакция». «Новизна» состоит в новом определении системы отсчета и новом определении одновременности пространственно разделенных событий в таких системах отсчета.

Систему отсчета мы определяем как точку отсчета и окружающее пространство, все точки которого определяются относительно точки отсчета («рассматриваются исключительно из точки отсчета»). При этом выбор новой точки отсчета и/или иное определение точек системы относительно точки отсчета следует интерпретировать как переход к новой системе отсчета.

Качественное описание эффектов СТО (три вида равномерных движений в фиксированной системе отсчета, увеличение/уменьшение физических величин при таких движениях и некоторые другие) следует из свойств инерциальных систем в расширяющейся Вселенной (плюс «бритва Оккама»). Количественное описание требует дополнительных понятий. Одним из таких понятий является понятие *одновременности* пространственно разделенных событий.

В кватерном пространстве–времени (см. выше раздел Кватеры. Кватерные пространства.) $\mathbf{X} = \{ X | X = c^*t + \vec{r} \}$ два события $X_1 = c^*t_1 + \vec{r}_1$ и $X_2 = c^*t_2 + \vec{r}_2$ являются одновременными в данной системе отсчета, если $\|X_1 - X_2\| = 0$, или $c \Delta t = \Delta r$, где $\Delta t = |t_1 - t_2|$, а Δr — длина радиальной составляющей вектора $\vec{r}_1 - \vec{r}_2$. Такое определение одновременности в совокупности с наличием группы лоренц–инвариантных преобразований в пространствах \mathbf{X} , однозначно приводит к специальной теории относительности со всеми указанными выше свойствами, в частности, при переходе в систему отсчета, удаляющуюся от неподвижной точки отсчета, длина уменьшается, в приближающуюся — длина увеличивается.

Мы утверждаем, что последнее, применительно к длине волны излучения движущегося источника света, известное как эффект Доплера — красное смещение спектральных линий для удаляющегося источника и фиолетовое смещение для приближающегося источника — показывает, что эффект Доплера является *НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ* и *ПРЯМЫМ* экспериментальным подтверждением (или, если угодно, — следствием) специальной теории относительности.

Квантовый релятивизм. Постоянная Планка h *расширяется* с расширением Вселенной (см. раздел Расширение Вселенной), причем весьма быстро — пропорционально второй степени коэффициента расширения. В начале эволюции постоянная Планка равна нулю (точнее, $h \rightarrow 0$ при $Z \rightarrow \infty$), что указывает на то, что в начале эволюции никаких ограничений «снизу» не было (мы имеем в виду неравенства Гейзенберга, т.н. *соотношения неопределенностей*), следовательно, энергия могла поступать в нашу Вселенную (из внешнего пространства Метавселенной?) в виде излучения со сколь угодно малой энергией и длиной волны в каждой точке пространства. Именно это излучение, расширенное за время эволюции и разогретое до температуры 2.7°K, мы регистрируем сегодня как реликтовое.

Другой аспект расширения постоянной Планка может привести к совершенно неожиданным результатам в квантовой физике. Действительно, все свойства инерциальных систем в расширяющейся Вселенной переносятся в локальную специальную теорию относительности («бритва Оккама»), в том числе, по-видимому, и зависимость постоянной Планка от скорости. А это значит, что при переходе в подвижную систему отсчета постоянная Планка практически равна нулю в случае удаляющейся с релятивистской скоростью инерциальной системы, или её величина многократно возрастает по сравнению с табличной «величиной покоя» в случае приближающейся системы отсчета. Такой симбиоз теории относительности и расширения постоянной Планка, если эта гипотеза подтвердится, неизбежно приведет к новым идеям и возможностям, учитывая особенно, что столкновение частиц является одним из основных «инструментов» в изучении элементарных частиц.

Неинерциальные системы. Силы инерции. Закон Ньютона. Рассмотрим снова инерциальную систему, и пусть в этой системе некоторая частица движется с ускорением. Мы пока не будем обсуждать вопрос о том, что является причиной ускорения.

Как влияет ускорение на пространство? Частица и та причина, заставляющая её двигаться с ускорением, являются внешними по отношению к инерциальной системе, и следовательно, они не влияют на её пространство. т.е. не нарушают её инерциальность. (Речь идет о свободной частице. Иная ситуация возникла бы, если бы частица была связана в инерциальной системе. Если же причину ускорения рассматривать как «внутреннюю» для системы отсчета, то такую систему нельзя называть инерциальной).

