

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ



МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Познакомимся

с одним из разделов физики – механика.

Механика изучает простейшую форму движения материи
– механическое движение.

Механическим движением называется изменение с течением времени положения тела в пространстве относительно других тел.



Механическим движением называется изменение положения тела в пространстве с течением времени относительно других тел.



МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Изучить движение тела – значит определить, как
изменяется

его положение с течением времени.

Если это известно, можно узнать положение тела в любой
момент времени.

С учётом этого можно сформулировать основную задачу
механики:

**Основная задача механики состоит в
том, чтобы
определить положение тела в
любой момент времени.**



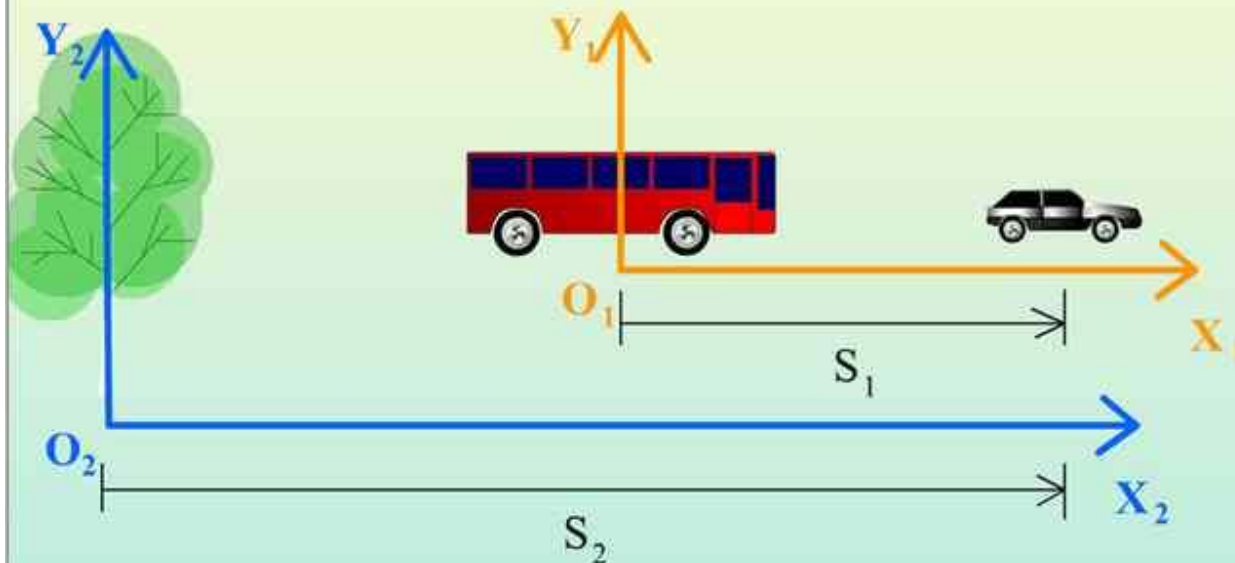
ТЕЛО ОТСЧЕТА

Определение положения и описание движения материальных тел зависят от выбора тела отсчёта.



ТЕЛО ОТСЧЕТА

Определение положения тела в выбранной системе отсчёта



Тела, которые служат для определения положения других тел, называют **телами отсчёта** и с ними связывают начало координатной системы.

Относительность движения.



- Относительно чего неподвижен мотоциклист?.
- Относительно чего он движется?.
- Вывод: Движение и покой относительны.

Поезд движется между станциями



1. Двигутся ли пассажиры, сидящие в поезде, относительно вагона? Относительно Земли?
2. Двигутся ли вагоны относительно локомотива? Относительно друг друга?

Лебедь на льдине

- Относительно каких тел лебедь находится в покое?
- Относительно каких тел лебедь движется?



МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА

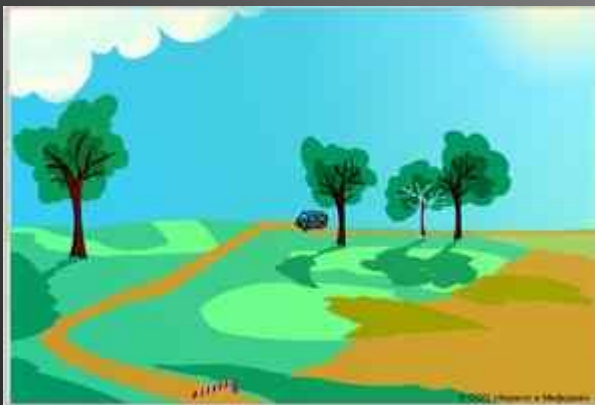
Чтобы определять изменение положения тела в пространстве, нужно, прежде всего, уметь определять это положение.

Но при этом возникают некоторые затруднения, связанные с тем, что тело имеет размеры.

К счастью, при решении многих задач размерами тела можно пренебречь, рассматривая тело как одну точку. При этом описание движения тела намного упрощается.

МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА

Тело, размерами которого в данной задаче можно пренебречь, называется материальной точкой.



Автомобиль, находящийся далеко от шлагбаума можно считать материальной точкой.

Можно или нельзя считать тело материальной точкой зависит не от размеров тела, а от поставленной задачи.



Автомобиль вблизи шлагбаума нельзя считать материальной точкой.

ТРАЕКТОРИЯ

В процессе движения материальная точка занимает различные положения в пространстве относительно тела отсчёта.

При этом движущаяся точка «описывает» в пространстве какую-то линию. Иногда эта линия видна.

Часто траектория – невидимая линия.

Траекторией движения тела (материальной точки) называется линия в пространстве, по которой движется это тело.



ТРАЕКТОРИЯ

Траектория может быть прямой и кривой линией.
Соответственно форме траектории движение
бывает **прямолинейным** или **криволинейным**.



Виды траекторий.

Нибиру.

