

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

С. М. АИВАЗЯН

К ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ОСНОВАМ РЕЛЯТИВИЗМА

«Никакая идея не является действительно плохой, если мы не принимаем все без критики. Что действительно плохо, это не иметь никакой идеи вообще».

Д. ПОПА

«Нет никакого сомнения, что перед нами безумная теория. Вопрос состоит в том, достаточно ли она безумна, чтобы быть правильной».

Н. БОР

Последние годы отмечены настойчивыми попытками построить единую теорию поля, т. е. найти уравнение, из которого можно было бы вывести законы механики и электродинамики. Пути преодоления трудностей ищутся большинством исследователей в пределах основных представлений Альберта Эйнштейна, с теорией относительности которого и связана, по сути дела, вся постановка вопроса. Группе теоретиков, во главе с Эйнштейном, казалось, что остается решить задачу чисто математического характера для того, чтобы единая теория поля естественно вытекала бы из общей теории относительности. Однако Эйнштейн не сумел решить эту задачу, несмотря на титанический труд, длившийся почти сорок лет*. Именно эта неудача породила сомнение у части исследователей (особенно после смерти Эйнштейна в начале 1955 г.) относительно возможностей теории релятивизма; появилась тенденция ревизировать последнюю. Тем не менее, этой группе также не удалось достичь ощутимых результатов. Между тем, построение единой теории поля из сокровенной мечты одиночек стало волнующей умы проблемой современности.

Как известно, классическая механика является частным случаем теории относительности. По-видимому, сама теория относительности также является частным случаем другой, более общей теории. Возникает вопрос, не являются ли основные положения теории относительности недостаточными для построения единой теории поля, нельзя ли построить ее в пределах более общей теории, взяв за основу посылки, которые и не отвергали бы безусловно правильных постулатов теории относительности и одновременно придали бы им качественно новое содержание. Так появились некоторые соображения, к изложению которых мы и перейдем.

В основе теории относительности лежат два постулата: 1) скорость света постоянна; 2) в инерциальных системах законы природы одинаковы.

* «Нет ни одного понятия, в устойчивости которого я был бы убежден», — писал Эйнштейн в 1949 г. — «Я не уверен вообще, что нахожусь на правильном пути».

Первый постулат всецело опирается на опыт Майкельсона и Морлея, проведенный в 1887 г., из которого следовало, что скорость света не зависит от суточного вращения Земли; Эйнштейн в 1905 г. возвел этот факт в ранг постулата — объективного явления, не подлежащего объяснению.

Обращают на себя внимание два последующих опыта Майкельсона — в 1926 и 1932 гг.: оказалось, что скорость света в воздухе на 20—22 км/сек. больше, чем в вакууме, причем, по условиям опыта, свет прошел в воздухе расстояние, примерно в два раза большее. Исходя из этих опытов можно думать, что скорость света зависит от пройденного расстояния, что свет движется ускоренно, как ракета. Настораживает в опытах Майкельсона не количественное выражение разности скоростей, а прежде всего сам факт наличия этой разности: ведь при равенстве пути, пройденного светом, логичнее было бы ожидать уменьшение скорости света в воздухе по сравнению с вакуумом, т. е. с увеличением оптической плотности среды скорость света должна была бы падать, а не возрастать. Следовательно, с увеличением расстояния скорость света увеличивается, в спектре света происходит смещение максимума энергии (как показали расчеты) в сторону коротких длин волн.

Коэффициенты преломления двух веществ обратно пропорциональны скоростям распространения в них света. Учитывая, что коэффициент преломления обратно пропорционален длине волны (λ) получим в общем виде следующую зависимость:

$$c \sim \frac{1}{\lambda}, \quad (1)$$

т. е. скорость света обратно пропорциональна длине волны.

В опытах Майкельсона свет распространялся параллельно поверхности Земли, т. е. гравитационное (и другое) поле почти не влияло на скорость света, между тем с уменьшением напряженности гравитационного поля скорость света, по-видимому, должна увеличиваться. Как известно, эффект Эйнштейна состоит в том, что период колебания атомов, испускающих свет, тем больше, чем больше поле тяготения. С уменьшением последнего период колебания должен уменьшиться, частота увеличиться, т. е. свет должен стать коротковолновым. В пределе, при бесконечном уменьшении напряженности гравитационного поля скорость света бесконечно увеличится, свет перейдет в невидимую ультрафиолетовую, затем рентгеновскую и т. д. части и фактически перестанет существовать, превратившись в поле*.