Но в системе отсчета, связанной с частицей (подвижной), ускорение приводит к нарушению, по крайней мере, изотропности. Действительно, обозначая V_0 — постоянную составляющую скорости, имеем $V = V_0 + \Delta V$, и подставляя эту скорость, например, во второе соотношение (4)

$$\Delta l = \left(1 - \frac{V}{c}\right)\Delta l_0 = \left(1 - \frac{V_0}{c}\right)\Delta l_0 - \frac{\Delta V}{c}\Delta l_0,$$

видим, что при переходе в подвижную систему отсчета пространство «деформируется» по сравнению с «инерциальным фоном» (появляется дополнительное слагаемое $-\frac{\Delta V}{c}\Delta l_0$ к «инерциальному» слагаемому $\left(1 - \frac{V_0}{c}\right)\Delta l_0$) в направлении приращения скорости, т.е. ускорения.

Последнее мы и интерпретируем как отклонение от расширения. И тогда, в соответствии с постулатом 5, в подвижной системе отсчета появляется *нечто*, стремящееся устранить это отклонение и, очевидно, это *нечто* должно действовать в направлении противоположном ускорению.

Таким образом, если материальная частица движется с ускорением \vec{a} относительно любой инерциальной системы, то в системе отсчета, связанной с этой частицей, возникает *нечто*, называемое *силой инерции* $\vec{f} = -m\vec{a}$. Коэффициент m называют *инертной массой* частицы. Мы интерпретируем массу m как меру взаимодействия частицы со всеми объектами Вселенной.

Теперь мы в состоянии ответить и на вопрос, что является причиной ускорения частицы относительно инерциальной системы? А что, собственно, изменилось при постановке этого нового вопроса по сравнению с предыдущим? Имеем ту же частицу, то же взаимодействие этой частицы со Вселенной, характеризуемое той же массой m . Следовательно, и физическая величина, являющаяся причиной ускорения, должна быть также силой («бритва Оккама»), с той лишь разницей, что эта сила внешняя по отношению к частице. Иначе говоря, в инерциальной системе отсчета имеет место закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Гравитация. Мы хотим далее выяснить, каким должно быть взаимодействие между частицами, обладающими единственным свойством «иметь массу». При этом мы полагаем, что масса каждой частицы полностью определяется её взаимодействием с остальным веществом Вселенной.

При построении нашей модели идеальной Вселенной одним из важнейших условий были т.н. уравнения состояния вещества и гравитационного вакуума, которые в конечном счете сводятся к условию $\rho + \rho_{\text{вак}} = 0$, или

$$E + U = 0, \quad E = -U, \quad (8)$$

где $E = \iiint_V c^2 \rho dV = E_{\text{кин}}$ — кинетическая энергия вещества в произвольном объеме V , а

$U = \iiint_V c^2 \rho_{\text{вак}} dV = E_{\text{пот}}$ — потенциальная энергия.

Условие (8) можно рассматривать как формулировку теоремы о вириале для идеальной Вселенной. (и по-видимому, следует добавить к постулатам расширения), и тогда условие идеального расширения формулируется как условие выполнения теоремы о вириале (8) в любом объеме, выделенном во Вселенной. Далее, применяя стандартную процедуру усреднения, теорему о вириале и условие идеального расширения (8) можно распространить на реальные тела с реальными кинетической и потенциальной энергиями.

Обращаем внимание, что кинетическая и потенциальная энергии в формулировке теоремы о вириале (8) не являются ньютоновскими, это *релятивистские* кинетическая энергия, включающая энергию «покоя» частиц, и потенциальная энергия, включающая «собственную»

потенциальную энергию частиц во Вселенной. «Собственной» потенциальной энергией частицы массы m мы называем (отрицательную) энергию

$$U_m = E_{nom,m} = -\frac{\gamma mm}{r_g} = -\frac{\gamma mm}{\frac{\gamma m}{c^2}} = -mc^2,$$

где r_g — гравитационный радиус массы m . Собственную потенциальную энергию частицы можно также интерпретировать как потенциальную энергию взаимодействия частицы со всем веществом Вселенной (её гравитационной сферой)

$$U_{m,M} = -\frac{\gamma mM}{R} = -\frac{\gamma mM}{\frac{\gamma M}{c^2}} = -mc^2 = U_m,$$

