

Тема урока: Закон всемирного тяготения Ньютона

Цель: разъяснить учащимся значение закона всемирного тяготения для решения ряда астрономических проблем; сформировать понятия об астрономических способах определения физических характеристик небесных тел.

Новый материал

1. Небесная механика. После появления работ Коперника, Галилея и Кеплера к середине XVII в. завершился описательный (или геометрический) период изучения движения планет. Была выявлена кинематика их движений, но оставалось неясным, почему планеты движутся? Что заставляет их обращаться вокруг Солнца, а спутники — вокруг планет? Чем объясняется устойчивость планетной системы?

Все материальные тела, если они ничем не поддерживаются, падают под действием силы тяжести на поверхность Земли. До тех пор, пока Земля считалась чем-то исключительным и единственным в мире, сила тяжести рассматривалась только как земное явление, не имеющее отношения ко Вселенной. Однако открытия Коперника и его последователей показали, что Земля — это рядовая планета, которая движется вокруг Солнца, как и другие планеты. Поэтому появилось предположение, что сила тяжести присуща не только Земле, но и другим небесным телам. На материальные тела, находящиеся над поверхностью планет (например, Луны или Марса), действует сила тяжести, которая направлена к центру планеты так же, как на Земле. Таким образом был поставлен вопрос о взаимодействии тел. На основе опытных данных Ньютон открыл три основных закона движения тел (закон инерции, закон динамики материальной точки, закон действия и противодействия). На основании третьего закона Кеплера и закона динамики Ньютон строго математически обосновал **закон всемирного тяготения**, который гласит: *два тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.*

Математическое выражение закона всемирного тяготения имеет вид:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

где m_1 и m_2 — массы двух тел, притягивающихся друг к другу, r — расстояние между ними.

Коэффициент пропорциональности $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ - называют **постоянной тяготения** или **гравитационной постоянной**, он является одной из основных физических констант.

Формула (9.1) справедлива для тел (материальных точек), размеры которых пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием между ними. Два протяженных шарообразных тела со сферически-симметричным распределением масс притягиваются друг к другу так же, как и материальные точки, т. е. как если бы их массы были сосредоточены в центре тел. А расстояние r следует отсчитывать от центров этих тел.

На основании закона всемирного тяготения и законов механики Ньютон математически доказал, что под действием силы тяготения (гравитационной силы) тело массой m будет двигаться относительно тела массой M по одной из кривых: по эллипсу, параболе или гиперболе.

Таким образом, Ньютон уточнил и обобщил первый закон Кеплера, который в новой формулировке гласит: *под действием тяготения одно небесное тело движется в поле тяготения другого небесного тела по одному из конических сечений — эллипсу, окружности, параболе или гиперболе* (рис. 9.1). *При движении по эллипсу притягивающее тело всегда находится в одном из фокусов.*

Наука, основывающаяся на законах Кеплера и Ньютона и изучающая движение небесных тел, называется **небесной механикой**. Небесная механика исследует движение небесных тел с учетом создаваемых ими полей тяготения. Основная задача данной науки заключается в том, чтобы, зная начальное положение тела (материальной точки) и его начальную скорость, определить его положение в любой другой момент времени.

2. Возмущения в движении небесных тел. Движение тел, строго подчиняющееся законам Кеплера, называется **невозмущенным**. Такая идеализация предполагает учет взаимодействия только двух тел и описывает, например, движение планеты под действием только притяжения Солнца. Задача двух тел полностью была решена Ньютоном (закон всемирного тяготения).

Истинные же движения тел Солнечной системы значительно сложнее. Это объясняется тем, что планеты не только притягиваются Солнцем, но и взаимодействуют между собой. Отклонения в движениях тел от законов Кеплера называются **возмущениями**, а реальное движение тел — возмущенным движением.

Возмущения тел Солнечной системы имеют очень сложный характер. Они невелики, так как массы отдельных планет по сравнению с массой Солнца очень малы.

Возмущающее влияние планет испытывают астероиды и кометы. Установлено, что Юпитер определяет эволюцию астероидного кольца, поэтому пренебрегать возмущающим влиянием этого гиганта, хотя оно и невелико, нельзя.

Ни одно небесное тело в Солнечной системе не может двигаться точно по окружности, эллипсу, параболе или гиперболе. Все отклонения (возмущения) от «классических» орбит носят сложный характер, а их учет чрезвычайно труден.

3. Определение массы Земли. Одной из важнейших характеристик небесного *тела* является его масса. Закон всемирного тяготения позволяет определять массу небесных тел. в том числе и массу Земли.

На тело массой m , находящееся вблизи поверхности Земли, действует сила тяжести $F = mg$, где g — ускорение свободного падения, Если тело движется только под действием силы тяжести, то, используя закон всемирного тяготения (9.1), ускорение свободного падения равно:

$$g = G \frac{M}{R_3^2}$$

и направлено к центру Земли. Следовательно, т.о. можно определить массу Земли.

4. Определение масс небесных тел. Массы небесных тел можно измерить несколькими способами.

1. Путем измерения силы тяжести на поверхности данного небесного тела.
2. По третьему обобщенному закону Кеплера.
3. На основе анализа наблюдаемых возмущений, производимых небесным телом в движениях других небесных тел.

Домашнее задание § 9