Траектория движения самолета

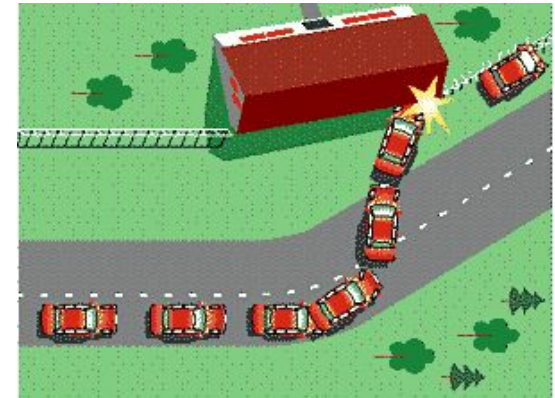


Траектория планеты



- Траектория движения автомобилей по

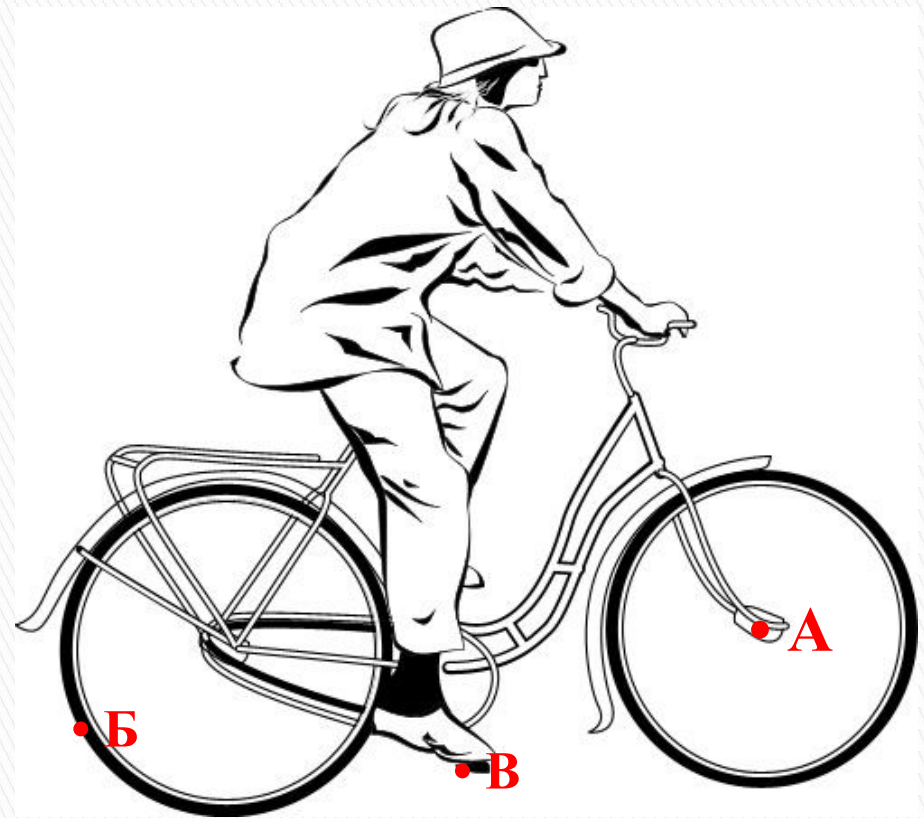
шоссе.



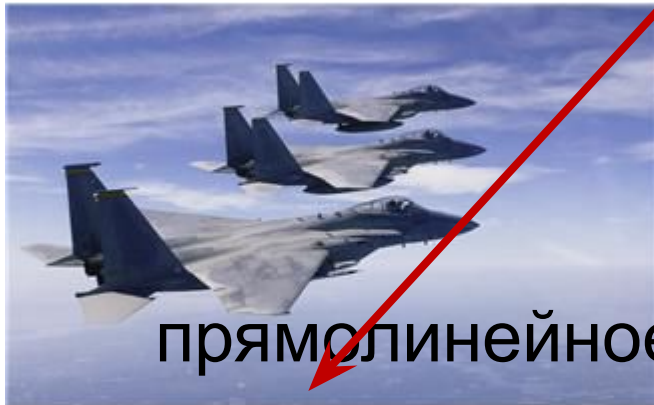
Траектория движения автомобиля
во время аварии

Человек едет на велосипеде по прямой дороге.

1. По какой траектории движется велосипед?
2. Какую траекторию описывает при движении ось колеса (т. А)?
3. Какую траекторию описывает точка на ободу колеса (т. Б)?
4. Какую траекторию описывает точка на педали (т. В)?



Механическое движение (по траектории)



прямолинейное



криволинейное



ТРАЕКТОРИЯ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

□ Длина траектории или пройденной части траектории, которую описывает материальная точка за данный промежуток времени, называется путём.

□ Путь обозначается - **S**

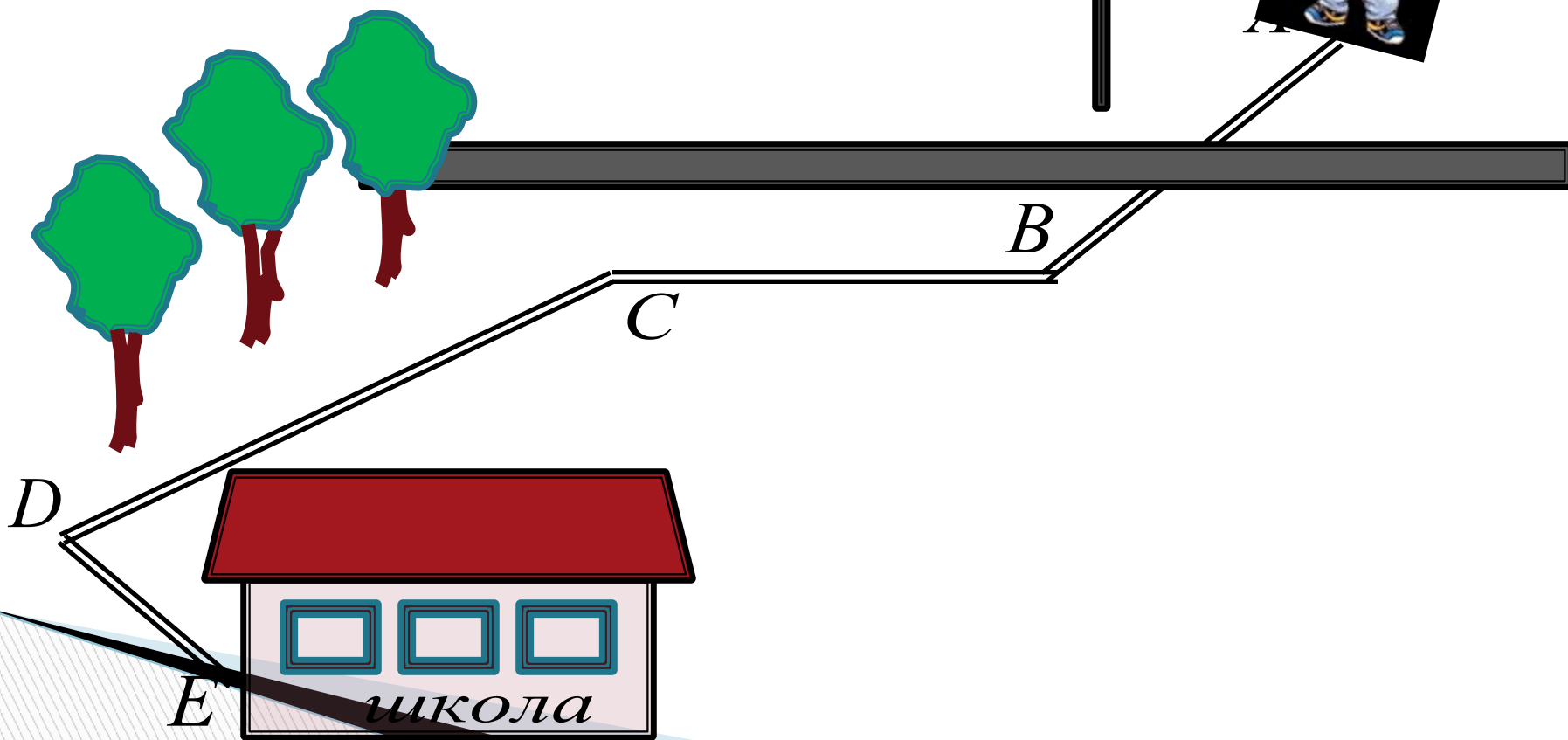
□ Единица измерения пути

- **М**

Путь – длина траектории, по которой движется тело.

s – обозначение

$$s = AB + BC + CD + DE$$



Единицы пути

- (СИ) : [s] = м (метр)
- Другие единицы: сантиметр, километр, миллиметр, нанометр и др.
- $1 \text{ км} = 1000 \text{ м} = 10^3 \text{ м}$
- $1 \text{ см} = 0,01 \text{ м} = 10^{-2} \text{ м}$
- $1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м} = 10^{-3} \text{ м}$

Проверьте себя!

1. От дома до школы Маша проходит 1,2 км. В СИ этот путь равен

120 м 1200 см 1200 м 12000 см

2. Черепаха проползла 35 см. В СИ этот путь равен

3,5 м 350 мм 0,35 м 3,5 дм

3. Выразите в метрах

5 см =
69 дм =
0,27 км =
48 мм =
М

ТРАЕКТОРИЯ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

Человеку в различных сферах деятельности приходится рассчитывать, где будет находиться движущееся тело в заданный момент времени. Часто, даже если мы знаем путь, не можем решить задачу.

