

Тема 1. Основы кинематики. Равномерное движение

Введение

Механика - это раздел физики, в котором изучают общие законы механического движения тел.

Механическое движение - это изменение положения тел в пространстве относительно других тел с течением времени.

Основная задача механики - нахождение положения тел в любой момент времени.

Относительность движения заключается в том, что разных позиций движение может, во-первых, выглядеть по-разному, во-вторых - вообще отсутствовать. Пример: электричка, человек в вагоне и человек на перроне вокзала.

Пространство и время - фундаментальные физические понятия. Они не имеют строгого определения, но мы интуитивно понимаем их смысл. В данном случае он сводится, примерно, к следующему: любой физический процесс протекает где-то (в пространстве) и когда-то (во времени).

Основные законы механики были сформулированы во 2-ой половине XVII века великим английским физиком Исааком Ньютоном. Мы будем изучать механику, основанную на этих законах - классическую механику. Законы классической механики применимы к миру обычных размеров и скоростей - макромиру. В микромире, где происходит движение микрочастиц (например, электронов в атоме), вступают в действие законы квантовой механики. Если же рассматривать движение со скоростями, близкими к скорости света ($c = 300\,000\text{ км/с}$), то приходится применять законы релятивистской механики.

1. Основные понятия и определения кинематики

Кинематика - это раздел механики, в котором изучают способы описания механического движения и связь между величинами, характеризующими это движение.

Описать движение - это значит указать математический способ (уравнение или систему уравнений) для определения положения тела в любой момент времени.

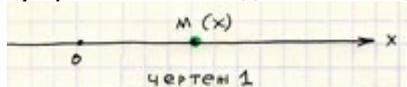
Любой физическое тело состоит из множества точек. Для упрощения будем заменять физическое тело **материальной точкой**. Это можно делать в следующих случаях:

- если размерами тела можно пренебречь по сравнению с расстоянием, которое оно проходит;
- если все точки тела движутся совершенно одинаково - поступательно.

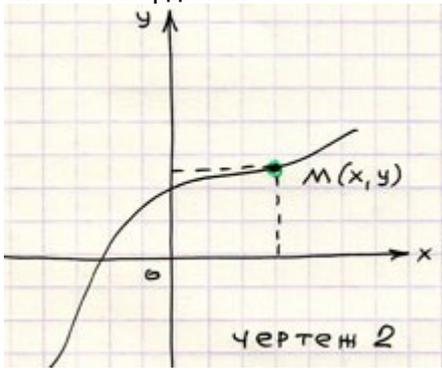
Для определения положения рассматриваемого тела следует указать **тело отсчета**, относительно которого движение будет рассматриваться однозначно. Это тело выбирается произвольно, исходя из соображений наиболее рационального способа решения задачи. В большинстве задач тело отсчета выбирается на поверхности Земли.

С телом отсчета надо связать начало **системы координат**, поскольку только координаты однозначно задают положение точки. В кинематике могут применяться следующие системы координат (в зависимости от характера движения точки):

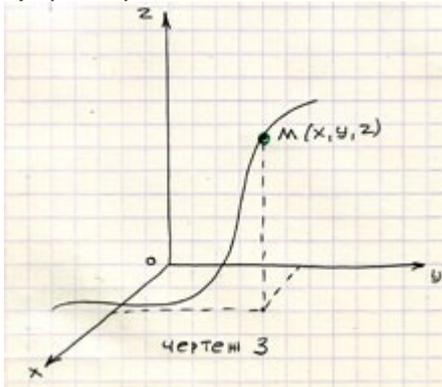
- прямолинейное движение - одномерная система координат:



б) двумерное движение - криволинейное движение на плоскости - двумерная (Декартова прямоугольная) система координат:



в) трехмерное движение - движение в пространстве - трехмерная система координат:

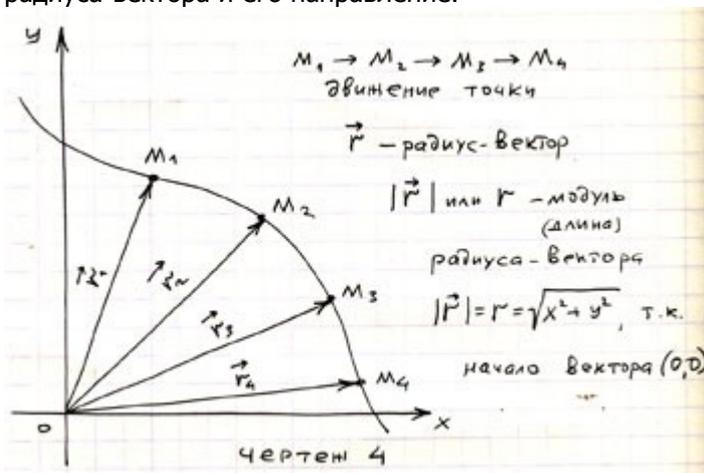


$[x, y, z]$ - 1м

В любой системе координат положение точки определяется координатами. В процессе движения координаты меняются с течением времени.

