Сегодня: понедельник, 31 октября 2016 г.

КЛАССИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА. ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

Сегодня: понедельник, 31 октября 2016 г.

Лекция 3

Тема: КЛАССИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА. ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

Содержание лекции:

Введение

1. **Инерциальные системы отсчета.**

Первый закон Ньютона

2. **Второй закон Ньютона. Основные понятия**
3. **Третий закон Ньютона**
4. **Свойства пространства-времени и уравнения классической динамики.**

Глава 2. КЛАССИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА. ЗАКОНЫ НЬЮТОНА
2.1. Введение

Динамика – *раздел механики, посвященный изучению движения материальных тел под действием приложенных к ним сил.*

В основе классической динамики лежат законы Ньютона.

Как и другие принципы, лежащие в основе физики, они являются обобщением опытных фактов.

Законы классической динамики имеют огромную область применения – от описания движения микроскопических частиц в модели идеального газа до поведения гигантских тел во Вселенной.

Открытие, применение и осознание этих законов определяют технических прогресс человечества на протяжении уже более трех веков.

2.2. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона

Для описания механических явлений надо выбрать систему отсчета.

В различных системах отсчета законы движения имеют, в общем случае, различный вид.

Оказывается можно найти такую систему отсчета, в которой законы механики имеют наиболее простой вид.

Это система отсчета с однородным и изотропным пространством и однородным временем.

Такая система отсчета называется инерциальной.

В инерциальной системе отсчета всякое свободное движение происходит с постоянной по величине и направлению скоростью.

Это утверждение оставляет содержание ***первого закона Ньютона*** – *закона инерции.*

Если наряду с имеющейся у нас инерциальной системой отсчета мы введем другую систему отсчета, движущуюся относительно первой прямолинейно и равномерно, то законы свободного движения по отношению к этой системе будут такими же, как и по отношению к первоначальной:

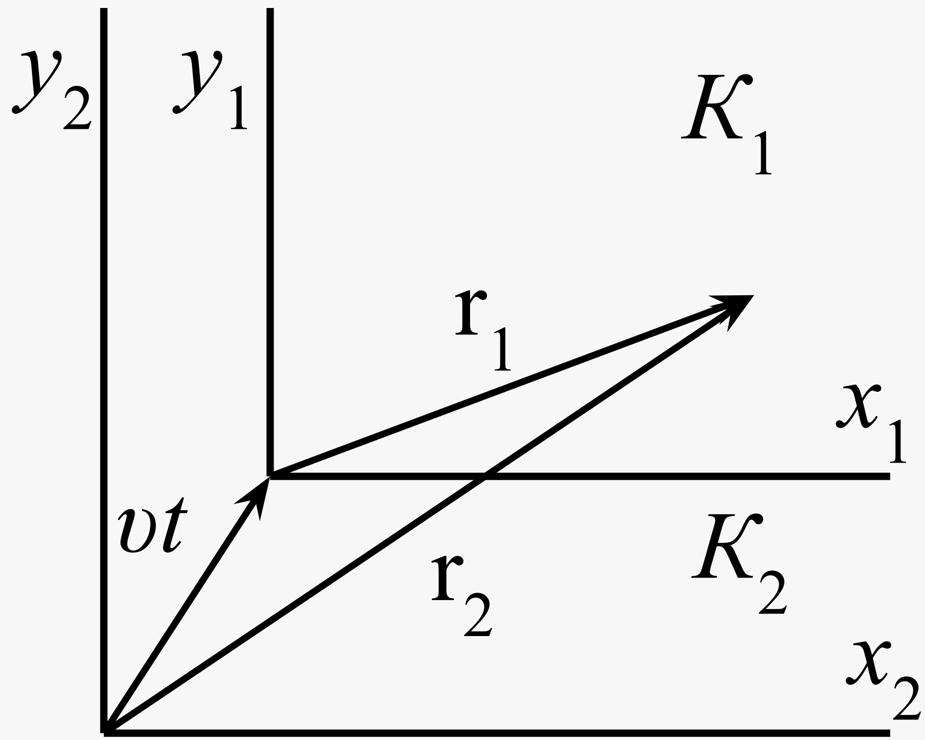
свободное движение снова будет происходить с постоянной скоростью.

Существует бесконечное множество инерциальных систем отсчета, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно.

Во всех инерциальных системах свойства пространства и времени одинаковы и одинаковы все законы механики.

Это утверждение составляет содержание ***принципа относительности Галилея***.

Координаты одной и той же точки в разных системах отсчета K_1 и K_2, из которых K_1 движется относительно K_2 со скоростью $\boldsymbol{v}$, связаны друг с другом соотношением



$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}_1 + \boldsymbol{v}t$$

Подразумевается, что время течет одинаково в K_1 и K_2: $t_1 = t_2 = t$.