Например. Задание во время турпохода (рис. 1):

«Дойди до перекрёстка и пройди ещё 5 км, там мы встретимся». Легко выполнить?



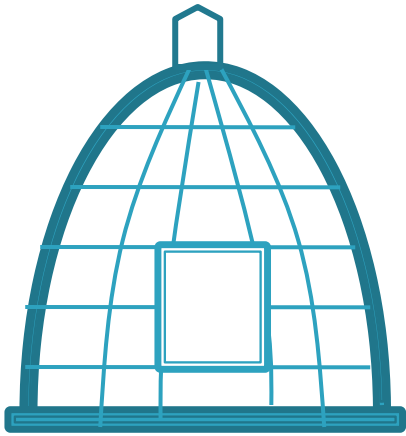
Рис. 1



Рис. 2

**Тело можно считать материальной точкой только в тех случаях,
когда его размеры малы по сравнению с проходимым
расстоянием, а, значит, формой, вращением можно пренебречь**

**Любое тело может, в одном случае, являться
материальной точкой, а в другом - нет**



*Встань у
восточного угла
крайнего дома села
лицом на север,
пройдя 120 шагов,
поверни лицом на
восток и пройди 200
шагов.*

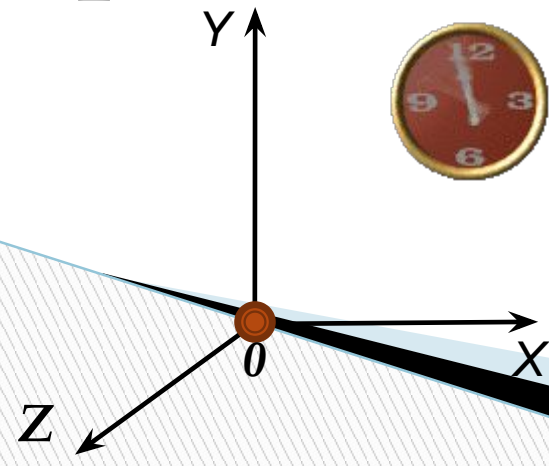
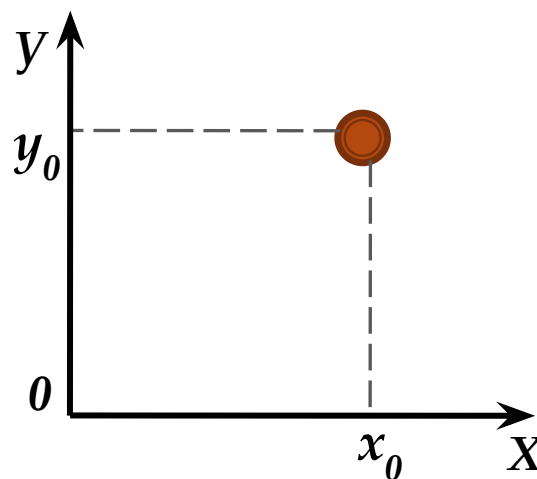
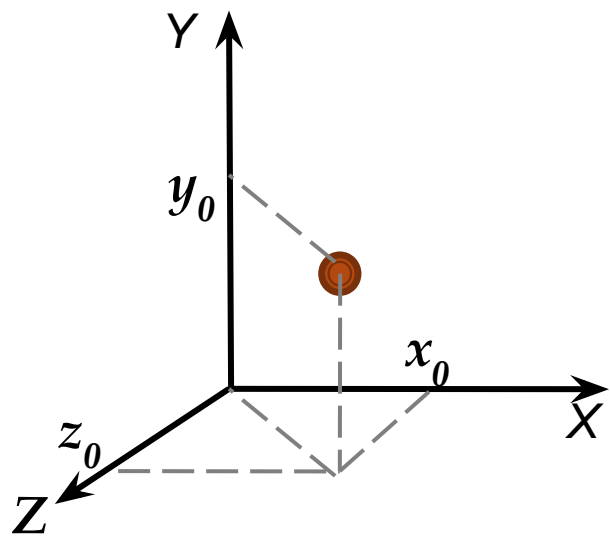
*В этом месте
вырой яму в 100
локтей и найдешь
100 талантов
золота*

Определите основную задачу механики?

Что в данном тексте является телом отсчета, системой координат?

- Опишите положение шарика в двух случаях.

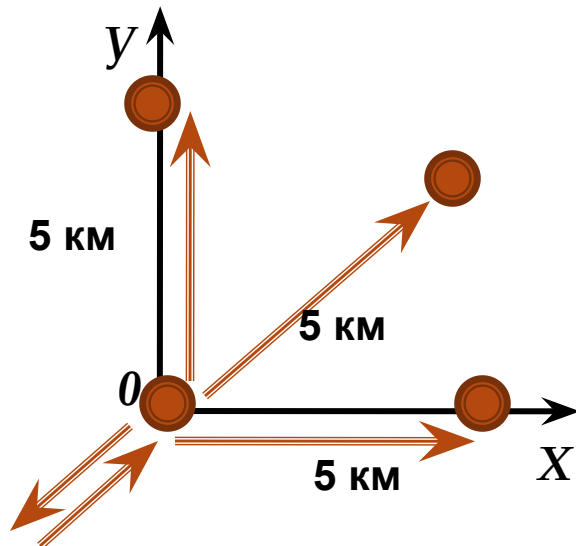
• В чем отличие?



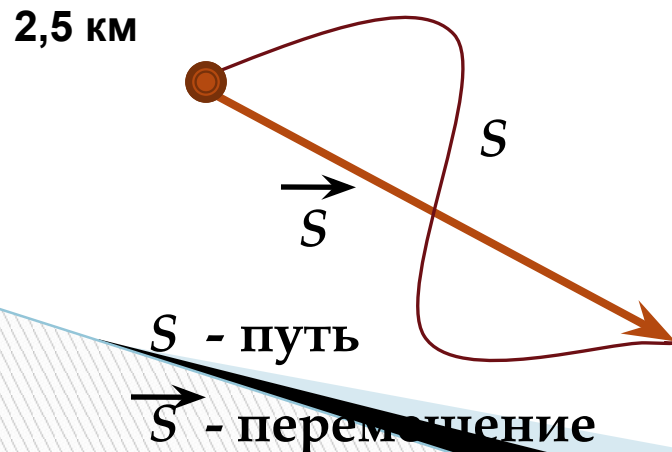
СИСТЕМА ОТСЧЕТА

- тело отсчета
- система координат
- прибор для отсчета времени

Задача: Человек, первоначально находившийся в точке с координатами $(0; 0)$ начал двигаться и за 1 час прошел 5 км. Сможете ли Вы определить положение человека через 1 час?



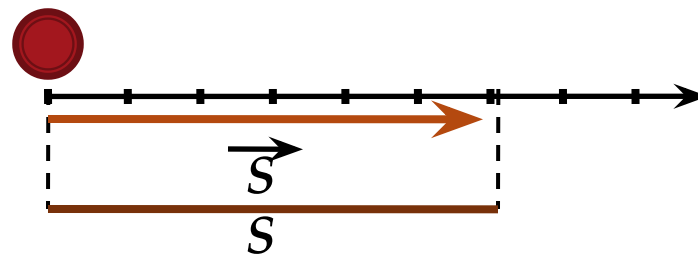
Вывод: Для нахождения положения тела в любой момент времени необходимо знать направление отрезка прямой, соединяющей начальное и конечное положение тела



Перемещением тела (материальной точки) называют направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением.