где M — масса Вселенной, а R — гравитационный радиус Вселенной. И тогда масса материальной частицы может быть определена как

$$m = \frac{E_{кин}}{c^2} = -\frac{U_m}{c^2} = -\frac{U_{m,M}}{c^2}.$$

Именно в этом смысле мы утверждаем, что массу материальной частицы можно интерпретировать как меру взаимодействия частицы со всем веществом Вселенной, при этом мы полагаем, что нет необходимости делить такую интерпретацию массы на «подвиды» (инертную, гравитационную активную и пассивную, электромагнитную и т.п.).

Выделим во Вселенной конечный объем V , в котором имеется только две материальные частицы. Система из двух частиц расширяется идеально, если $E + U = 0$, где E и U — кинетическая и потенциальная энергии системы двух частиц. Но частицы, составляющие систему, расширяются, их массы расширяются, следовательно, растет и их кинетическая энергия, а вместе с ней и кинетическая энергия системы E . С другой стороны, расстояние между частицами также расширяется, т.е. их потенциальная энергия уменьшается по абсолютной величине, при этом потенциальная энергия системы U , будучи отрицательной, растет.

Таким образом, в условии идеального расширения системы $E + U = 0$, и первое, и второе слагаемые в левой части растут, что, естественно, влечет за собой нарушение этого условия. Мы это интерпретируем как *отклонение от расширения*. И тогда, в соответствии с постулатом 5, во Вселенной появляется *нечто*, стремящееся устранить или, по крайней мере, уменьшить отклонение от расширения, т.е. отклонения от нуля суммы кинетической и потенциальной энергий. Последнее возможно только при уменьшении расстояния между частицами.

Итак, Вселенная стремится уменьшить расстояние между материальными частицами, при этом *нечто*, стремящееся уменьшить расстояние между частицами или, что то же самое, увеличить по абсолютной величине потенциальную энергию, очевидно, должно действовать в направлении наибольшего увеличения модуля потенциальной энергии, т.е. в системе отсчета одной частицы

$$\vec{F} = -\text{grad}U(r).$$

Это *нечто*, стремящееся уменьшить расстояние между материальными частицами, давно и хорошо известно и со времен И.Ньютона называется силой взаимного притяжения материальных тел.

Заметим, что рассмотрение гравитационного взаимодействия как стремления уменьшить расстояния между материальными частицами, можно интерпретировать и геометрически, т.е. как стремление изменить свойства пространства («искривить» пространство, изменить геометрию), что не только не исключает эйнштейновский подход к гравитации, но даже подчеркивает его естественность. И наконец, такая интерпретация гравитации естественно и непринужденно объясняет, почему гравитационно связанные объекты «не участвуют» в наблюдаемом космологическом расширении Вселенной: *гравитационная связь и есть их участие* в расширении Вселенной.

(С другой стороны, «не участие» гравитационно связанных материальных тел в наблюдаемом космологическом расширении, в свою очередь, можно интерпретировать как отклонение от расширения. И тогда Вселенная, в соответствии с постулатом 5, стремится увеличить расстояния между материальными телами. Последнее приводит («бритва Оккама»), в системе отсчета любого материального тела, к появлению сил отталкивания всех других материальных тел. Мы назвали эти силы *хаббловскими* (см. раздел Вселенная. Динамика Вселенной. ...). Там же мы отмечали, что наличие хаббловских сил отталкивания можно интерпретировать как суще-

ствование отрицательного давления, которое, в свою очередь, можно интерпретировать как наличие «вещества» с отрицательной массой. Мы назвали это «вещество» *гравитационным вакуумом*. Гравитационный вакуум отталкивается от обычного вещества, но «сам с собой» гравитационно не взаимодействует. Взаимодействие обычного вещества и гравитационного вакуума естественно приводит к силам инерции, которые являются лишь «слегка замаскированными» гравитационными силами, следовательно, отпадает необходимость различения инертной и гравитационной масс или, что то же самое, имеют место принцип эквивалентности Эйнштейна, принцип Маха, и т.п.)