В кинематике для указания положения точки в любой системе координат применяется радиус-вектор.

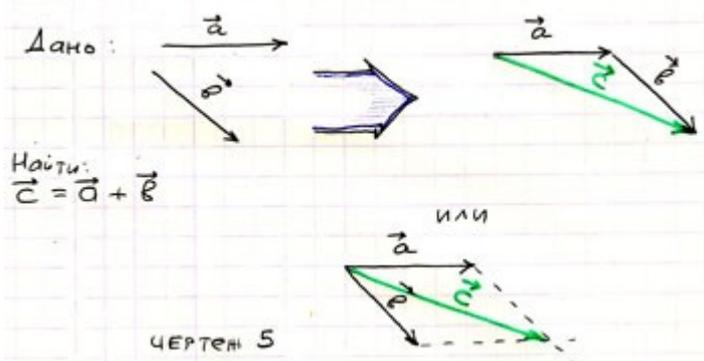
Радиус-вектор - это направленный отрезок прямой, начало которого всегда находится в начале координат, а его конец указывает в точку положения тела. При движении точки меняется длина (модуль) радиуса-вектора и его направление.



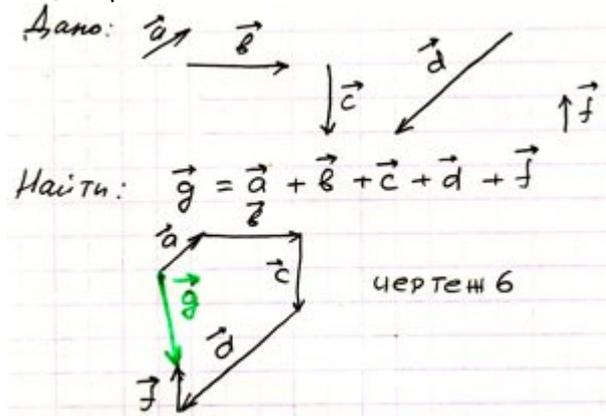
2. Векторы и проекции (краткое повторение из курса геометрии)

а) сложение векторов

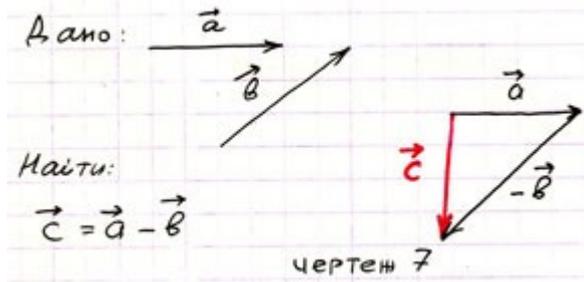
по правилу треугольника или по правилу параллелограмма