Представление об абсолютном времени лежит в основе классический механики.

Принцип относительности Галилея можно сформулировать как требование инвариантности уравнений механики по отношению к преобразованиям Галилея:

$$t_1 = t_2 = t,$$

$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}_1 + \boldsymbol{v}t.$$

Из абсолютности времени и принципа относительности Галилея следует, что в классической механике взаимодействие между телами распространяется мгновенно.

Если бы взаимодействие было бы не "мгновенным", то в силу принципа Галилея и однородности времени скорость распространения фундаментальных взаимодействий была бы различна в разных инерциальных системах отсчета.

Это привело бы к различию законов движения тел в разных инерциальных системах отсчета.

Из первого закона следует важный физический принцип: существование инерциальной системы отсчета.

Смысл первого закона состоит в том, что: если на тело не действуют внешние силы, то существует система отсчета, в которой оно покоится.

Но если в одной системе тело покоится, то существует множество других систем отсчета, в которых тело движется с постоянной скоростью.

Следствием первого закона Ньютона является утверждение: если наблюдатель находится в инерциальной системе отсчета,

а это удостоверяет покоящееся в ней тело, то все прочие тела, на которые не действуют силы,

будут также находиться в покое или двигаться с постоянной скоростью.

2.3. Второй закон Ньютона. Основные понятия

Второй закон Ньютона количественно определяет: изменение состояние движения тела под действием внешних сил.

*Под силой в **механике понимают всякую причину, изменяющую состояние движения тела***.

Всякое тело оказывает сопротивление при попытках привести его в движение или изменить модуль или направление его скорости. Это свойство тел называется ***инертностью*.**

*Мера **инертности тела называется массой***.

Неизвестную массу m можно сравнить с данной стандартной массой m_0, поместив между ними небольшую сжатую пружину.

Отпустив пружину, мы заставим первоначально покоившиеся массы разлететься в противоположные стороны со скоростями $\boldsymbol{v}$ и $\boldsymbol{v}_0$ соответственно.

При этом количественно неизвестную массу m можно определить следующим образом:

$m = m_0\boldsymbol{v}_0/\boldsymbol{v}$ (определение инертной массы).

Импульс или *количество движения* материальной точки является вектор, равный произведению массы точки на ее скорость:

$$\mathrm{p} = m\boldsymbol{v}.$$

Импульсом или *количеством движения системы материальных точек* назовем векторную сумму импульсов отдельных материальных точек, из которых эта система состоит.

Для системы из двух материальных точек

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = m_1\boldsymbol{v}_1 + m_2\boldsymbol{v}_2.$$

В инерциальной системе отсчета изменение импульса **p** материальной точки со временем представляется уравнением

$$d\mathbf{p}/dt = d(m\mathbf{v})//dt = \mathbf{F}.$$

Величина **F**, равная скорости изменения импульса во времени, называется силой, действующей на рассматриваемую материальную точку.

Очевидно, *сила* **F** *есть вектор*, поскольку она равна производной вектора **p** по времени.

Таким образом, *в инерциальной системе отсчета производная импульса материальной точки по времени равна действующей на нее силе*.

Это утверждение называется ***<u>вторым законом Ньютона</u>***, а соответствующие ему уравнения – *уравнениями движения материальной точки*.

Во второй закон Ньютона входит результирующая сила. Поэтому прежде чем применять второй закон Ньютона, нужно сначала найти векторную сумму всех сил, действующих на данное тело.

Это положение очень существенно, и оно имеет дополнительное физическое содержание, которое можно проверить экспериментально.

Соотношение $m\mathbf{a} = \mathbf{F}_{рез}$ предполагает аддитивность масс и векторный закон сложения сил.

Аддитивность масс означает, что если соединить вместе два тела с массами m_A и m_B, то масса такого тела будет равна

