

Глава III. РАЗВИТИЕ ЗАКОНА ТЯГОТЕНИЯ ДО СОЗДАНИЯ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

1. Закон движения в специальной теории относительности. Среди принципиальных недостатков теории тяготения Ньютона наиболее существенным является дальноедействие — мгновенная передача гравитации на сколь угодно большие расстояния.

В физике принцип дальногодействия был окончательно отвергнут после экспериментального измерения скорости распространения электромагнитных полей. Что же касается небесной механики, основанной на законе тяготения Ньютона, то здесь принцип дальногодействия полностью сохранял свое значение, поскольку отказ от него приводил, как мы видели, к выводам, противоречащим результатам астрономических наблюдений.

Таким образом, к началу XX века теория тяготения находилась в своеобразном состоянии. Если конкретные выводы небесной механики отличались высокой точностью и, за немногими исключениями, прекрасно согласовались с данными наблюдений, то теоретические основы этой науки противоречили сложившейся к тому времени физической картине мира и нуждались в глубоком пересмотре. Необходимость эта стала особенно очевидной после создания специальной теории относительности (СТО).

Как известно, СТО, фундамент которой заложен в работах Лоренца [1], Пуанкаре [2] и особенно Эйнштейна [3], произвела глубокий переворот в физике и сопровождалась радикальным пересмотром понятий о пространстве и времени. В частности, она привела к уточнению почти всех понятий механики, которые прежде представлялись безукоризненными и не вызывали сомнений. С интересующей нас точки зрения особенно важным был вывод теории относительности о том, что скорость света является верхней границей скоростей всех физических процессов. Поэтому обычная форма закона тяготения, допускающая гравитационную передачу сигналов с бесконечно большой скоростью, оказалась несовместимой с теорией относительности.

Попытку изменить форму закона тяготения и привести ее в соответствие с теорией относительности мы отложим до одного из следующих разделов. Предварительно рассмотрим задачу о движении материальной точки в поле тяготения неподвижного центра,

применяя при этом обобщенный закон динамики, составленный с учетом зависимости массы от скорости. Дальнейшее, присущее закону тяготения Ньютона в общем случае, в данной задаче не скажется, поскольку поле неподвижного центра статично.

Второй закон динамики можно написать в виде

$$\mathbf{F} = \frac{d}{dt} (m\mathbf{v}), \quad (3,1,1)$$

где \mathbf{F} — вектор действующей силы, \mathbf{v} — скорость, m — масса движущейся материальной точки, связанная с массой покоя m_0 и скоростью света c известной формулой

$$m = m_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}. \quad (3,1,2)$$

Выполнив дифференцирование, перепишем уравнение (3,1,1) в виде

$$\mathbf{F} = m_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \frac{m_0 \mathbf{v}}{c^2} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}} \cdot v \frac{dv}{dt}.$$

Умножив это равенство скалярно на вектор \mathbf{v} , получим после простых преобразований

$$\frac{\mathbf{F}, \mathbf{v}}{c^2} = m_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}} \frac{v}{c^2} \frac{dv}{dt},$$

или, согласно (3,1,2),

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\mathbf{F}, \mathbf{v}}{c^2}. \quad (3,1,3)$$

Второй закон динамики (3,1,1), представленный в форме

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{F} - \mathbf{v} \frac{dm}{dt},$$

с помощью (3,1,3) можно написать следующим образом:

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{F} - \frac{\mathbf{F}, \mathbf{v}}{c^2} \mathbf{v}. \quad (3,1,4)$$

Мы видим, что ускорение материальной точки определяется не только вектором действующей силы, как в механике Ньютона, но также величиной и направлением скорости. Формула (3,1,4) показывает, что направление ускорения вообще отличается от направления силы. Эти направления совпадают только в тех случаях, когда сила параллельна или перпендикулярна скорости.