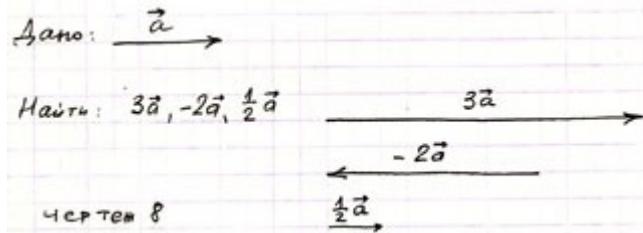
общее правило



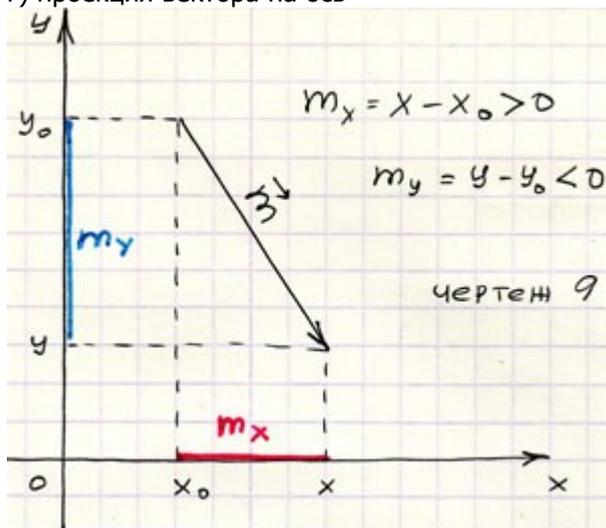
б) вычитание векторов



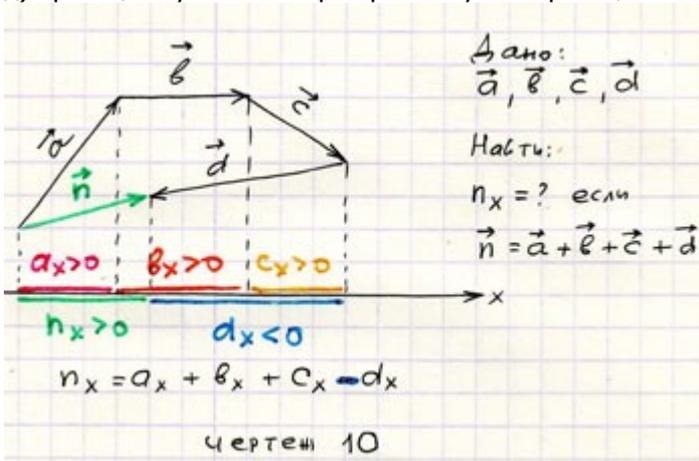
в) умножение вектора на число



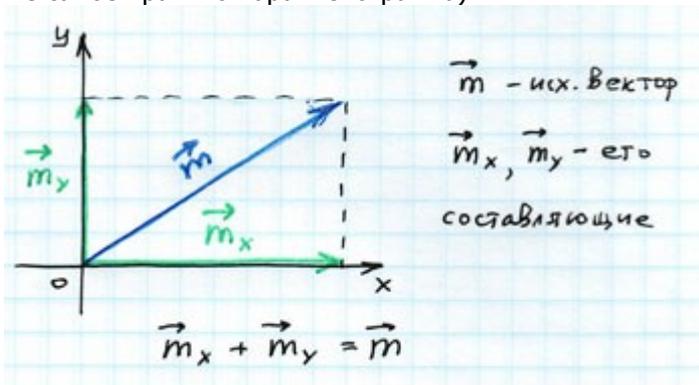
г) проекция вектора на ось



д) проекция суммы векторов равна сумме проекций



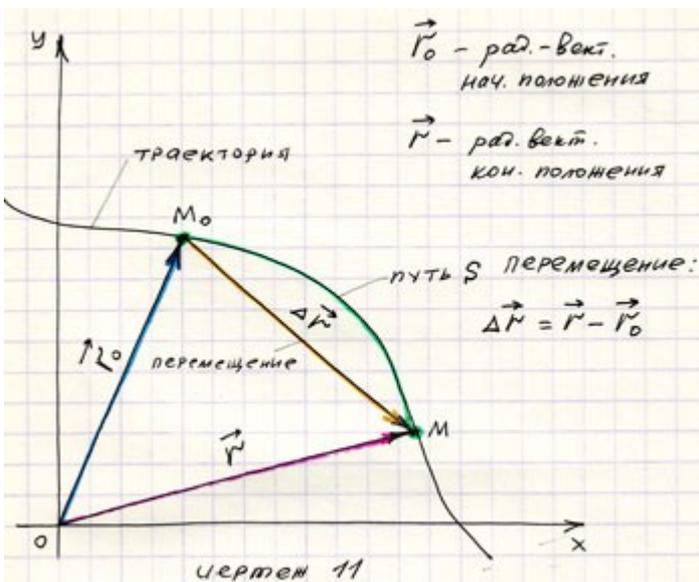
е) В физике часто приходится выполнять процедуру *разложения* вектора на составляющие. В простейшем случае вектор начинается в начале координат. Для разложения на составляющие следует спроецировать точку конца вектора на координатные оси и построить векторы, также выходящие из начала координат, до этих точек. Получатся два взаимно перпендикулярных вектора, которые в сумме дадут исходный вектор (то же самое правило параллелограмма)



3. Описание движения в системе отсчета

Пусть тело движется по криволинейной траектории на плоскости. Покажем путь, пройденный телом за промежуток времени Δt из точки M_0 до точки M . Покажем также перемещение, которое данное тело совершит за указанное время.

Примечание: Условимся все величины, относящиеся к началу движения, обозначать индексом 0 .



