

...я пришел к заключению, что в среде, полностью лишенной всякого сопротивления, все тела падали бы с одинаковой скоростью.

Галилео Галилей

...ни одна вещь, состоящая из земного вещества и поднятая на высоту, не может избежать могучих объятий... силы притяжения.

Иоганн Кеплер

До сих пор я изъяснял небесные явления и приливы наших морей на основании силы тяготения, но я не указывал причины самого тяготения... Довольно того, что тяготение на самом деле существует, действует согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения всех движений небесных тел и моря.

Исаак Ньютон

Если бы диаметр светящейся звезды с той же плотностью, что и Земля, в двести пятьдесят раз превосходил диаметр Солнца, то вследствие притяжения звезды ни один из испущенных ею лучей не смог бы дойти до нас; следовательно, не исключено, что самые большие из светящихся тел по этой причине являются невидимыми.

Пьер Симон Лаплас

Всем известно, что Земля круглая. А почему? Ну, это понятно: конечно, благодаря тяготению.

Ричард Фейнман

А так ли хорошо знакома вам взаимосвязь вещества и гравитационного поля?

Этим выпуском «Калейдоскопа» мы открываем небольшую серию, касающуюся взаимодействия двух форм материи – вещества и поля. И начнем ее с поведения тел в гравитационном поле. Причем сегодня интересовать нас будут не только материальные точки, движение которых в поле тяготения обсуждается в школьном курсе физики, а и протяженные тела. Обращение к ним позволяет выявить любопытные особенности «взаимоотношений» вещества и гравитационного поля, издавна привлекавшие внимание исследователей.

Движение тел вблизи Земли, состояние невесомости, приливные явления, синхронные вращения планет и их спутников, эволюция звезд, прошлое и будущее Вселенной – все это объединяет гравитация. И хотя ученые предвосхищали многие связанные с ней явления – например, более 200 лет назад Лаплас предсказал существование черных дыр, – поток неожиданных, а порой и из ряда вон выходящих находок не иссякает и по сей день. Более того, возрастающие возможности наземных и космических телескопов заставляют нас готовиться к новым, совершенно поразительным открытиям «на небесах».

И вот, для того чтобы эти находки и открытия не застали нас уж совсем врасплох, попробуем разобраться хотя бы с малой частью возникающих при знакомстве с гравитацией вопросов. А затем – до встречи в следующих выпусках, посвященных электричеству и магнетизму.

Вопросы и задачи

1. Из двух точек, расположенных на одной вертикали вблизи поверхности Земли, начинают одновременно падать два тела. Как будет меняться расстояние между ними при свободном падении?
2. Где человеку легче плавать в воде: на Земле или на Луне?
3. Одинаковая ли сила тяжести действует на два одинаковых шара, один из которых плавает в воде, а другой лежит на столе?
4. Ракета вертикально удаляется от Земли с постоянным ускорением, равным ускорению свободного падения на ее поверхности. Как меняется вес тела в ракете по мере ее удаления от Земли?
5. Сосуд с плавающим в нем телом начинает падать с ускорением $a < g$. Всплывет ли при этом тело?
6. Почему первое время после приземления космонавты спят без подушек?

7. Можно ли пользоваться на орбитальной станции Земли обычным медицинским термометром?

8. Изменится ли плотность воздуха в кабине космического корабля в невесомости?

9. Почему на экваторе вес тела меньше, чем на полюсе?

10. Отчего Земля и другие планеты имеют приблизительно правильную шарообразную форму, а ядра комет и астероиды – неправильную?

11. Два путешественника, выйдя из одной точки на экваторе, отправились с одной и той же по величине скоростью в кругосветное путешествие: один – вдоль экватора, другой – по меридиану. Одновременно ли они достигнут исходной точки в конце путешествия?

12. Как быстро должна вращаться планета, чтобы началось ее разрушение?

13. В чем причина возникновения океанских приливов?

14. Почему в периоды новолуния и полнолуния приливы достигают максимальной высоты, а в периоды, когда Луна находится в первой или третьей четверти, высота прилива спадает до минимума?

15. Как протекали полные солнечные затмения, когда радиус лун-

ной орбиты был вдвое меньше современного?

16. Представьте, что Земля перестала бы вращаться вокруг своей оси и двигалась бы вокруг Солнца поступательно. Как это сказало бы на ускорении свободного падения?

Микроопыт

Во время погружения в воду с аквалангом (или с небольшим грузом) перестаньте двигаться и добейтесь, хотя бы на мгновение, положения безразличного равновесия. Можно ли утверждать, что вы находитесь в состоянии невесомости?

Любопытно, что...

...Кеплер задолго до Ньютона склонялся к мысли о «тяжести», действующей между небесными телами, и именно ею объяснил приливы, приписывая их притяжению вод океана Луной.