$$m = m_A + m_B.$$

2.4. Третий закон Ньютона

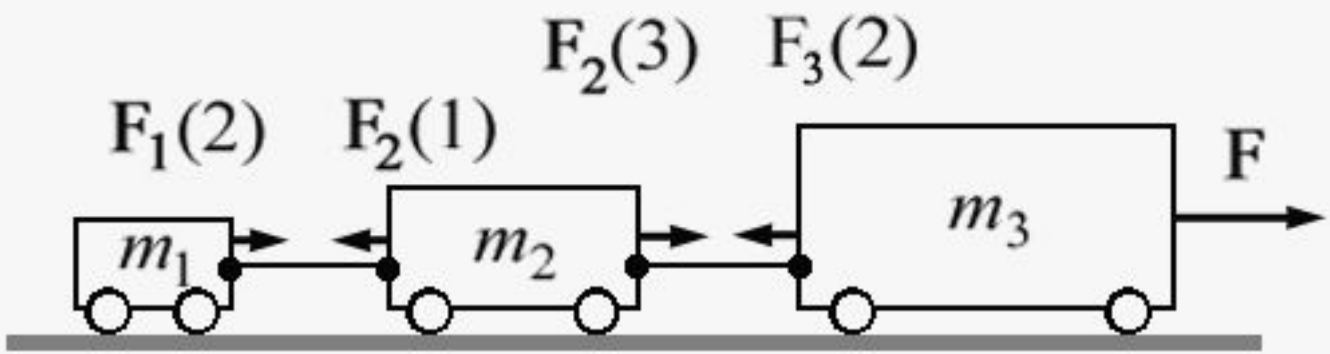
Третий закон динамики Ньютон сформулировал так: “*Действию всегда есть равное и противоположное противодействие; иначе – взаимодействия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны*”.

Третий закон утверждает: если тело *B* действует на тело *A* с силой $\boldsymbol{F}_{AB}$, то в свою очередь тело *A* обязательно действует на тело *B* с силой $\boldsymbol{F}_{BA}$, равной по величине и противоположной по знаку силе ***FAB***; обе силы направлены вдоль одной прямой.

Третий закон отражает тот факт, что *сила есть результат взаимодействия двух различных тел*.

Третий закон ничего не говорит о величине сил, а только о том, что они равны. Здесь очень важно отметить, что в третьем законе идет речь о силах, приложенных к *различным* телам.

Поезд из трех вагонов, который тянут с внешней силой **F**.Взаимодействие между вагонами передается с помощью нитей, не имеющих массы.



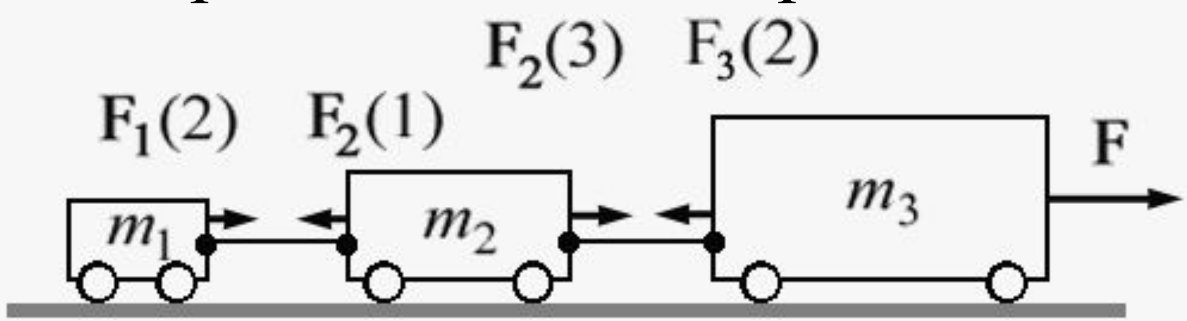
На тело m_1 со стороны m_2 действует сила $\mathbf{F}_1(2)$, а на тело m_2 со стороны m_1 – сила $\mathbf{F}_2(1)$. По третьему закону Ньютона сумма $\mathbf{F}_2(1) + \mathbf{F}_1(2)$ равна нулю.

Ускорение поезда можно найти, применяя к каждому вагону второй закон Ньютона и затем складывая следующие выражения:

$$[\mathbf{F}_1(2) + \mathbf{F}_2(1)] + [\mathbf{F}_2(3) + \mathbf{F}_3(2)] + \mathbf{F} = (m_1 + m_2 + m_3)\mathbf{a},$$

$$\mathbf{F} = (m1 + m2 + m3)\mathbf{a},$$

Суммы в квадратных скобках обращаются в нуль.



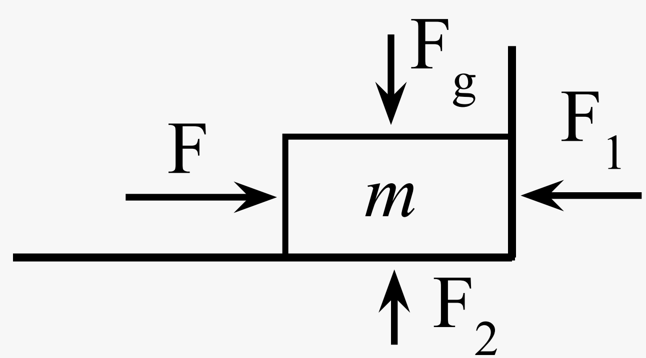
На рис. изображен брусок массой m, прижатый к стенке с силой F.