[s] - 1м

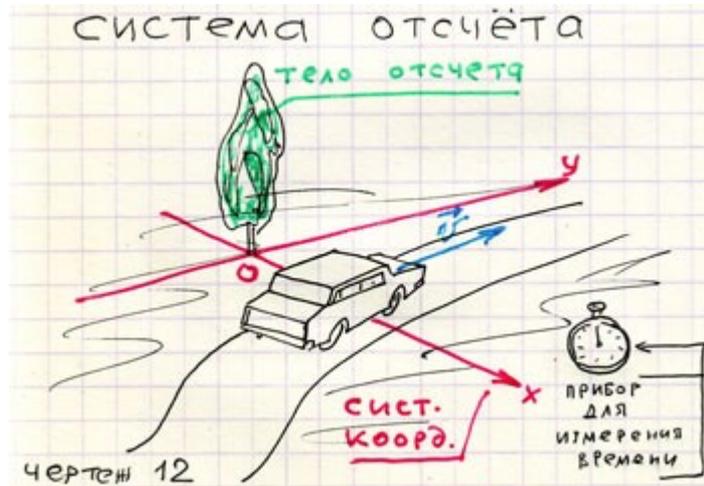
Траектория - это линия (реальная или воображаемая), вдоль которой движется тело.

Пройденный путь (или просто **путь**) - это длина участка траектории, который тело проходит за некоторое

время.

Перемещение - это вектор, проведенный из начального положения тела (в данном случае **MO**) в его конечное положение (в данном случае **M**).

Для описания движения необходимо указать тело отсчета, систему координат и возможность измерения времени. Эти три компонента вместе взятые и являются **системой отсчета** (сокращенно - СО).



СО = тело отсчета + система координат + прибор для измерения времени

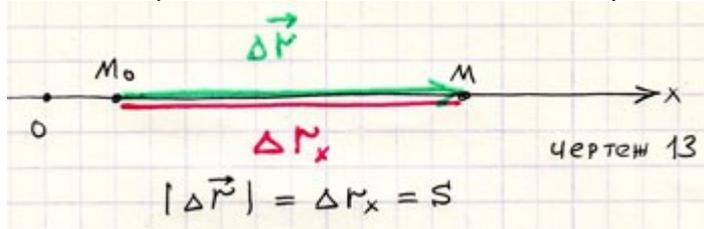
Движение бывает прямолинейным или криволинейным, равномерным или неравномерным.

4. Описание прямолинейного равномерного движения

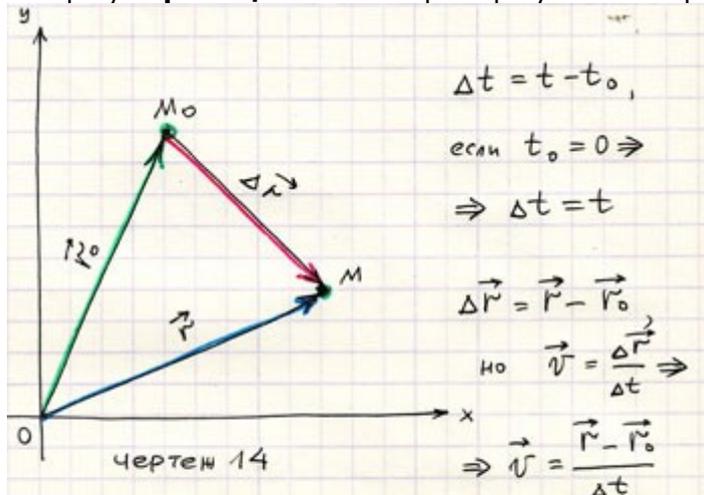
Движение называется **равномерным**, если тело за равные промежутки времени совершает равные перемещения. Данный вид движения - самый простой.

Примечание: Равномерное движение не может быть криволинейным.

Покажем перемещение тела из точки **MO** в точку **M** вдоль прямой за время Δt



Быстроту **перемещения** тела характеризует особая физическая величина - **скорость**.



В итоге:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v} \cdot \Delta t \quad \text{- ур. движ. в вект.}$$

$$r_x = r_{0x} + v_x \cdot \Delta t \quad \text{- ур. движ. в проекц.}$$

Скорость - это физическая величина, равная отношению перемещения к промежутку времени, в течение которого оно произошло.

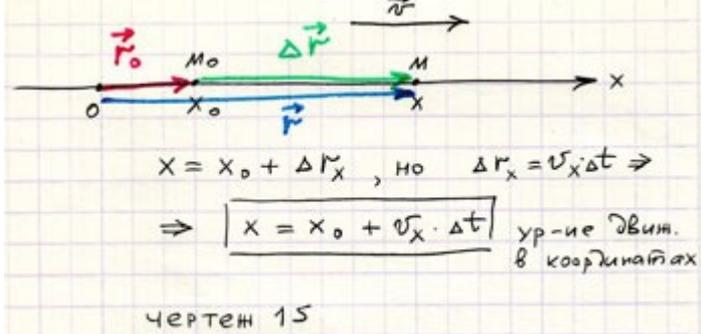
$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Скорость по определению характеризует быстроту перемещения. $[v] - \text{м/с}$

$$\vec{v} = \text{const}$$

Равномерное движение полностью характеризуется выражением $\vec{v} = \text{const}$, а это, в свою очередь, подтверждает приведенное выше [примечание](#).