О квантовой гравитации. Возможно, расширение Вселенной дает и некоторые соображения в пользу квантовой теории гравитации. Соображения эти следующие. Допустим, что существует *абсолютно наименьшая*, но не равная нулю порция энергии или массы. Для определенности будем говорить о массе. Обозначим её μ . Тогда известные соотношения для энергии дают

$$c^2 \mu = h \nu$$

Положим $\nu = H$, т.е. возьмем, частоту, равную *принципиально наименьшему* в расширяющейся Вселенной значению. Тогда

$$\mu = \frac{hH}{c^2} = 1.33 \cdot 10^{-68} \text{ кг} \quad (9)$$

Таким образом, если абсолютно наименьшая масса в принципе существует, то она не может быть меньше μ . Назовем массу μ «*массино*». Можно, по-видимому лишь условно, говорить о частице с массой μ . (Некоторые авторы называют частицу массы μ *гравитоном*, с нашей точки зрения — неудачно).

Рассмотрим далее некоторую частицу с массой m_0 . Масса расширяется в соответствии с постулатом 4 (см. (3)), т.е.

$$m = (1 + Ht)m_0,$$

или приращение массы за время t —

$$\Delta m = m - m_0 = Htm_0.$$

Если наименьшее приращение массы есть *массино* (9), то

$$Htm_0 = \frac{hH}{c^2},$$

откуда наименьшее приращение времени

$$t = \frac{1}{c} \cdot \frac{h}{m_0 c} = \frac{1}{c} \lambda_c,$$

где λ_c — т.н. комптоновская длина волны частицы m_0 . А это уже наводит на определенные соображения. Так расширение массы можно интерпретировать как излучение квантов гравитации с частотой $\nu_c = \frac{c}{\lambda_c}$ любой частицей, имеющей массу. А отсюда возможно и соответствующее построение теории гравитации. Из известных нам, наиболее разработанной и наиболее близкой к вышеизложенному в идейном плане является теория гравитации К.П.Станюковича (К.П.Станюкович, Гравитационное поле и элементарные частицы. Атомиздат, 1965. См. также К.П.Станюкович, В.П.Гурович. Эволюция материи и гравитационное поле (в Метагалактике), в сб. «Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистская космология», «Наукова думка», Киев, 1966. В последней авторы указывают, что впервые массу (9) вычислил из гидродинамических соображений советский астроном К.П.Савченко в 1949 г.).

Допущение о существовании принципиально наименьшей массы «массино» позволяет рассматривать комптоновскую длину $\lambda_c = \frac{h}{mc}$ и время $t_c = \frac{\lambda_c}{c}$ как принципиально наименьшие для частицы массы m , т.е. как *принципиальную «разрешающую способность взаимодействия», и по длине, и по времени, частицы массы m с внешним миром*. Если это так, то совершенно иначе следует посмотреть на многие явления, такие, например, как ионизация, фотоэффект и даже планковская теория излучения и выросшая из неё проблема квантования энергии («волна–частица», частицы с нулевой массой покоя, соотношения неопределенностей Гейзенберга и др.).

Действительно, если длина волны падающего на электрон света много больше комптоновской длины волны электрона (т.е. его разрешающая способность много выше), то электрон ведет себя как заряженная частица в переменном (по мере прохождения волны) электромагнитном поле

волны. Если же длина волны света сравнима или меньше разрешающей способности электрона, то электрон «накапливает» энергию, которую передает ему волна (или волны) за все время t_C и затем «мгновенно» реагирует на всю эту энергию в соответствии с её количеством и качеством. Мы же, объясняя явление фотоэффекта, приписываем всю эту накопленную электроном за время t_C порцию энергии как «мгновенно» переданную ему волной, и тем самым вынуждены считать, что эта порция энергии уже имела у волны в готовом виде, т.е. волна — это поток квантов энергии.

Таким образом, дуализм «волна–частица» — это свойство не света (электромагнитной волны), но свойство системы «волна + электрон», причем электрон в этой системе не обязательно тот, на который волна падает (как в фотоэффекте), но это может быть и электрон, породивший эту волну. Электромагнитная волна, как таковая, сама по себе, — это абстракция, существующая только в наших теориях. Реальная электромагнитная волна — это всегда или «электрон + волна» (имеется в виду электрон, породивший волну), или «волна + электрон» (электрон, с которым волна будет взаимодействовать), и вопрос «волна или частица?» относится, возможно, в большей степени к электрону, чем собственно к волне. Мы же до сих пор продолжаем с удивлением спрашивать: что же такое свет, волна или частица?