Постоянство скорости света безусловно объективное явление, имею-

* В результате излучения энергия и масса света уменьшаются; увеличение скорости света может произойти при относительно большем, по сравнению с энергией, уменьшении массы. По специальной теории относительности масса зависит от скорости — в этом одно из ее опытных подтверждений. Однако для фотона света, движущегося от источника в бесконечность, правильнее было бы считать, что скорость зависит от массы: изменение напряженности гравитационного поля ведет к изменению массы, с изменением массы — меняется скорость.

щее место в инерциальных системах при относительно малых расстояниях и распространении света параллельно излучающей поверхности. Свет—синтез волн с различной скоростью. Вблизи источника в спектре преобладают длинные волны, максимум энергии находится в длинноволновой части спектра. С увеличением расстояния от источника, энергия смещается в сторону коротких волн, свет из длинноволнового становится коротковолновым, скорость увеличивается.

Вследствие наложения друг на друга волн с различной скоростью и длиной волны при движении света образуется групповая скорость. Максимуму энергии при наложении длин волн соответствует «горб», который перемещается с расстоянием от красного к сине-фиолетовому концу спектра.

Если v —фазовая, а u —групповая скорости, то при $dv/d\lambda > 0$ и $u < v$, т. е. более длинные волны распространяются быстрее коротких (нормальная дисперсия). В этом случае максимум результирующего колебания смещается медленно по сравнению с фазовой скоростью света. При $dv/d\lambda < 0$ (аномальная дисперсия) короткие волны распространяются быстрее длинных, максимумы результирующего колебания и энергии смещены к сине-фиолетовому концу спектра; групповая скорость превосходит фазовую. Для некоторых длин волн (немного меньших резонансной) при коэффициенте преломления $n < 1$ как фазовая, так и групповая скорости могут превосходить скорость света. Нетрудно видеть, что теория относительности снимает это противоречие с помощью рассуждений, основанных, в конечном счете, на постулате о постоянстве скорости света.

Согласно явлению Допплера, удаляющийся свет должен казаться более длинноволновым, чем он есть на самом деле, поэтому свет, где преобладает синяя часть спектра, должен казаться желто-красным. Если вблизи источника имеет место нормальная дисперсия, т. е. более длинные волны распространяются быстрее коротких, то на краю Галактики должна наблюдаться аномальная дисперсия—быстрее распространяются короткие волны. За пределами Галактики свет теряет видимость, но следует ожидать сине-фиолетовое смещение спектра, обусловленное явлением Допплера.

Таким образом, скорость света есть функция от тяготения и пройденного светом расстояния:

$$c = f(G, S). \quad (2)$$

Увеличение скорости света с уменьшением силы тяготения есть следствие эффекта Эйнштейна. На вопрос «почему пространство не заполнено излучением настолько, чтобы сделать ночное небо похожим на раскаленную поверхность?» [1, стр. 115], можно ответить: потому, что свет стал невидимым ввиду смещения максимума энергии в сторону коротких длин волн.

Какой бы ничтожно малой массой не обладал фотон, нельзя думать, что скорость света в момент излучения, в условиях бесконечно большой напряженности гравитационного поля, в точности равна скорости света при бесконечно малой напряженности поля гравитации на бесконечно большом удалении от источника. Такую автономность света трудно объяснить. Изменение частоты колебания в зависимости от расстояния и тяготения—выражение объективной взаимосвязи материальной частицы—фотона с пространством и полем. Г. Вейль был недалек от истины, когда считал, что частота колебания атома водорода не останется постоянной в зависимости от того, какими путями переправить его с Земли на Солнце; по теории Вейля частота есть функция от пройденного расстояния.

Скорость света у Солнца, по-видимому, низкая. Движение солнечного света должно сопровождаться гравитационным смещением максимума энергии спектральных линий в сине-фиолетовую сторону. Нечто аналогичное имеет место при радиальном оттоке газов от пятен Солнца, когда скорость увеличивается наружу (эффект Эвершеда, 1909 г.).