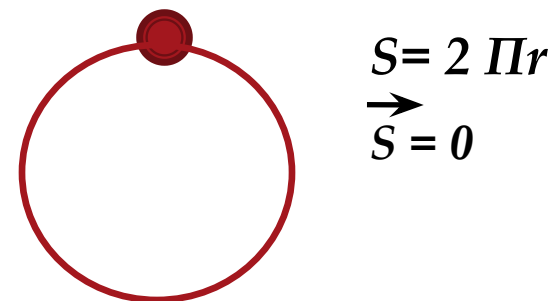
Путь и перемещение могут совпадать

- при прямолинейном движении в одном направлении



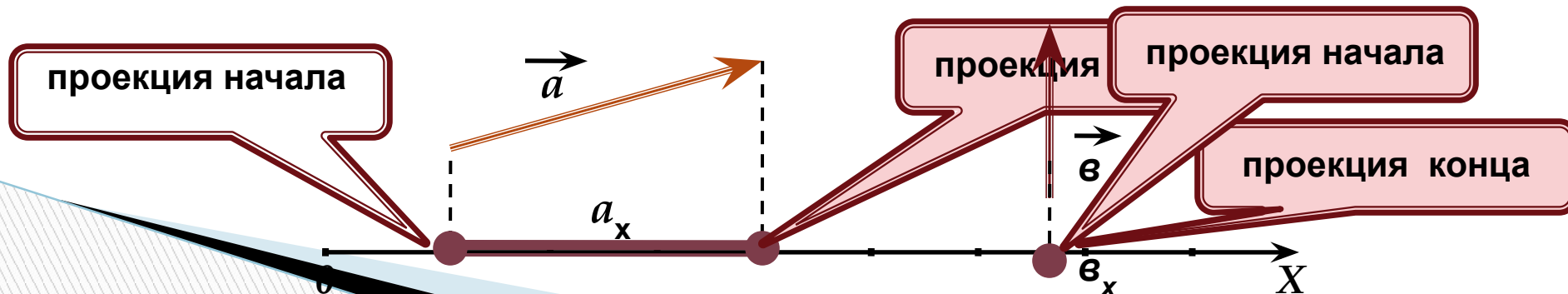
Перемещение может быть равным нулю при ненулевом пути

- если начальное и конечное положение тела совпадают



Проекции вектора на оси координат

Проекция вектора на ось - отрезок, соединяющий проекцию начала вектора и проекцию его конца



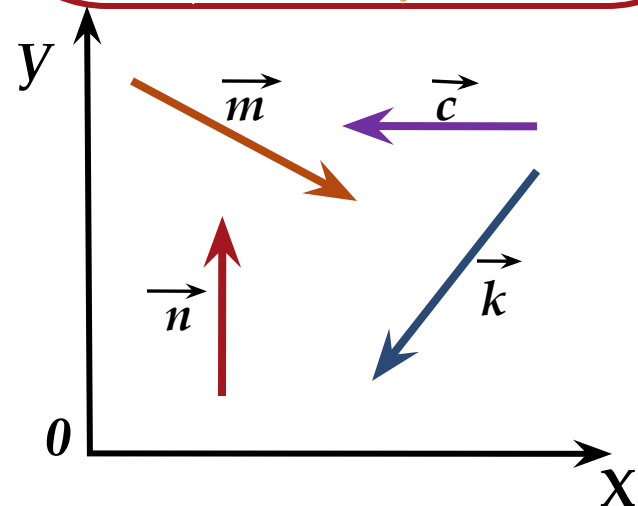
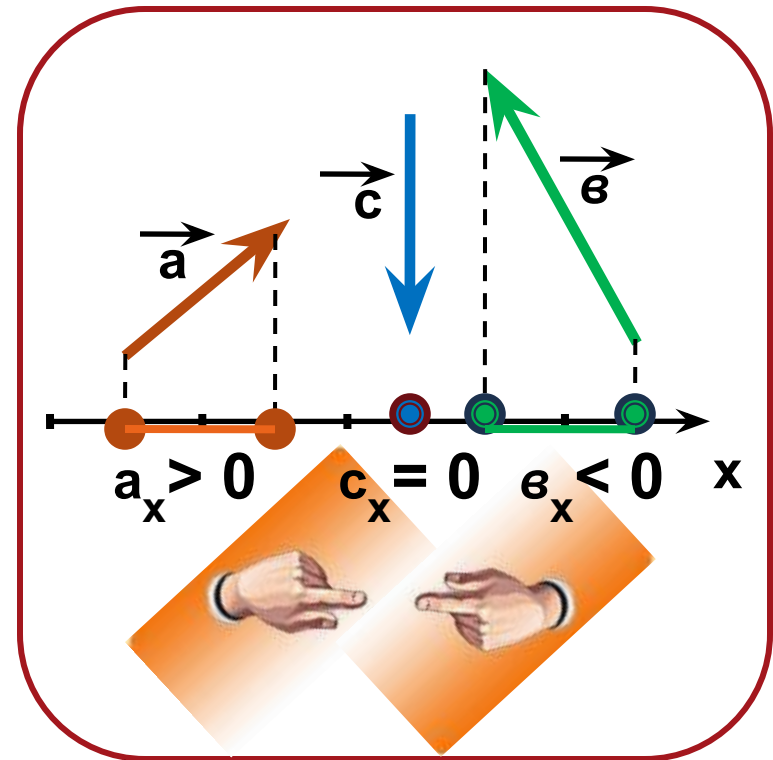
Проекция вектора - скалярная величина

Знаки проекций

- **Проекция вектора положительна**, если от проекции начала вектора к проекции его конца надо двигаться по направлению оси
- **Проекция вектора отрицательна**, если от проекции начала вектора к проекции его конца надо двигаться в направлении, противоположном направлению оси
- **Проекция вектора равна нулю**, если вектор перпендикулярен оси координат

ЗАДАНИЕ:

Определите знаки проекций векторов, изображенных на рисунке, на оси координат



О движении тела мы судим по изменению его положения, т.е. по изменению координаты с течением времени.

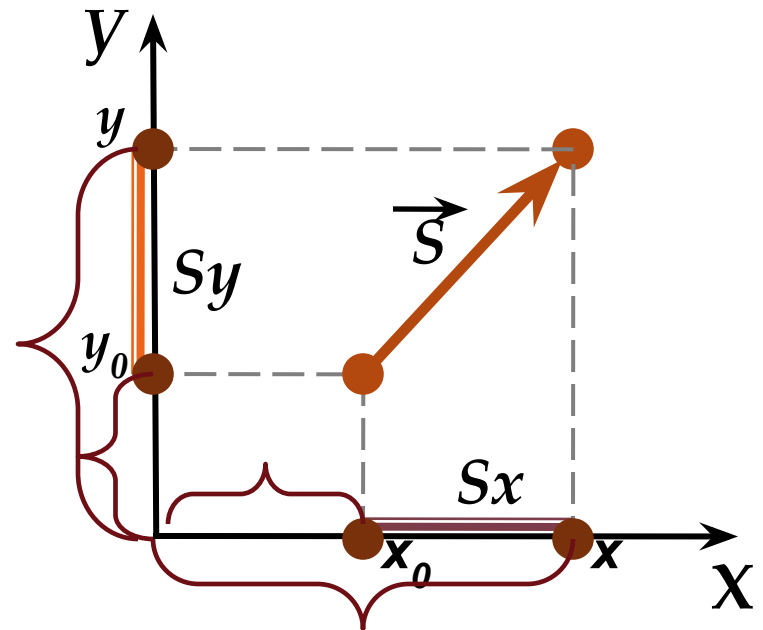
Очевидно, что должна существовать связь между перемещением тела и его координатами.

