

«Современные проблемы науки и образования»
Россия (Москва), 26–28 февраля 2013 г.

Физико-математические науки

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА
И ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ ОБЩЕЙ
ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Пеньков В.Е.

Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, Белгород,
e-mail: penkov@bsu.edu.ru

Общая теория относительности (ОТО) является логическим обобщением специальной теории относительности (СТО), разработанной в 1905 году. Обобщение состояло в том, что принцип относительности был распространен на ускоренно движущиеся системы отсчета и гравитационные поля. Суть данного принципа, по словам А. Эйнштейна, заключается в том, что «мы можем распространить принцип относительности и на исходные тела, имеющие ускорение по отношению друг к другу, и таким образом приобретаем солидный аргумент в пользу обобщения постулата относительности. Надо обратить особенно внимание на то, что возможность такого истолкования покоится на фундаментальном свойстве поля тяготения сообщать всем телам одинаковое ускорение, или, что тоже самое, на положении о равенстве инертной и тяжелой массы» [5, с. 45]. Однако сам автор этого принципа подчеркивал, что «вопрос о его справедливости может быть решён только опытом» [6, с. 168]. Мысленный эксперимент, доказывающий этот постулат, заключается в следующем.

Рассмотрим закрытый ящик с наблюдателем. К его верхней крышке привязана веревка, на которой подвешено некое тело. При этом веревка натянута в вертикальном положении. Объяснить данный факт можно двояко. Если наблюдатель предположит, что он находится в поле тяжести, он скажет: «Подвешенное тело испытывает действие силы тяжести, направленной вниз и уравновешиваемой натяжением веревки; то, чем определяется натяжение веревки, это *тяжелая масса* подвешенного тела». Если же предположить, что ящик находится вдали от массивных тел, но движется с ускорением, то наблюдатель вправе констатировать: «Веревка ускоренно движется вместе с ящиком и передает его ускорение прикрепленному к нему телу. Величина натяжения веревки такова, что она сообщает данное ускорение телу. Величина натяжения веревки определяется *инертной массой* тела». При этом в принципе невозможно определить что происходит на самом деле. С точки зрения физических законов обе системы тождественны. «Из этого примера видно, что из нашего обобщения принципа относительности с необходимостью следует положение о равенстве инертной и весомой масс. Тем самым мы полу-

чаем физическую интерпретацию этого положения» [6, с. 173], – отмечает А. Эйнштейн. Поэтому не случайно ускорение свободного падения тождественно напряженности гравитационного поля в данной точке. Но вышеописанный опыт с ящиком даст однозначный результат только в слабых гравитационных полях. Усложним систему. Подвесим два тела на противоположных стенах ящика и проанализируем, что будут видеть наблюдатели в поле тяжести и в ускоренной системе отсчета. Если гравитационное поле однородно и его можно считать неизменным на расстояниях, сравнимых с размерами ящика, то все останется как в предыдущем опыте.

Но чем сильнее поле, тем в меньшей степени оно претендует на однородность, так как создается шарообразными, а не плоскими объектами, тогда искомый угол будет возрастать, поэтому имеется принципиальная возможность обнаружить различие сильного гравитационного поля и ускоренно движущейся системы отсчета с помощью физических экспериментов. Или, что то же самое, не любое гравитационное поле может быть «скомпенсировано» ускоренным движением. А. Эйнштейн по этому поводу писал: «Можно также подумать, что в любом поле тяготения всегда можно выбрать такое другое тело отсчета, относительно которого никакого поля тяготения не существует. Однако это возможно отнюдь не для всех полей тяготения, но лишь для полей весьма специальной структуры» [6, с. 174]. Таким образом, сам автор теории относительности признает, что её основополагающий принцип работает не для любых гравитационных полей.

Другое дело, что в слабых гравитационных полях или в локальных областях, когда неоднородность поля нельзя зафиксировать экспериментально отклонения от принципа эквивалентности будут практически незначимыми. Однако, теоретически «принцип эквивалентности гравитации и ускорения может иметь отношение только к одной точке пространства... Принцип эквивалентности инертной и тяжелой масс в ОТО может быть строго сформулирован тоже только для одного отдельного тела... Поэтому физически ОТО не может иметь предельного перехода ни к одной нерелятивистской теории (а лишь формально математически)» [2]. Вместе с тем, данный принцип можно использовать для построения модели реальности и для слабых гравитационных полей в ограниченных областях получать практически значимые результаты. Для сильных же полей, а также для вращающихся систем отсчета этот принцип не работает. «Разумное определение времени с помощью часов, неподвижных относительно тела отсчета (для вращающихся тел – авт.), невозможно, – пишет А. Эйнштейн, –

и определение пространственных координат с самого начала встречает непреодолимые трудности... Все это ставит под сомнение правильность изложенных выше рассуждений об общей относительности. На самом деле для точного применения общего принципа относительности требуется точный обходной путь» [6, с. 181]. Этот путь состоит в отказе от евклидовой геометрии.