Попадая в сферу тяготения Земли и двигаясь к Земле во все усиливающемся поле тяготения, скорость света уменьшается, спектральные линии смещаются в обратном направлении — в красную область спектра. В коротковолновом свете, идущем от очень удаленного источника (из другой Галактики или края Галактики) спектральные линии «успевают» сместиться (в сфере тяготения Земли или другой системы тяготения) в красную часть спектра, наблюдается красное смещение. Если источник коротковолнового света сравнительно близок к Земле, то спектральные линии «не успевают» далеко сместиться, наблюдается фиолетовое смещение. Изложенное находится в согласии с законом Хаббла (1929 г.), рассмотренным и теорией относительности, согласно которому красное смещение линий в спектрах внегалактических туманностей пропорционально расстоянию до туманности [2].

Таким образом, можно сформулировать общий принцип гравитационного смещения спектральных линий: с уменьшением гравитационного поля спектральные линии света смещаются в фиолетовую часть спектра (фиолетовое смещение), с увеличением гравитационного поля — в красную часть спектра (красное смещение).

Свет, как и всякая материальная частица, обладает гравитационной массой: под воздействием поля тяготения он испытывает ускорение или торможение. Пересекая поля различной напряженности, свет искривляется. Свет звезд, становясь все более коротковолновым, по мере удаления приобретает колоссальную скорость и, входя в поле тяготения Земли, как-бы «обволакивается» материей, выбивает протоны из атомов и молекул атмосферы, давая начало мезонам и другим частицам. Число космических частиц (в том виде, в каком мы их наблюдаем на Земле) по мере удаления от Земли должно уменьшаться, а за пределами земного тяготения частицы вообще могут отсутствовать. Поэтому в космических лучах мы имеем скорее выбитые из атомов протоны и другие частицы, нежели первичный свет звезд.

Обратимся ко второму постулату теории относительности, согласно которому законы природы одинаковы во всех системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга. Он всецело взят из классической механики и рассмотрен Эйнштейном применительно к высоким скоростям, при характеристике четырехмерного пространственно-временного континуума. Однако масса, как мера энергии, характеризуемая количеством и качеством материальных частиц тела, не фигурирует здесь как одна из компонент континуума. Иначе говоря, не учитывается внутреннее состояние системы, между тем как при высоких скоростях последнее приобретает первостепенное значение.

Поскольку состояние тела есть функция от массы (активной или

инертной), постольку и законы природы зависят от состояния массы. Поэтому законы природы, справедливые в одной системе координат, для одного состояния массы, могут оказаться несправедливыми в других системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно относительно первой, но с другими состояниями масс. Законы природы, справедливые в одной системе координат, могут оказаться справедливыми и в других системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно относительно первой, если состояния масс во всех системах аналогичны.

Рассматривая массу как пятую координату, мы тем самым расширяем второй постулат: в зависимости от внутреннего состояния системы законы природы могут быть одинаковы или неодинаковы во всех системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга. Можно ли считать, что нет различий в ходе внутренних процессов молнии и камня, т. е. плазменного и твердого состояний материи только потому, что они движутся равномерно и прямолинейно? Не исключается ли тем самым всякое влияние внутреннего состояния системы на протекание физических процессов внутри системы? Теория относительности нанесла сильнейший удар по механицизму, но не отрешилась от него полностью.

Пространство и поле неотделимы; материальная частица создает поле, напряженность которого убывает бесконечно. Само поле рассматривается как особое состояние материи, а материальная частица — как «сгусток» поля. Следовательно, вакуума не существует; всякое движение протекает в полях, характеризуемых физическими параметрами, находящимися в функциональной зависимости от массы среды.

В инерциальных системах при малых скоростях и небольших расстояниях внутреннее состояние системы почти не меняется, воздействие поля на систему близко к константе. В инерциальных и неинерциальных системах при скоростях, сравнимых со скоростью света и превышающих ее, с расстоянием неизмеримо возрастает влияние поля на систему, меняется ее внутреннее состояние.

Движение, существующее как реальность, как абсолютный фактор, отражается на самой системе; относительность движения лишь частный случай его абсолютной реальности. Движение системы — качественно новое, по сравнению с покоем, состояние, с которым связаны обратимые и необратимые изменения. Всякая система может участвовать в свободном движении одновременно во всех плоскостях, совпадающих с метрикой пространства. Например, в трехмерном пространстве система движется или вращается в трех перпендикулярных плоскостях; в пятимерном пространстве учитывается изменение массы системы.

Институт геологических наук

АН Армянской ССР

Поступила 20.1.1965.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Эйнштейн Альберт. Сущность теории относительности. Москва, 1955.
2. Гинзбург В. Л. Экспериментальная проверка общей теории относительности. «Успехи физических наук», т. LIX, вып. 1, 1956.