...до сих пор существуют сомнения в реальности опытов Галилея по бросанию тел с вершины Пизанской падающей башни. Однако известно, что еще при его жизни эту башню использовал один из сторонников Аристотеля для демонстрации различия в падении тел. Как бы то ни было, Галилею удалось установить независимость ускорения свободного падения от природы падающих тел.

...по Аристотелю, сила тяготения по мере приближения к центру Земли сохраняет численное значение, но при его прохождении скачком изменяет направление на противоположное. Именно так описывал Данте свое путешествие через самое глубокое место ада (центр Земли). По теории же Ньютона, сила притяжения должна там обратиться в ноль, поскольку им было показано, что помещенное в тонкую сферическую оболочку тело не испытывает на себе действия сил.

...почти 200 лет назад, в 1801 году, немецкий астроном И. Зольднер рассчитал, опираясь на теорию Ньютона, как должны отклоняться световые лучи в поле тяготения Солнца. Более чем через 100 лет английский астроном О. Лодж ввел термин «гравитационная линза», предсказав, что протяженные космические тела, например га-

лактики, отклоняя лучи от далеких объектов, могут создавать несколько их изображений. В 1979 году такая «линза» была впервые обнаружена.

...на поверхности внутренних спутников Юпитера кратеров намного меньше, чем на поверхности внешних. Объясняется это тем, что из-за приливного влияния и магнитного поля гигантской планеты у ближайших спутников выше тектоническая активность, поэтому их поверхность активно «перерабатывается» и старые кратеры исчезают.

...несмотря на то, что на Землю ежедневно выпадает примерно десять тысяч тонн космического вещества в виде метеоритов и пыли, такой прирост массы за все время эволюции нашей планеты практически не отразился на периоде ее оборота вокруг своей оси.

...под действием приливного «трения» Земля замедляет свое суточное вращение и через миллиарды лет будет смотреть на Луну все время одной стороной, как смотрит Плутон на свой спутник Харон. Луна к тому времени уйдет, по расчетам, на 553 тысячи километров от Земли, а новый месяц станет равным 47,2 суток.

...по теории относительности, переменное движение тел должно приводить к излучению гравитационных волн. Однако из-за слабости гравитационного взаимодействия зарегистрировать эти волны даже от мощных космических источников пока еще не удалось. Кстати, действие их приемников основано на приливном эффекте.

...к черным дырам – объектам, удерживающим своим чудовищным гравитационным полем даже свет, – теория тяготения Ньютона не применима, хотя сама возможность их существования вытекает из этой теории.

...при свободном падении, ногами вниз, на черную дыру гипотетический наблюдатель растягивался бы в длинную тонкую нить, так как его ноги двигались бы несравненно быстрее, чем голова, и в конце концов он был бы разорван приливными силами невероятной мощи.

...разрушающее действие приливных сил было «продемонстри-

ровано» Юпитером, развалившим в июле 1992 года проходившую в опасной для себя близости к нему комету.

...в 1932 году будущий академик Лев Ландау предсказал, что при смерти (гибели) массивной звезды ее центральная часть сжимается в одно гигантское атомное ядро – нейтронную звезду, удерживаемую силами гравитации. Плотность такого образования должна достигать 100 миллионов тонн на кубический сантиметр! 35 лет спустя нейтронные звезды были открыты английскими радиоастрономами.

...долгие годы астрономы безуспешно искали так называемую скрытую массу Вселенной, предотвращающую своим гравитационным полем разлет галактик из их скоплений и тормозящую расширение Вселенной. Однако, по последним данным, никакая сила тяготения не заставит повернуть назад стремительно разбегающиеся галактики. Вселенная ускоренно расширяется, и этот процесс продлится вечно.

Что читать в «Кванте» о взаимосвязи вещества и гравитационного поля

(публикации последних лет)

1. «Закон всемирного тяготения» – 1994, Приложение № 3, с.43;
2. «Законы Кеплера и школьная физика» – 1994, Приложение №3, с.49;
3. «Давайте вместе откроем закон всемирного тяготения» – 1994, №4, с.3;
4. «Как зависит g от глубины?» – 1995, Приложение №4, с.22;
5. «Исаак Ньютон и яблоко» – 1996, №3, с.36; 1999, Приложение №4, с.44;
6. «Закон нечетных чисел» для свободного падения тел» – 1996, Приложение №4, с.5;
7. «Закон всемирного тяготения» – 1996, Приложение 4, с. 17;
8. «Гипотеза сотворения мира» – 1997, №1, с.2;
9. «Хаос молекул и звезд» – 1998, №5, с.36;
10. «Как гора спутник родила» – 1999, №3, с.36.

*Материал подготовил
А.Леонovic*