Гравитация и теория Лесажа. Расширение Вселенной, интерпретируемое как расширение самого пространства Вселенной, т.е. повсеместное увеличение объема любого элемента пространства, требует ответа на вопрос «куда это дополнительное пространство девается?»

Понятно, что на границе (горизонте) Метагалактики расширение пространства приводит к «вытеканию пространства за горизонт», т.е. увеличению радиуса Вселенной, того, что мы, собственно, и называем расширением Вселенной. А локально?

Мы полагаем, что во «внутреннем» пространстве Вселенной (локально) имеется, более или менее повсеместно, дискретное множество компактных особых областей («особых точек»), в которые и «утекает» дополнительное расширенное пространство с интенсивностью, пропорциональной «размеру» областей. Такие «особые точки» естественно отождествляются с *материальными частицами*, «размер» которых оценивается параметром, именуемым *массой материальной частицы*.

Таким образом, пространство, расширяясь, «утекает» в «особые точки» — материальные частицы, в число которых входит и «бесконечно удаленная особая точка $r = R$ » — сфера, совпадающая с горизонтом Метагалактики, (подобно бесконечно удаленной «точке» $Z = \infty$ на комплексной плоскости, которая может быть особой, подробнее см. [6]) с соответствующей «интенсивностью», естественно увлекая за собой все, что содержится в этом пространстве, в частности — другие «особые точки» — материальные частицы (обратите внимание — *независимо от массы* этих материальных частиц — факт, установленный еще Галилеем и подтвержденный затем и ньютоновской теорией и общей теорией относительности!). Возможность описания такого «увлечения» пробной материальной частицы «утекающим» в особую точку пространством является одним из достоинств кватерного пространства–массы и приводит к закону тяготения (1) со всеми вытекающими из него следствиями. (для получения такого динамического расширяющегося пространства достаточно в статичное пространство–масса некоторым образом ввести время.. Теорию пространства–массы, включая и «пространство–масса + время» мы называем, за неимением лучшего названия, — «специальной общей» теорией относительности.).

Предлагаемая интерпретация тяготения переключается с гипотезой Жоржа Луи Лесажа (1724–1803) о природе тяготения, согласно которой в пространстве Вселенной существует однородный и изотропный фон движущихся космических частиц, которые за счет взаимного экранирования тел от потока этих частиц в пространстве между телами «приталкивают» материальные тела друг к другу. Подобные идеи высказывались и до Лесажа Р.Декартом, Х.Гюйгенсом, М.Ломоносовым и др.

Гипотеза Ж.Лесажа имела серьезные противоречия наблюдениям, на которые указывали многие ученые (Лаплас, Пуанкаре и др.). Основные возражения сводились к тому, что для обеспечения наблюдаемой гравитации интенсивность потока фоновых частиц должна быть столь существенной, что под их ударами все тела должны быстро разогреваться. Земля, например, по расчетам Пуанкаре, должна светиться при этом ярче Солнца. Кроме того, фон должен оказывать сопротивление движению тел. Тормозимые планеты должны падать на Солнце, электроны — на ядра атомов и т.п.

Мы, со своей стороны, добавим еще один аргумент против гипотезы Лесажа. Допустим, что, например, Земля и Луна сжались до их гравитационных сфер. Диаметр Земли стал 9 миллиметров, Луны — в 81 раз меньше, т.е. примерно одну десятую миллиметра, массы же их остались прежними. Притяжение Луны к Земле и движение Луны под действием сил притяжения остались без изменения как с точки зрения ньютоновской теории, так и теории относительности. Что же касается гипотезы Лесажа, то о каком взаимном экранировании можно говорить для двух тел

диаметром 9 миллиметров и одну десятую долю миллиметра соответственно, удаленных друг от друга на расстояние 384 тысячи километров?

Отмеченные противоречия привели к тому, что гипотеза Лесажа была отвергнута, однако до сих пор, с завидной регулярностью, предлагаются все новые и новые модификации этой гипотезы, указывая тем самым, что в ней «что-то есть».