$$s_x = x - x_0$$

$$s_y = y - y_0$$

$$x = x_0 + s_x$$

$$y = y_0 + s_y$$

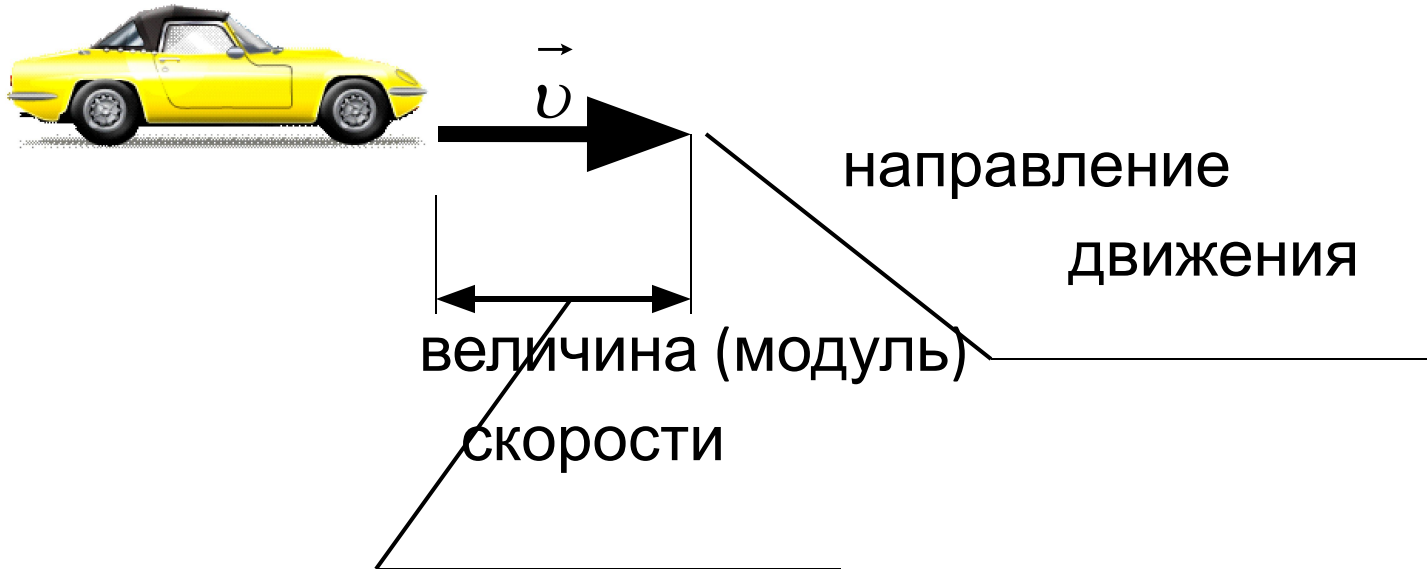




Порадуемся все вместе тому, что теперь мы знаем

- Что такое механическое движение
- Какое движение называется поступательным
- В каком случае тело можно считать материальной точкой
- Сколькими координатами определяется положение тела
 - на прямой
 - на плоскости
 - в пространстве
- Что такое система отсчета
- Известно нам и определение перемещения
 - В каком случае путь и перемещение совпадают
 - Что такое проекция вектора
 - В каком случае проекция вектора
 - положительна
 - отрицательна
 - равна нулю
- **А к следующему уроку на зубок выучим формулы !!!**

Скорость – векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения положения тела в пространстве.

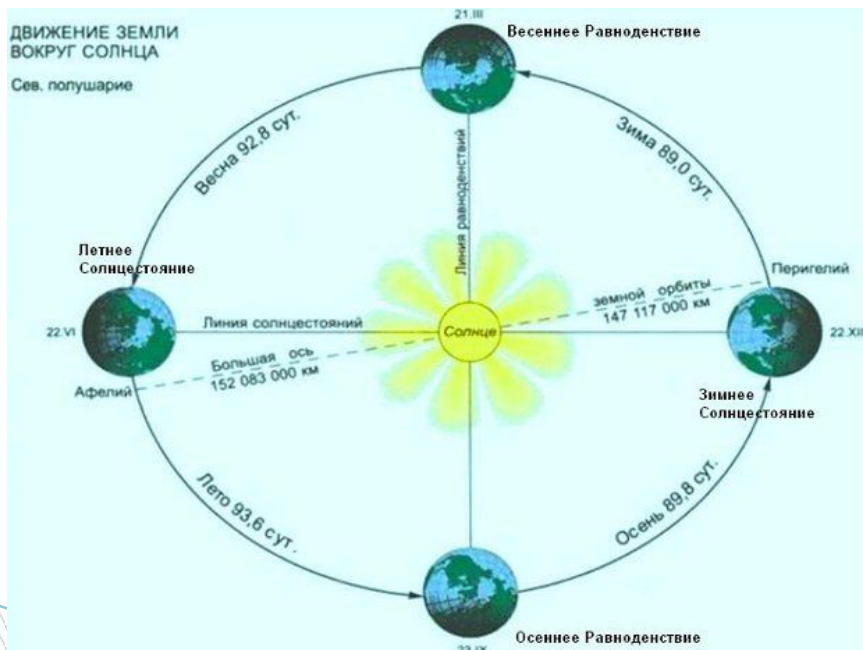


Скорость кроме числового значения, имеет и направление.

Механическое движение (по скорости)

равномерное

неравномерное



Равномерное движение – движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит равные расстояния.

- Формула скорости равномерного движения:

$$v = \frac{s}{t}$$

Единица скорости (СИ): $[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Другие единицы скорости : $\frac{\text{км}}{\text{ч}}$; $\frac{\text{м}}{\text{мин}}$; $\frac{\text{см}}{\text{с}}$ и т.д.

Определите вид движения.

- На рис. показаны движущиеся тела: катящийся мяч, движущийся трактор и автобус.

Какие тела движутся равномерно?



График скорости равномерного движения.

• По графику скорости можно определить:

- а) вид движения;
- б) скорость движения;
- в) путь, пройденный телом за время t .

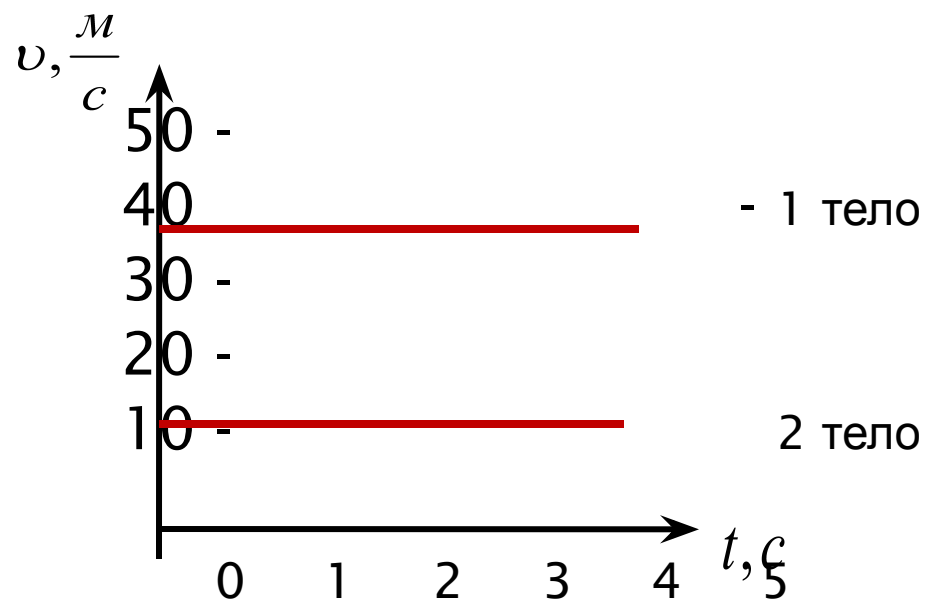
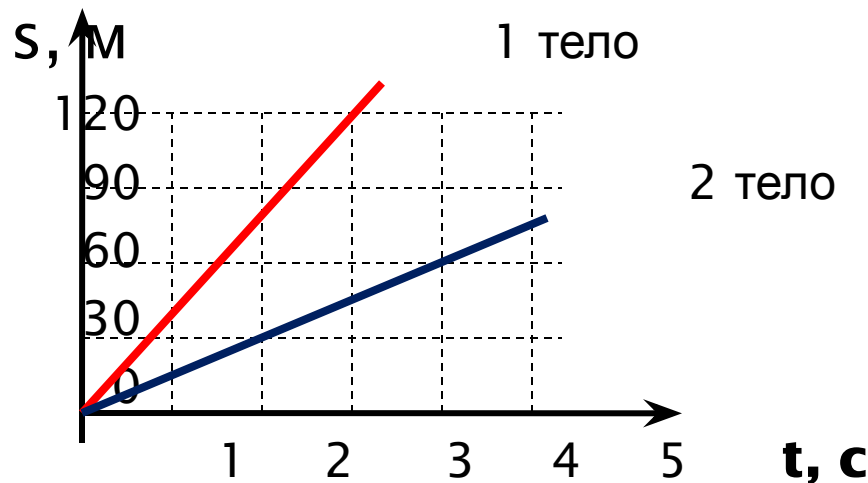


