

Введение. Значение теории гравитации

Все весомые тела взаимно испытывают тяготение, эта сила обуславливает движение планет вокруг Солнца и спутников вокруг планет. Теория гравитации — теория тяготения, *) — созданная Ньютоном, стояла у колыбели современной точной науки. Другая теория гравитации, разработанная Эйнштейном, является величайшим достижением теоретической физики двадцатого века. В течение столетий и даже тысячелетий развития человеческого общества люди наблюдали явление взаимного притяжения тел и измеряли его величину; они пытались поставить это явление себе на службу, превзойти его влияние и, наконец, уже в самое последнее время рассчитывать его с чрезвычайной точностью во время первых, не совсем уверенных шагов в глубины Вселенной.

Пытливый ум человека в своих непрестанных устремлениях к познанию и пониманию окружающей природы требует мобилизации всех физических и интеллектуальных сил человечества и заставляет непрерывно их совершенствовать, чтобы, с одной стороны, защитить себя от окружающей природы, а с другой — взять ее под свой контроль. Последовательное исследование природы привело к возникновению различных отраслей естествознания, в том числе и физики. Небесполезно попытаться дать формальное разграничение области применения той или иной частной науки. «Физика — это то, чем занимаются физики»; то же самое можно сказать о химии, биологии, астрономии и об остальных естественных науках. Стремясь понять поведение вещества, физики узнали, что оно состоит из атомов и молекул и что поведение конкретных веществ, например кристаллических тел или газов, можно

*) В русской литературе слова «тяготение» и «гравитация» практически равноправны. Пользоваться только одним из этих терминов при переводе не удается. Но в этом и нет особой необходимости (*Прим. перев.*)

понять, рассматривая движение и взаимодействие входящих в их состав атомов. В свою очередь атомы представляют собой сложные системы, состоящие из ядер и отрицательно заряженных частиц — *электронов*. И, наконец, атомные ядра образуются кирпичиками двух сортов — *протонами*, обладающими положительным зарядом, и *нейтронами*, у которых заряда вообще нет.

Необозримая сложность окружающих нас тел обусловлена прежде всего такой многоступенчатой структурой, конечные элементы которой — элементарные частицы — обладают сравнительно небольшим числом видов взаимодействия. Но эти виды взаимодействия резко отличаются по своей силе. Частицы, образующие атомные ядра, связаны между собой самыми могучими из всех известных нам сил; для того чтобы отделить эти частицы друг от друга, необходимо затратить колоссальное количество энергии. Такие энергии могут быть получены в специальных устройствах, мощность которого исчисляется миллионами и миллиардами вольт *). Электроны в атоме связаны с ядром электромагнитными силами; достаточно сообщить им весьма скромную энергию в несколько вольт — энергиями такой величины, как правило, характеризуются химические реакции, — как электроны уже отделяются от ядра. Если говорить об элементарных частицах и атомах, то для них самым слабым взаимодействием является гравитационное взаимодействие **).

Чтобы составить себе представление об относительной величине электрических и гравитационных сил, рассмотрим взаимодействие между двумя электронами, теми самыми частицами, движение которых создает ток в электрических цепях и батареях.

Для того чтобы сила притяжения двух электронов, расположенных на расстоянии в один сантиметр друг от друга, за счет их гравитационного взаимодействия стала бы равна силе отталкивания между ними за счет электрического взаимодействия, придется раздвинуть электроны на расстояние порядка пятидесяти световых лет, что, грубо говоря, превышает в десять раз расстояние между

*) Читателя не должно удивлять, что энергия выражается в вольтах. Здесь подразумевается *электрон-вольт* — единица энергии, равная $1,6 \cdot 10^{-12}$ эрг. (Прим. перев.)

**) То есть то взаимодействие, которое у макроscopicких тел мы называем всемирным тяготением. (Прим. перев.)

звездами, расположенными по соседству с нами, и составляет около 10^{15} км (см. единицы в Дополнении 6).