Упомянутая выше гипотеза (теория тяготения) Станюковича формально также перекликается с гипотезой Лесажа, но принципиально отличается от неё тем, что потоки частиц (или гравитационных волн-частиц, К.П.Станюкович называет их *релятивистским газом*) излучаются *самими материальными телами* равномерно во все стороны с интенсивностью, пропорциональной их массам. В пространстве между телами встречные потоки релятивистского газа взаимно ослабляются, тогда как «во внешнем» пространстве остаются без изменения, в результате возникают реактивные силы, приталкивающие тела друг к другу. Количественные оценки таких сил приводят к обратно пропорциональной зависимости от квадрата расстояния между телами. Теория Станюковича не имеет отмеченных выше недостатков, присущих гипотезе Лесажа, однако и теория Станюковича, и гипотеза Лесажа имеют, на наш взгляд, очень серьезный недостаток — они не могут объяснить независимость ускорения свободного падения от массы пробного тела по той простой причине, что само понятие пробного тела лишено смысла в этих теориях.

Предлагаемая нами интерпретация тяготения, сохраняя наглядность и «простоту» гипотезы Лесажа, не имеет её недостатков и объясняет практически всё (и даже больше, например, черные дыры) в рамках ньютоновской теории тяготения.

Гравитационная энергия. Расходуется ли гравитационная энергия при гравитационном взаимодействии? А если расходуется, то откуда берется и как пополняется?

Рассмотрим для примера систему Солнце–Земля. Каждое мгновение Солнце должно затратить определенную работу, чтобы удержать Землю на эллиптической орбите. Очевидно при этом энергия расходуется. (Если же интерпретировать движение Земли по орбите как движение по инерции в искривленном пространстве–времени, по Эйнштейну, то для поддержания кривизны пространства–времени Солнце все равно должно расходовать энергию, т.к. пространство заведомо обладает свойством «упругости»). В противном случае можно представить ситуацию, когда «убрав» Солнце, кривизна остается.)

Сколько же энергии израсходовано Солнцем для поддержания порядка в солнечной системе за время её существования? А электромагнитное излучение Солнца, а солнечный ветер и т.д.? Нетрудно подсчитать, что только электромагнитное излучение эквивалентно потере Солнцем в одну секунду массы примерно $4.2 \cdot 10^9 \text{ кг}$. Конечно, это очень мало по сравнению с массой Солнца, но кто подсчитал полную энергию, излучаемую Солнцем в мировое пространство?

Не является ли источником энергии Солнца расширение его массы? Действительно, масса Солнца расширяется

$$m = (1 + Ht)m_0,$$

откуда приращение массы равно

$$\Delta m = m - m_0 = Htm_0,$$

что дает в одну секунду $3.6 \cdot 10^{12} \text{ кг}$, т.е. величину всего лишь в 850 раз больше массы, теряемой Солнцем только за счет электромагнитного излучения. Трудно поверить, что такое «совпадение» является случайным!

Разработка отмеченных выше идей, а также многих других в рамках «новых» специальной (кватерное пространство–время) и «специальной общей» (кватерное пространство–масса и кватерное пространство–радиус кривизны Вселенной) теории относительности мы называем программой «Расширение Вселенной ⇒ локальная физика».

Изложенные в статье идеи и результаты применения этих идей для построения физической картины мира являются далеко не полной выборкой из неопубликованной книги автора «Натуральная философия» (с намеком на ньютоновские «Начала»). Данную статью можно рассматривать как рекламную для тех, кто пожелал бы помочь автору в публикации книги и возможности продолжения работы по программе «Расширение Вселенной ⇒ локальная физика».

Сокращенный вариант этой статьи опубликован (октябрь 2000) в [7].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 W.R.Hamilton, Lectures on quaternions, Dublin, 1853
- 2 Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теория поля, «Наука», М., 1973.
- 3 Я.Б.Зельдович, И.Д.Новиков. Строение и эволюция Вселенной. «Наука» М., 1975

- 4 Космология. Теория и наблюдения. «Мир». М., 1978
- 5 Проблемы физики: классика и современность. «Мир», М., 1983
- 6 В.М. Мясников. Натуральная философия. (Неопубликовано)
- 7 В.М.Мясников. Расширение Вселенной => локальная физика. Труды Конгресса-98 «Фундаментальные проблемы естествознания». Том II. Серия «Проблемы исследования Вселенной» вып. 22. С-Пб., 2000

* * *

© Мясников Владимир Макарович
194156 Санкт-Петербург
Б.Сампсониевский пр. дом 79, кв. 49
тел. (812) 245-25-43
E-mail: Volodya38@inbox.ru
18.05.04