В случае прямолинейного движения (не имеет значения, равномерное оно или нет) все векторы параллельны координатной оси, следовательно, их проекции равны длинам (модулям) векторов с учетом знаков проекций. Поэтому в уравнениях для проекций индексы координатных осей можно не записывать.



Именно этот принцип будет использован в дальнейшем при записи уравнений.

5. Графики равномерного движения

Любой график наглядно показывает, как меняется одна величина (функция) в зависимости от другой величины (аргумента). Когда речь идет о механическом движении, все величины (координата, путь, перемещение, скорость) зависят от времени. Следовательно, осью абсцисс будет ось **Ot**, а осью ординат - **Ox**, **Os**, **Ov** и т.д.)

График зависимости скорости от времени **v(t)**

На нем можно показать график зависимости пути от времени $s(t)$, который будет представлять собой ПЛОЩАДЬ прямоугольника, одна сторона которого - значение скорости, другая - промежуток времени. Если их перемножить, то, с точки зрения физики, мы получим путь, а с точки зрения геометрии - площадь! Говорят, что *график пути s* в осях **v, Ot** представляет собой *площадь* фигуры, в данном случае - прямоугольника. В дальнейшем мы еще не раз встретимся с подобной геометрической *интерпретацией* физических величин.

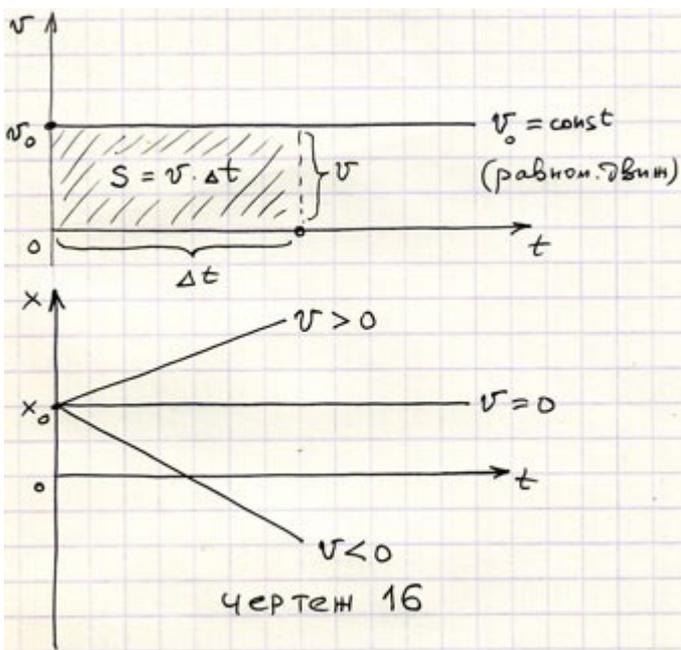


График зависимости координаты от времени $x(t): x=x_0+vt$ - это линейная функция

1 - если $v>0$ - тело движется в сторону положительного направления координатной оси системы отсчета

2 - если $v=0$ - тело неподвижно в системе отсчета

3 - если $v<0$ - тело движется в сторону отрицательного направления координатной оси системы отсчета

6. Закон сложения скоростей

Пусть платформа равномерно движется вправо. От левого до правого края платформы идет человек. Нужно найти скорость человека относительно поверхности Земли. Все движение длится Δt .



Данный простой пример позволяет записать:

\vec{v}_1 } скорость и перемещение платформы
 $\Delta \vec{r}_1$ } относительно поверхности Земли

\vec{v}_2 } скорость и перемещение человека
 $\Delta \vec{r}_2$ } относительно платформы

$\Delta \vec{r}$ перемещение человека относительно Земли

$$\Delta \vec{r} = \Delta \vec{r}_1 + \Delta \vec{r}_2 \quad | : \Delta t$$

$$\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}_1}{\Delta t} + \frac{\Delta \vec{r}_2}{\Delta t}, \text{ но } \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{v} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2}, \text{ где}$$

Закон слож. скоростей

\vec{v} - скорость человека относительно Земли

В каждом конкретном случае необходимо учитывать знак проекций скоростей в зависимости от их направления относительно координатных осей.

Приведенный закон сложения скоростей справедлив также для неравномерного движения и для того случая, когда векторы не параллельны.