График пути при равномерном движении.

- По графику пути можно определить:
 - а) вид движения;
 - б) путь, пройденный телом за время t ;
 - в) скорость движения.



Неравномерное движение.

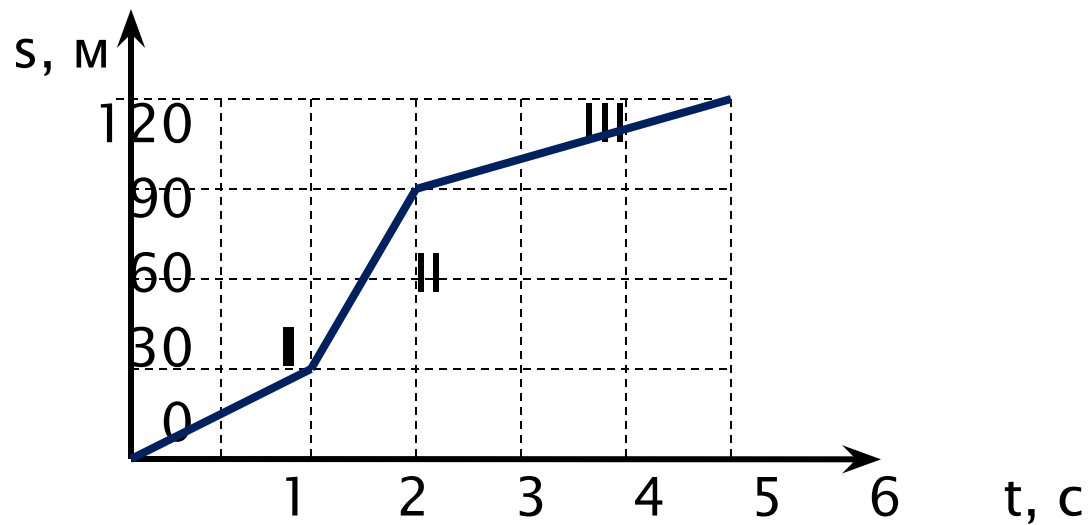


- Неравномерное движение можно характеризовать средней скоростью:

$$v_{\text{ср.}} = \frac{S}{t}$$

(весь)
(все)

График переменного движения.



$$v_{\text{cp.}} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

Задача 1.

На рисунке даны графики зависимости скорости от времени для двух тел.

- Определите:
 - 1) Характер движения тел.
 - 2) Какое из тел двигалось быстрее?
 - 3) Каковы скорости движения тел?
 - 4) Путь, пройденный телами за время 5 с.

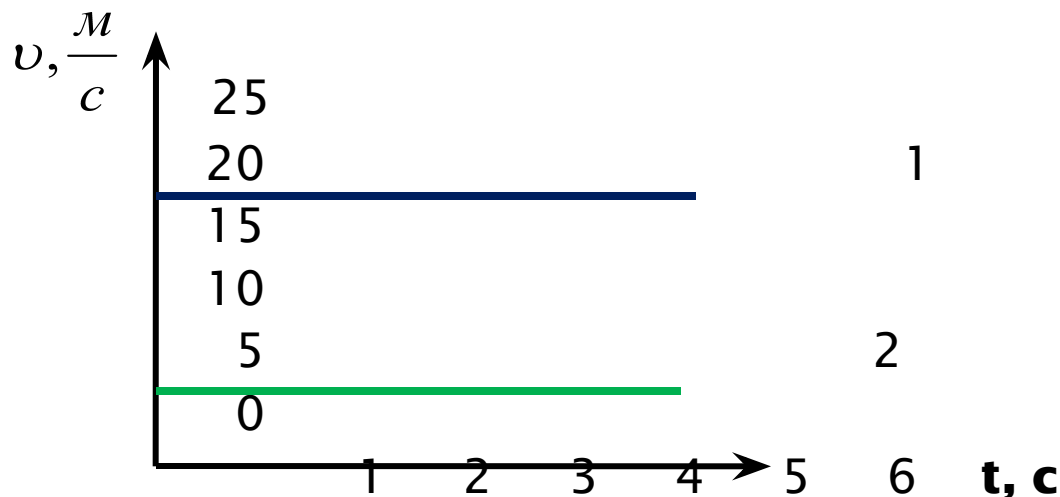
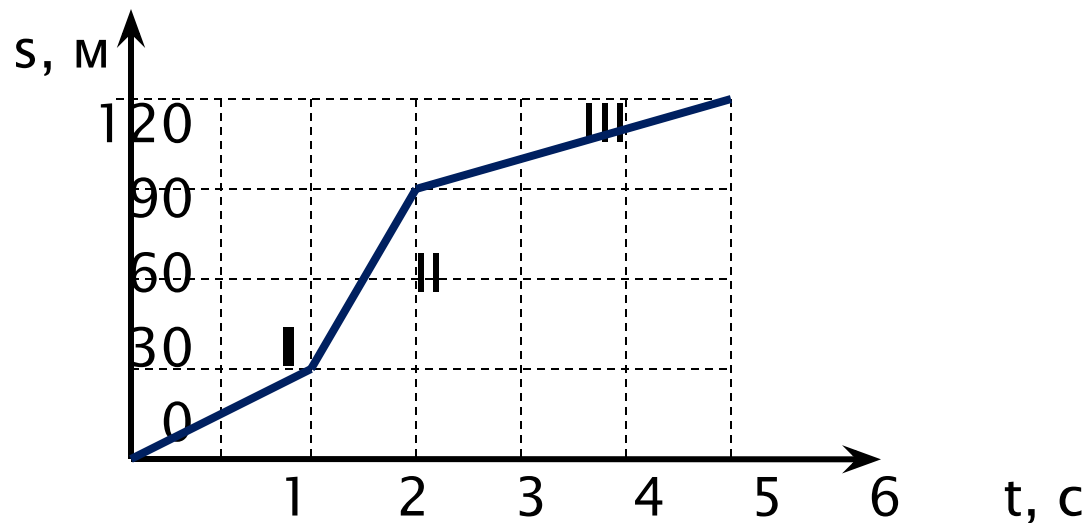


График переменного движения.