Если в этом случае автоматически применить уравнение $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$, то мы получим ускорение $\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$, которое отлично от нуля.

Однако совершенно очевидно, что брусок не испытывает ускорения под действием силы F, потому что атомы стенки отталкивают брусок с силой F1, равной – F

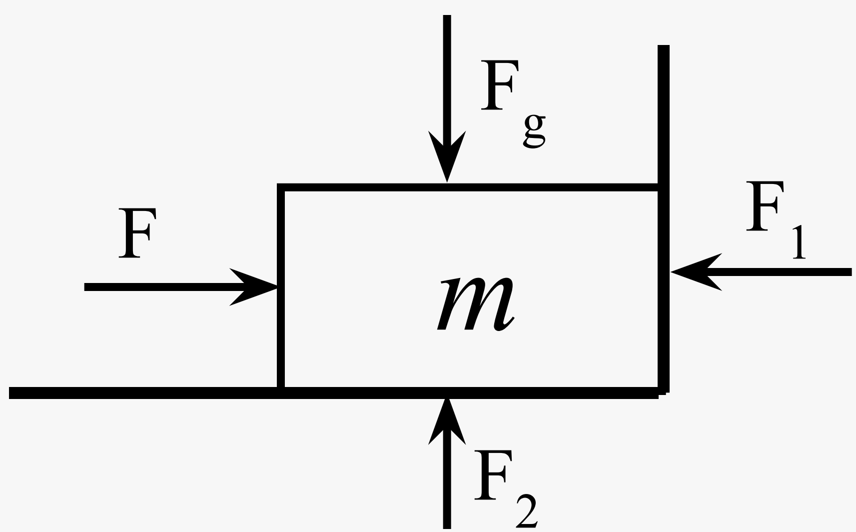
Результирующая сила

$$\mathbf{F}_{\text{рез}} = \mathbf{F} + \mathbf{F}_1 = \mathbf{F} + (-\mathbf{F}) = 0.$$



Если на брусок действует $\mathbf{F}_g$ – сила тяжести, то возникает сила реакции F_2, направленная вверх и равная $-\mathbf{F}_g$. В этом случае результирующая сила является суммой всех четырех сил (рис.3.7):

$$\mathbf{F}_{\text{рез}} = \mathbf{F} + \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_g + \mathbf{F}_2 = \mathbf{F} + (-\mathbf{F}) + \mathbf{F}_g + (-\mathbf{F}_g) = 0.$$

