

# Презентация по физике на тему: Законы Кеплера



Работа ученика 11 класса ГБОУ СОШ  
№1465 имени Н.Г. Кузнецова  
Шопорова Максима  
Учитель физики Л.Ю. Круглова

# Оглавление

- Краткая биография стр.3
- Формулировки стр.4-7
- Формулы 8-11
- Галерея

## Перед рассказом про законы Кеплера, хотелось бы рассказать про их создателя Йоганна Кеплера.

Йоганн Кеплер

немецкий математик, астроном, механик, оптик и астролог, первооткрыватель законов движения планет Солнечной системы и просто молодец.

Родился в 27 декабря 1571 года, Вейль-дер-Штадт.

Интерес к астрономии появился у Кеплера ещё в детские годы, когда его мать показала впечатлительному мальчику яркую комету (1577), а позднее — лунное затмение (1580).

Первоначально Кеплер планировал стать протестантским священником, но благодаря незаурядным математическим способностям был приглашён в 1594 году читать лекции по математике в университете города Граца.

Так начался путь Кеплера, как ученого.

Кеплер выпустил около 15 книг по астрономии. Несомненно Кеплер вложил большой вклад в развитие астрономии как XVI века, так и нынешней, ибо его законы лежат в основе многих теорий.

Благодаря исследованиям Кеплера, ученый Бонавентура Кавальери разработал «Метод Неделимых». Завершением этого процесса стало открытие математического анализа.

15 ноября 1630 года Йоганн Кеплер умирает в городе Регенсбург от простуды.

# Законы Кеплера

Законы Кеплера — три эмпирических соотношения, интуитивно подобранных Иоганном Кеплером на основе анализа астрономических наблюдений Тихо Браге.

Описывают идеализированную гелиоцентрическую орбиту планеты. В рамках классической механики выводятся из решения задачи двух тел предельным переходом  $m \rightarrow 0$ , где  $m$ ,  $M$  — массы планеты и Солнца соответственно.

Законы были открыты в конце 16 века, когда шла борьба между геоцентрической системой Птолемея и гелиоцентрической системой Коперника.

# 1-й закон Кеплера

*«Каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце»*

Форма эллипса и степень его сходства с окружностью характеризуется отношением  $e=c/a$ , где  $c$  — расстояние от центра эллипса до его фокуса (половина межфокусного расстояния),  $a$  — большая полуось.

Величина называется эксцентриситетом эллипса. При  $c=0$ , и, следовательно  $e=0$ , эллипс превращается в окружность.

# 2-й закон Кеплера(закон площадей)

*«Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади»*

- Применительно к нашей Солнечной системе, с этим законом связаны два понятия: перигелий— ближайшая к Солнцу точка орбиты, и афелий — наиболее удалённая точка орбиты. Таким образом, из второго закона Кеплера следует, что планета движется вокруг Солнца неравномерно, имея в перигелии большую линейную скорость, чем в афелии.
- Каждый год в начале января Земля, проходя через перигелий, движется быстрее, поэтому видимое перемещение Солнца по эклиптике к востоку также происходит быстрее, чем в среднем за год. В начале июля Земля, проходя афелий, движется медленнее, поэтому и перемещение Солнца по эклиптике замедляется. Закон площадей указывает, что сила, управляющая орбитальным движением планет, направлена к Солнцу.

# Третий закон Кеплера (гармонический закон)

*«Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся, как кубы больших полуосей орбит планет»*

Справедливо не только для планет, но и для их спутников. Ньютон установил, что грав. притяжение планеты определенной массы зависит только от расстояния до неё, а не от других свойств, таких, как состав или температура. Он показал также, что третий закон Кеплера не совсем точен — в действительности в него входит и масса планеты.

Поскольку движение и масса оказались связаны, эту комбинацию гармонического закона Кеплера и закона тяготения Ньютона используют для определения массы планет и спутников, если известны их орбиты и орбитальные периоды.

# Формулы к законам Кеплера

*Первый закон:*

$$\mathbf{a} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = f(r) \hat{\mathbf{r}}. \quad e = c/a -$$

расстояние от центра до эллипса.



# 2-й закон

- По определению угловой момент  $L$  точечной частицы с массой  $m$  и скоростью  $v$  записывается в виде  $\mathbf{L} \stackrel{\text{def}}{=} \mathbf{r} \times \mathbf{p} = \mathbf{r} \times (m\mathbf{v})$
- где  $r$  — радиус-вектор частицы а  $p=mv$  — импульс частицы. Площадь, заметаемая радиус-вектором  $r$  за время  $dt$  из геометрических соображений равна, где представляет собой угол между направлениями  $\mathbf{r}$  и  $\mathbf{v}$ 

$$dS = \frac{1}{2} r \sin \theta v dt = \frac{1}{2} |\mathbf{r} \times \mathbf{v}| dt = \frac{|\mathbf{L}|}{2m} dt$$
- По определению  $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$
- В результате мы имеем  $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times m \frac{d\mathbf{r}}{dt}$
- Продифференцируем обе части уравнения по времени
 
$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = (\mathbf{r} \times \mathbf{F}) + \left( \frac{d\mathbf{r}}{dt} \times m \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right) = (\mathbf{r} \times \mathbf{F}) + (\mathbf{v} \times \mathbf{p}) = 0$$
- поскольку векторное произведение параллельных векторов равно нулю. Заметим, что  $\mathbf{F}$  всегда параллелен  $\mathbf{r}$ , поскольку сила радиальная, и  $\mathbf{p}$  всегда параллелен  $\mathbf{v}$  по определению. Таким образом можно утверждать, что  $|\mathbf{L}|$ , а следовательно и пропорциональная ей скорость заметания площади  $ds \setminus dt$  — константа.

# 2-ой закон Кеплера

Второй закон Кеплера утверждает, что радиус-вектор обращающегося тела заметает равные площади за равные промежутки времени. Если теперь мы возьмём очень малые промежутки времени в момент, когда планета находится в точках  $A$  и  $B$  (перигелий и афелий), то мы сможем аппроксимировать площадь треугольниками с высотами, равными расстоянию от планеты до Солнца, и основанием, равным произведению скорости

$$\frac{1}{2} \cdot (1 - \epsilon)a \cdot V_A dt = \frac{1}{2} \cdot (1 + \epsilon)a \cdot V_B dt$$

$$(1 - \epsilon) \cdot V_A = (1 + \epsilon) \cdot V_B$$

$$V_A = V_B \cdot \frac{1 + \epsilon}{1 - \epsilon}$$

$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$ , где  $T_1$  и  $T_2$  - периоды обращения двух планет вокруг Солнца, а  $a_1$  и  $a_2$  — длины больших полуосей их орбит.

Третий закон Кеплера не совсем точен — в действительности в него входит и масса планеты:  $\frac{T_1^2(M + m_1)}{T_2^2(M + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$ , где  $M$ -масса солнца, а  $m_1$  и  $m_2$ - массы планет

# Галерея

## Первый закон

## Второй закон

## закон