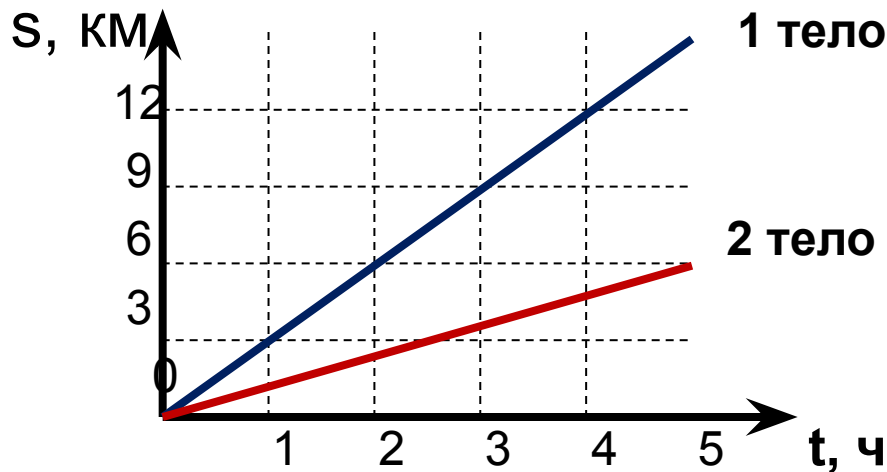


$$v_{\text{cp.}} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

Задача 2.

На рисунке даны графики зависимости скорости от времени для двух тел.

- Определите:
 - 1) Характер движения тел.
 - 2) Какое из тел двигалось быстрее?
 - 3) Каковы скорости движения тел?
 - 4) Путь, пройденный телами за время 5 с.



КЛАССИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА. ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

***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 технический прогресс человечества на протяжении уже более трех веков.

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*.

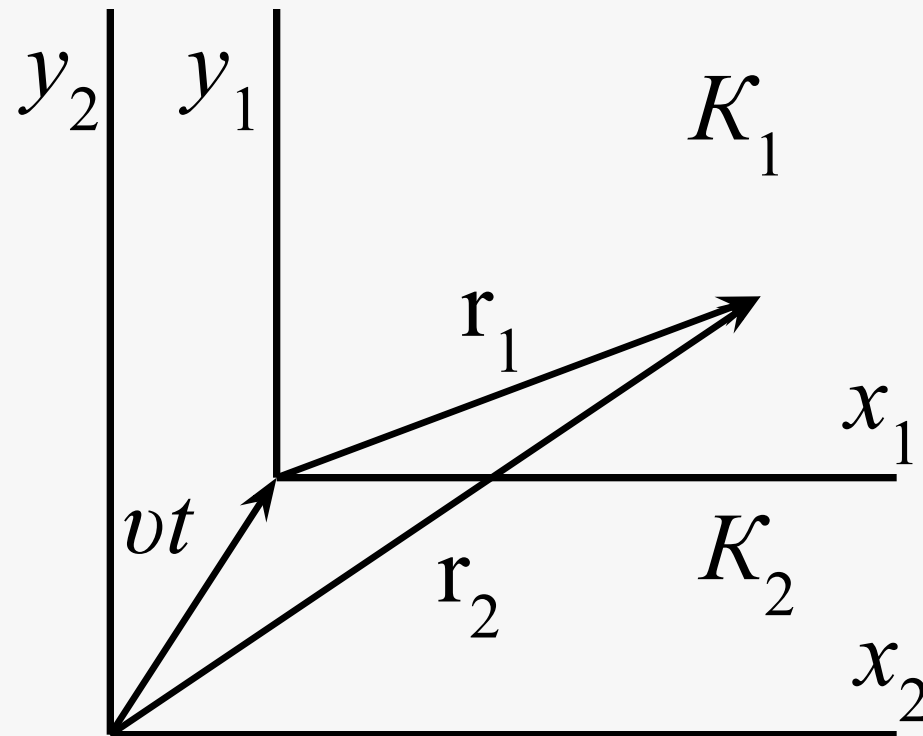
Если наряду с имеющейся у нас инерциальной системой отсчета мы введем другую систему отсчета, движущуюся относительно первой прямолинейно и равномерно, то законы свободного движения по отношению к этой системе будут такими же, как и по отношению к первоначальной: свободное движение снова будет происходить 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 \mathbf{v} , связаны друг с другом соотношением



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

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

Представление об абсолютном времени лежит в основе классической механики.

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

$$t_1 = t_2 = t,$$

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

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*.

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 \mathbf{v} и \mathbf{v}_0 соответственно.

При этом количественно неизвестную массу m можно определить следующим образом:

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

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

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}.$$

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

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

В инерциальной системе отсчета изменение импульса \mathbf{p} материальной точки со временем представляется уравнением

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

Величина \mathbf{F} , равная скорости изменения импульса во времени, называется силой, действующей на рассматриваемую материальную точку.

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

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

Это утверждение называется вторым законом Ньютона, 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 $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ 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

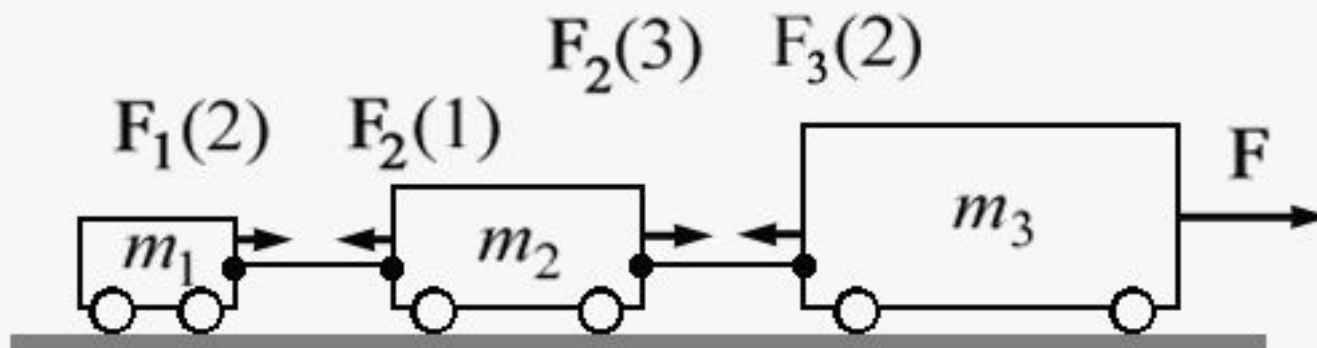
Третий закон динамики Ньютон сформулировал так: *“Действию всегда есть равное и противоположное противодействие; иначе – взаимодействия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны”*.

Третий закон утверждает: если тело B действует на тело A с силой F_{AB} , то в свою очередь тело A обязательно действует на тело B с силой F_{BA} , равной по величине и противоположной по знаку силе F_{AB} ; 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.



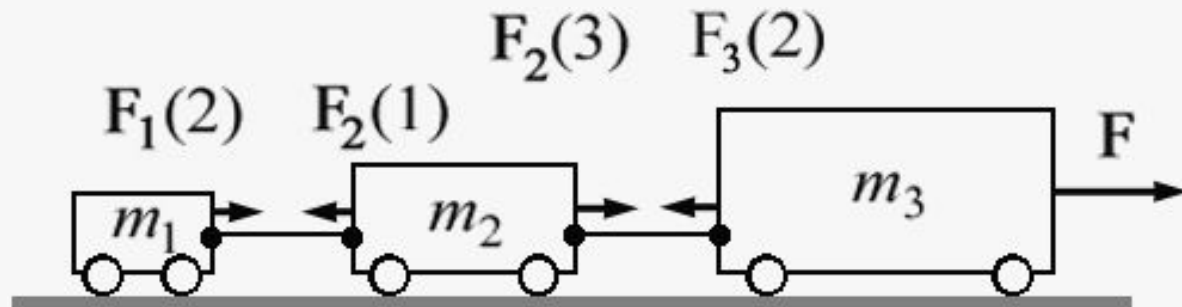
На тело m_1 со стороны m_2 действует сила $\mathbf{F}_1(2)$, а на тело m_2 со стороны m_1 – сила $\mathbf{F}_2(1)$. По третьему закону Ньютона сумма $\mathbf{F}_2(1) + \mathbf{F}_1(2)$ равна нулю.