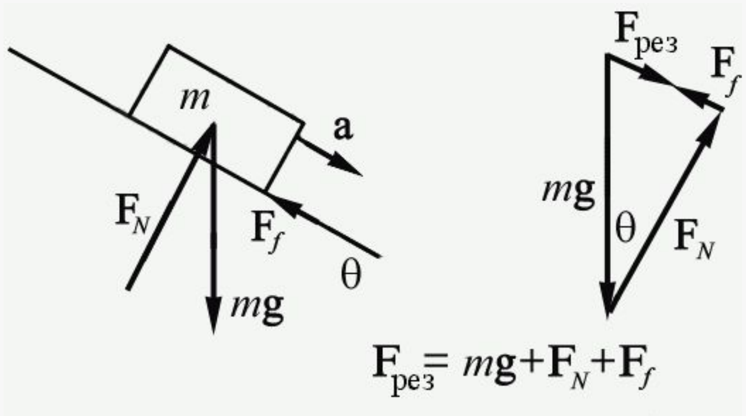


2.5. Наклонная плоскость

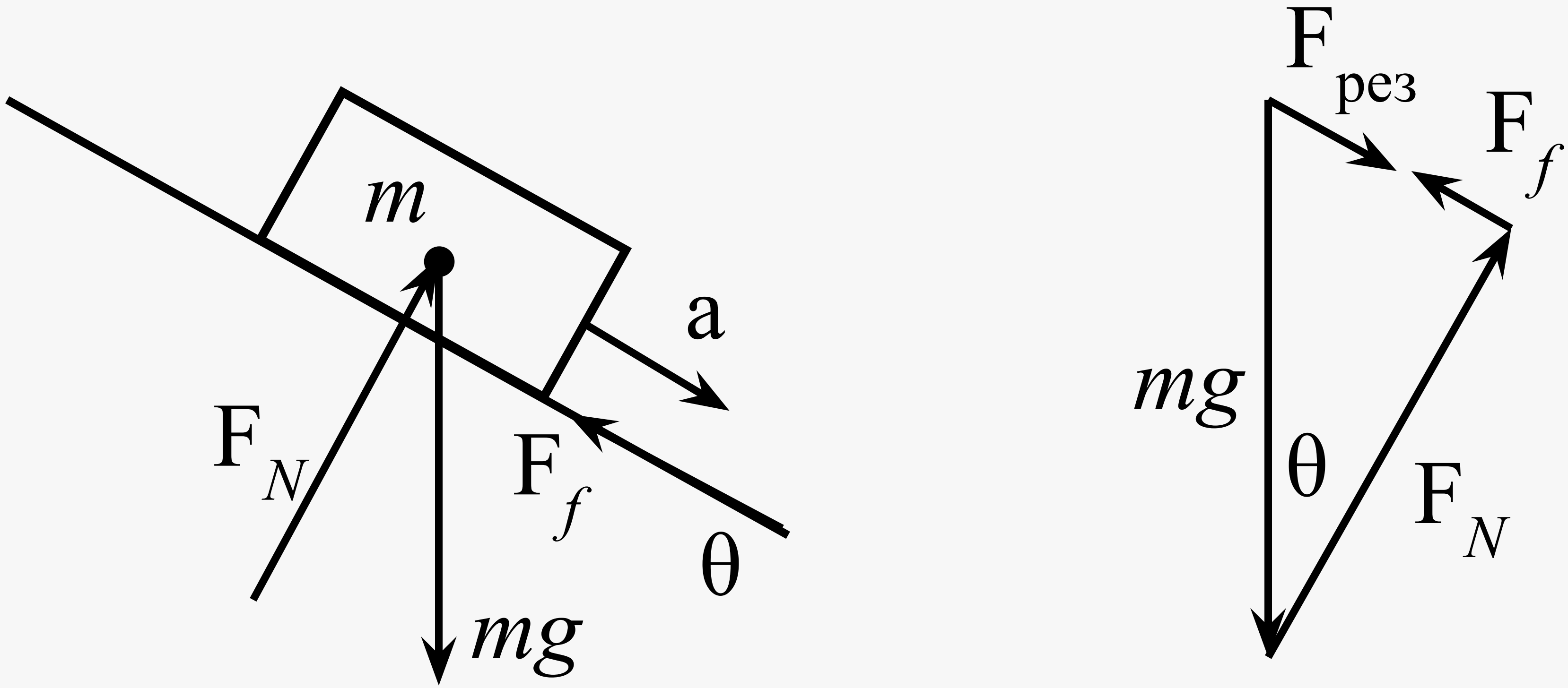
Вычислим ускорение тела массой *m*, скользящего по наклонной поверхности, которая образует угол θ с горизонтальной плоскостью.

На рис.а показаны три действующие на тело силы: сила реакции $\mathbf{F}_N$, сила трения $\mathbf{F}_f$, направленная против движения, и сила тяжести $m\mathbf{g}$, направленная вниз.

Векторное сложение этих сил на рис.*б* дает $\mathbf{F}_{рез}$.



а *б*



$$F_{рез} = mg + F_N + F_f$$

а *б*

Силы образуют прямоугольный треугольник, причем угол между $\mathbf{F}_N$ и $m\mathbf{g}$ равен θ. Отсюда:

$$\mathbf{F}_{\text{рез}} + \mathbf{F}_f = mg\sin\theta.$$

Заменяя $F_{\text{рез}}$ на ma, получаем $ma = mg\sin\theta - \mathbf{F}f$.
В отсутствие трения $a = g\sin\theta$ (без трения).

В случае когда имеется трение, в формуле следует заменить $\boldsymbol{F}_f$ на μdF_N, что дает

$$ma = mg\sin\theta - \mu dF_N.$$

Из треугольника сил на рис.*б* находим

$$F_N = mg\cos\theta.$$

Подставляя это в последнее соотношение имеем:

$$a = g\sin\theta - \mu d\, g\cos\theta.$$

Из $a = g\sin\theta$ и $a = g\sin\theta - \mu d\, g\cos\theta$ следует, что наклонную плоскость можно использовать для уменьшения ускорения тела, возникшего благодаря силе тяжести.

Пусть брусок скользит по наклонной плоскости, не ускоряясь. Тогда в $a = g\sin\theta - \mu_d\, g\cos\theta$ нужно положить $a = 0$, и мы можем написать

$$g\sin\theta = \mu_d\, g\cos\theta,$$

откуда

$$\mathrm{tg}\theta = \mu_d.$$

При этом значении угла наклона тело будет двигаться без ускорения.

Лекция окончена

Нажмите клавишу <ESC> для выхода