При сопоставлении с взаимодействием элементарных частиц гравитационные силы настолько слабы, что это трудно себе представить. Тем не менее они и только они полностью регулируют движение небесных тел. Это происходит потому, что тяготение сочетает в себе две особенности, из-за которых его действие усиливается, когда мы переходим к крупным телам. В отличие от сил, действующих внутри атомных ядер и простирающих свое влияние лишь на расстояние порядка размера атома, силы гравитационного притяжения ощутимы и на больших удалениях от создающих их тел. Кроме того, если электрические силы, действующие внутри атомов и между ними, могут быть как силами притяжения, так и силами отталкивания и во всех больших электрически нейтральных телах имеют тенденцию компенсироваться, гравитационные силы — это всегда силы притяжения; это означает, что все тела всегда притягиваются друг к другу. Именно поэтому и оказывается, что только гравитационные силы и действия, вызываемые ими, играют роль для определения орбит, по которым движутся вокруг Солнца планеты, входящие в нашу солнечную систему.

Небесные тела движутся в глубоком вакууме мирового пространства в условиях, когда на них не действуют усложняющие движение тел многочисленные факторы, с которыми мы сталкиваемся в повседневной жизни. Небесные тела не испытывают ни трения (тогда как все тела на Земле испытывают трение), ни влияния сопротивления атмосферы (которое на Земле действует на все движущиеся тела). Взаимное влияние небесных тел проявляется на очень большом удалении друг от друга. Эти причины и обусловили тот факт, что динамика небесных тел была понята на самой ранней стадии развития современной науки. Имея предшественниками двух блестящих астрономов — Галилея и Кеплера, подготовивших своими трудами почву для новых открытий, Ньютон сумел придумать целостную теорию и придать ей математическую форму. Его теория вполне удовлетворила желание людей объяснить рациональным путем видимые траектории небесных тел и дала возможность астрономам с высокой степенью точности предсказывать положения небесных тел в будущем.

Усовершенствование техники наблюдений и нарастающие возможности вычислительной техники делали с каждым годом ньютоновскую теорию тяготения все более успешной. Так продолжалось около трехсот лет. Работы Ньютона являлись тем стандартом, по которому оценивались значение и успех тех или иных физических теорий. Около пятидесяти лет назад творение Ньютона было подправлено и отчасти заменено новой теорией тяготения. Эта новая теория была создана Эйнштейном и называлась общей теорией относительности. Новая теория тяготения понадобилась не потому, что ньютоновская теория тяготения оказалась вдруг несостоятельной, а потому что возникли противоречия между ней и требованиями электромагнитной теории. Эти противоречия были подробно исследованы Эйнштейном, когда он создавал специальную теорию относительности.

Хотя общая теория относительности дала объяснение лишь очень небольшому числу расхождений между данными астрономических наблюдений и ньютоновской теорией, ее основной вклад в современную науку состоит в том, что она произвела подлинную революцию в наших представлениях о пространстве и времени, революцию, которая все еще не завершена. Сразу же после того, как теория Эйнштейна была опубликована, а это произошло в 1916 г., она привлекла к себе всеобщее внимание. Особенное усиление интереса произошло тогда, когда астрономические наблюдения как будто подтвердили справедливость основных положений Эйнштейна. Затем разработка общей теории относительности активно производилась лишь очень немногочисленной группой физиков и математиков, сохранивших веру в возможности новой теории. Эти люди продолжали исследовать и разрабатывать следствия теории. Так продолжалось несколько десятилетий. С 1960 г. число лиц, активно работающих в области общей теории относительности, быстро возрастает. Новая вспышка интереса к теории связана с осознанием идейной мощи теории, с пониманием ее возможностей при применении в других областях физики, с возможностями, открывающимися перед теорией в связи с новыми экспериментальными результатами и новыми данными наблюдений. Не последнюю роль среди этих причин играет и возможное значение общей теории относительности для космических исследований и космических путешествий.