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

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

$$\mathbf{F} = (m_1 + m_2 + m_3)\mathbf{a},$$

Суммы в квадратных скобках обращаются в нуль.



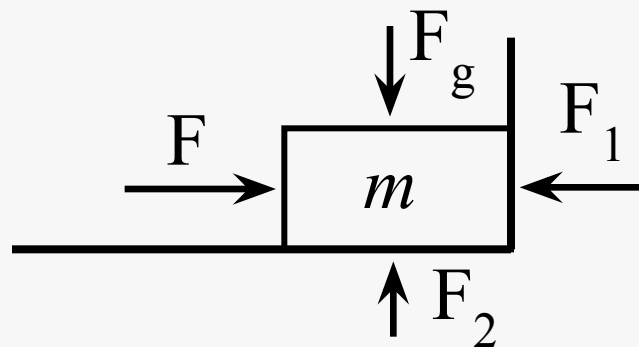
На рис. изображен брусок массой m , прижатый к стенке с силой F .

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

Однако совершенно очевидно, что брусок не испытывает ускорения под действием силы F , потому что атомы стенки отталкивают брусок с силой F_1 , равной $-F$

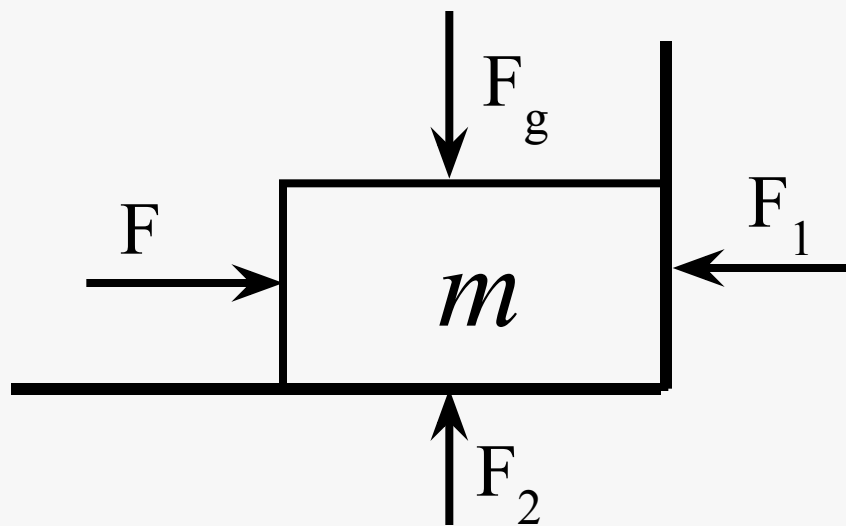
Результирующая сила

$$F_{\text{рез}} = F + F_1 = F + (-F) = 0.$$



Если на брусок действует \mathbf{F}_g – сила тяжести, то возникает сила реакции \mathbf{F}_2 , направленная вверх и равная $-\mathbf{F}_g$. В этом случае результирующая сила является суммой всех четырех сил (рис.3.7):

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

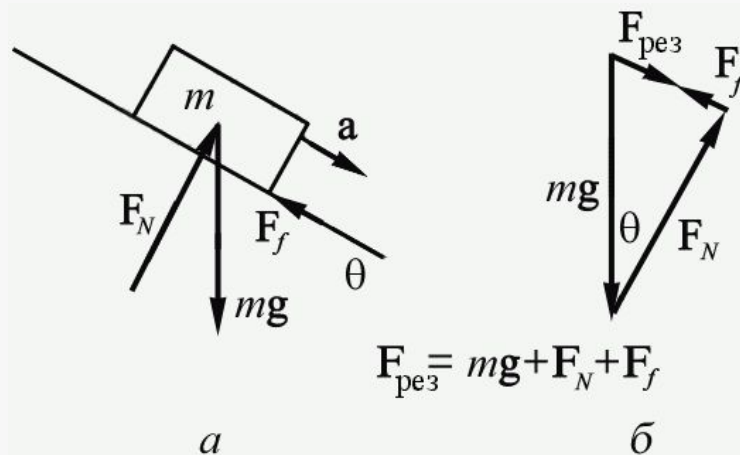


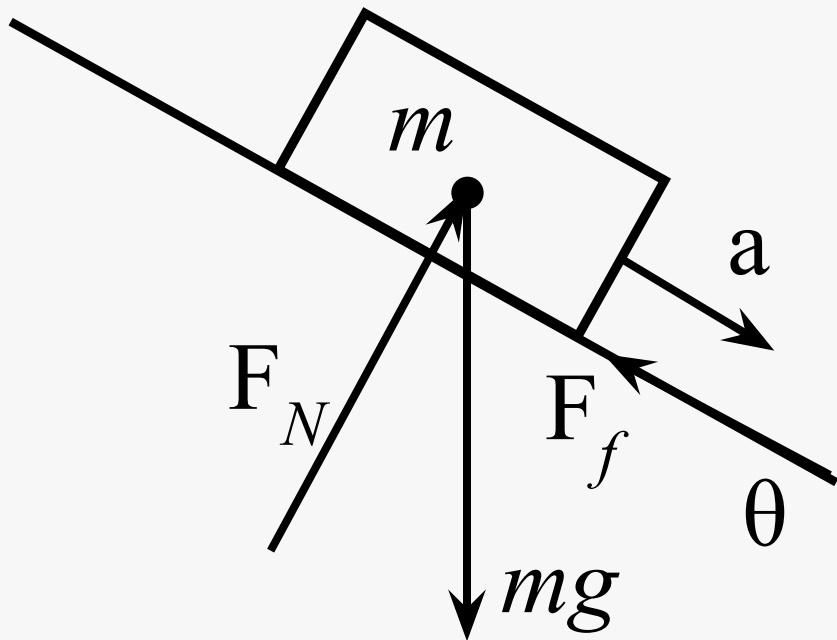
2.5. Наклонная плоскость

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

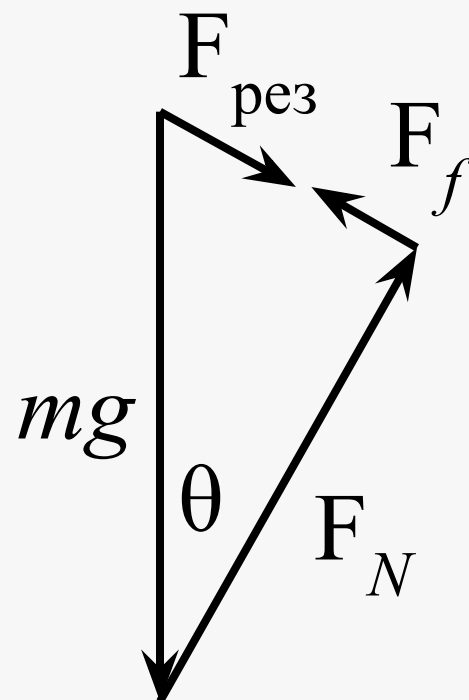
На рис.а показаны три действующие на тело силы: сила реакции F_N , сила трения F_f , направленная против движения, и сила тяжести mg , направленная вниз.

Векторное сложение этих сил на рис.б дает $F_{\text{рез}}$.





a



$$F_{pe3} = mg + F_N + F_f$$

b

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

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

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

В случае когда имеется трение, в формуле следует заменить 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 $\operatorname{tg}\theta = \mu d$.

При этом значении угла наклона тело будет двигаться без ускорения.