Отметим еще один любопытный факт, на который мало обращают внимание. В 1911 году еще до отказа от евклидовой геометрии Эйнштейн обнаружил зависимость скорости света от потенциала гравитационного поля, что противоречило постулату СТО. «Если мы обозначим через c_0 скорость света в начале координат, то скорость света c в некотором месте с гравитационным потенциалом Φ будет равна

$$c = c_0 \left(1 + \frac{\Phi}{c^2} \right).$$

По этой теории, принцип постоянства скорости света справедлив не в той формулировке, в какой он кладется в основу обычной [специальной] теории относительности» [4, с. 172]. Другая формулировка заключается в отказе от декартовых координат, т.е. от геометрии Евклида. «Таким образом, здесь искривление луча, идущего от звезды, было связано с изменением скорости света, как это происходит, например, в воде, для которой преломление световых лучей тоже зависит от изменения скорости света в водной среде, — отмечает по этому поводу О. Акимов. — Потом Эйнштейн откажется от своего положения, согласно которому скорость света меняется в ускоренной системе отсчета, и придет к постулату о неизменности скорости света в любых системах отсчета. Искривление луча будет происходить в результате искривления пространства-времени» [2]. А. Эйнштейн, так охарактеризовал эту ситуацию: «скорость света всегда должна зависеть от координат, если присутствует гравитационное поле... Из этих соображений мы приходим к убеждению, что, согласно общему принципу относительности, пространственно-временной континуум не может рассматриваться как евклидов» [6, с. 187]. В случае с описанными выше ящиками наблюдатель в сильном поле тяжести не увидит непараллельности натянутых веревок, поскольку сам подвергнется «искривлению».

Таким образом, для сохранения общего принципа относительности возможны два пути: либо отказаться от постулата о постоянстве скорости света, что приведет к опровержению специальной теории относительности, либо рассматривать геометрию пространства как неевклидову. Эйнштейн пошел по второму пути, для чего понадобилось ввести гауссовы координаты, в которых основной идее принципа относительности соответствует следующее утверждение: «Все гауссовы системы координат в принципе эквивалентны для формулирования общих законов природы» [6, с. 189]. Но тут возникает вопрос, всегда ли мы можем использовать координаты Гаусса?

Суть гауссова метода состоит в том, что каждой точке континуума соответствуют столько чисел, сколько измерений имеет континуум. При этом Гауссовы координаты являются однозначными и соседним точкам сопоставлены числа, отличающиеся на бесконечно малую величину. По словам Эйнштейна, «Гауссова система координат является обобщением декартовой. Она применима также и к неевклидовым континуумам, но лишь тогда, когда малые по отношению к определенному размеру («расстоянию») части рассматриваемого континуума тем более похожи на евклидов континуум, чем меньше рассматриваемая часть континуума» [6, с. 185]. Если же в континууме имеются «изломы», «дыры» или сингулярности, то гауссову систему координат применять нельзя и данная ситуация выходит за границы применимости общей теории относительности.

В слабых гравитационных полях такой подход работает и дает удовлетворительные результаты. В сильных же гравитационных полях ОТО на сегодняшний день не может быть проверена. «На самом деле результаты, которые предсказывает общая теория относительности, заметно отличаются от результатов, предсказанных законами Ньютона, только при наличии сверхсильных гравитационных полей, — отмечает В. Л. Гинзбург. — Это значит, что для полноценной проверки общей теории относительности нужны либо сверхточные измерения очень массивных объектов, либо черные дыры, к которым никакие наши привычные интуитивные представления неприменимы. Так что разработка новых экспериментальных методов проверки теории относительности остается одной из важнейших задач экспериментальной физики» [3]. Однако, и без экспериментальной проверки можно утверждать, что в сильных гравитационных полях, где происходят разрывы пространственного континуума (например в черных дырах) будут работать другие теории, поскольку основной принцип ОТО — принцип эквивалентности инертной и тяжелой масс в таких полях не выполняется.

Для сильных гравитационных полей необходимо разрабатывать более общую теорию, из которой ОТО должна вытекать как частный предельный случай. Возможен еще один вариант: построение нерелятивистской теории тяготения, объясняющей окружающий мир на принципиально иной основе.

Список литературы

1. Акимов, О. Критика теории относительности [Электронный ресурс] URL: <http://sceptic-ratio.narod.ru/fi/es12.htm> (дата обращения 02.08.2012).
2. Артеха, С.Н. Критика основ теории относительности [Электронный ресурс] URL: <http://www.antidogma.ru/russian/node1.html> (дата обращения 01.08.2012).
3. Гинзбург, В.Л. Общая теория относительности Последовательна ли она? Отвечает ли она физической реальности? [Электронный ресурс] URL: <http://www.modcos.com/articles.php?id=184> (дата обращения 22.03.2012).
4. Эйнштейн А. О влиянии силы тяжести на распространение света // Собрание научных трудов в 4-х т. М.: Наука, Т.1. 1965. — С. 165-174.
5. Эйнштейн, А. О специальной и общей теории относительности (общедоступное изложение). Государственное издательство. — М., 1922. — 80 с.
6. Эйнштейн, А. Теория относительности. Изжевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. — 224 с.